

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Industrial communication networks – High availability automation networks –
Part 3: Parallel Redundancy Protocol (PRP) and High-availability Seamless
Redundancy (HSR)**

**Réseaux industriels de communication – Réseaux d'automatisme à haute
disponibilité –**

**Partie 3: Protocole de redondance parallèle (PRP) et redondance transparente de
haute disponibilité (HSR)**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2012 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

Useful links:

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables you to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...).

It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available on-line and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) on-line.

Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Liens utiles:

Recherche de publications CEI - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée vous permet de trouver des publications CEI en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...).

Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

Just Published CEI - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) en ligne.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Industrial communication networks – High availability automation networks –
Part 3: Parallel Redundancy Protocol (PRP) and High-availability Seamless
Redundancy (HSR)**

**Réseaux industriels de communication – Réseaux d'automatisme à haute
disponibilité –
Partie 3: Protocole de redondance parallèle (PRP) et redondance transparente de
haute disponibilité (HSR)**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XC

ICS 25.040; 35.040

ISBN 978-2-83220-160-2

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD.....	5
0 INTRODUCTION	7
0.1 General.....	7
0.2 Changes with respect to the previous edition.....	7
0.3 Patent declaration	8
1 Scope.....	9
2 Normative references	9
3 Terms, definitions, abbreviations, acronyms, and conventions.....	10
3.1 Terms and definitions	10
3.2 Abbreviations and acronyms.....	10
3.3 Conventions	10
4 Parallel Redundancy Protocol (PRP)	10
4.1 PRP principle of operation.....	10
4.1.1 PRP network topology	10
4.1.2 PRP LANs with linear or bus topology	11
4.1.3 PRP LANs with ring topology	12
4.1.4 DANP node structure.....	12
4.1.5 PRP attachment of singly attached nodes.....	13
4.1.6 Compatibility between singly and doubly attached nodes.....	14
4.1.7 Network management.....	14
4.1.8 Implication on configuration.....	14
4.1.9 Transition to non-redundant networks.....	14
4.1.10 Duplicate handling.....	15
4.1.11 Network supervision.....	19
4.1.12 Redundancy management interface.....	19
4.2 PRP protocol specifications.....	19
4.2.1 Installation, configuration and repair guidelines	19
4.2.2 MAC addresses	20
4.2.3 Multicast MAC addresses	20
4.2.4 IP addresses	20
4.2.5 Nodes.....	20
4.2.6 Duplicate Accept mode (testing only).....	21
4.2.7 Duplicate Discard mode.....	21
4.3 PRP_Supervision frame	24
4.3.1 Supervision frame for DANP	24
4.3.2 PRP_Supervision frame contents	27
4.3.3 PRP_Supervision frame for RedBox	27
4.3.4 Reception of a PRP_Supervision frame and NodesTable.....	27
4.4 Bridging node.....	28
4.5 Constants.....	28
4.6 PRP service specification	28
5 High-availability Seamless Redundancy (HSR).....	28
5.1 HSR objectives.....	28
5.2 HSR principle of operation.....	29
5.2.1 Basic operation with a ring topology	29
5.2.2 DANH node structure.....	30

5.2.3	Topology	31
5.2.4	RedBox structure	39
5.3	HSR node specifications	41
5.3.1	HSR operation	41
5.3.2	DANH receiving from its link layer interface	41
5.3.3	DANH receiving from an HSR port	42
5.3.4	DANH forwarding rules	43
5.3.5	CoS	43
5.3.6	Clock synchronization	43
5.3.7	Deterministic medium access	44
5.4	HSR RedBox specifications	44
5.4.1	RedBox properties	44
5.4.2	RedBox receiving from interlink	44
5.4.3	RedBox forwarding on the ring	46
5.4.4	RedBox receiving from an HSR port	46
5.4.5	RedBox receiving from its link layer interface	47
5.4.6	Redbox ProxyNodeTable handling	47
5.4.7	RedBox CoS	48
5.4.8	RedBox clock synchronization	48
5.4.9	RedBox medium access	48
5.5	QuadBox specification	48
5.6	Duplicate Discard method	48
5.7	Frame format for HSR	48
5.7.1	Frame format for all frames	48
5.7.2	HSR Supervision frame	50
5.8	Constants	52
5.9	HSR service specification	53
6	Protocol Implementation Conformance Statement (PICS)	54
7	PRP/HSR Management Information Base (MIB)	55
Annex A (normative)	Use of IEC 61588 and IEEE C37.238 for IEC 62439-3	69
Annex B (informative)	Deterministic medium access in HSR	83
Bibliography		84
Figure 1	– PRP example of general redundant network	11
Figure 2	– PRP example of redundant network as two LANs (bus topology)	12
Figure 3	– PRP example of redundant ring with SANs and DANPs	12
Figure 4	– PRP with two DANPs communicating	13
Figure 5	– PRP RedBox, transition from single to double LAN	15
Figure 6	– PRP frame extended by an RCT	16
Figure 7	– PRP VLAN-tagged frame extended by an RCT	17
Figure 8	– PRP padded frame closed by an RCT	17
Figure 9	– Duplicate Discard algorithm boundaries	18
Figure 10	– HSR example of ring configuration for multicast traffic	29
Figure 11	– HSR example of ring configuration for unicast traffic	30
Figure 12	– HSR structure of a DANH	31
Figure 13	– HSR example of topology using two independent networks	32

Figure 14 – HSR example of peer coupling of two rings	33
Figure 15 – HSR example of connected rings	34
Figure 16 – HSR example of coupling two redundant PRP LANs to a ring	35
Figure 17 – HSR example of coupling from a ring node to redundant PRP LANs	36
Figure 18 – HSR example of coupling from a ring to two PRP LANs	37
Figure 19 – HSR example of coupling three rings to one PRP LAN	38
Figure 20 – HSR example of meshed topology	39
Figure 21 – HSR structure of a RedBox	40
Figure 22 – HSR frame without a VLAN tag	49
Figure 23 – HSR frame with VLAN tag	49
Figure 24 – HSR node with management counters	53
Figure 25 – HSR RedBox with management counters	54
Figure A.1 – PTP one-step clock synchronization and delay measurement	71
Figure A.2 – PTP two-step clock synchronization and delay measurement	72
Figure A.3 – Two-step and one-step transparent clocks translator	73
Figure A.4 – Two-step to one-step translation	73
Figure A.5 – Connection of a Grandmaster Clock to an Ordinary Clock over PRP	74
Figure A.6 – HSR with one GMC	76
Figure A.7 – PTP messages sent and received by an HSR node (one-step)	77
Figure A.8 – PTP messages sent and received by an HSR node (two-step)	78
Figure A.9 – Attachment of a GMC to an HSR ring through a RedBox	80
Figure A.10 – PRP to HSR coupling by Transparent Clocks	81
Figure A.11 – PRP to HSR coupling by BCs	82
Table 1 – NodesTable attributes	22
Table 2 – PRP_Supervision frame with no VLAN tag	25
Table 3 – PRP_Supervision frame with (optional) VLAN tag	26
Table 4 – PRP constants	28
Table 5 – HSR_Supervision frame with no VLAN tag	50
Table 6 – HSR_Supervision frame with optional VLAN tag	51
Table 7 – HSR Constants	52

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**INDUSTRIAL COMMUNICATION NETWORKS –
HIGH AVAILABILITY AUTOMATION NETWORKS –****Part 3: Parallel Redundancy Protocol (PRP) and
High-availability Seamless Redundancy (HSR)**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 62439-3 has been prepared by subcommittee 65C: Industrial networks, of IEC technical committee 65: Industrial-process measurement, control and automation.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2010. This edition constitutes a technical revision. The main changes with respect to the previous edition are listed below:

- specification of the interconnection of PRP and HSR networks;
- introduction of a suffix for PRP frames;
- clarification and modification of specifications to ensure interoperability;
- slackening of the specifications to allow different implementations;
- consideration of clock synchronization according to IEC 61588;
- introduction of test modes to simplify testing and maintenance.

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
65C/687/FDIS	65C/705/RVD

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This International Standard is to be read in conjunction with IEC 62439-1:2011.

A list of the IEC 62439 series can be found, under the general title *Industrial communication networks – High availability automation networks*, on the IEC website.

This publication has been drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 62439-3:2012

0 INTRODUCTION

0.1 General

IEC 62439-3 standard belongs to IEC 62439 series, *Industrial communication networks – High availability automation networks*, specifying the HSR and PRP redundancy protocols, and was adopted by TC57 WG10 as the redundancy method for demanding substation automation networks based on IEC 61850 series, introducing new requirements.

0.2 Changes with respect to the previous edition

The major changes with respect to IEC 62439-3:2010 are listed below.

Aligning the sequence number between PRP and HSR, to enable coupling of HSR and PRP networks and simplify the implementation of dual-mode nodes in hardware. At the same time, introduce a suffix in the PRP Redundancy Control Trailer to allow better identification, future extensions and coexistence with other protocols that also happen to use a trailer. This change is not backwards-compatible, so means are provided to identify the version and ensure that the networks are homogeneous.

Removing all implementation restrictions on the Duplicate Discard algorithm (especially references to the drop window algorithm and references to connection orientation) since other methods such as hash tables can be used.

Removing the purging of the duplicate table. Replace this specific method by requiring that any Duplicate Discard algorithm provides a mechanism to remove old entries, thus ensuring that a node can properly reboot.

Making node tables optional for simple nodes to simplify hardware implementation.

Suppression of explicit mention of the HSR-PRP mode (PRP with HSR Tags), but allow it through the Mode N (no forwarding).

Introducing Mode T (forward through) to allow maintenance laptops to configure an open ring when attached to one end and Mode M (mixed) to allow forwarding of non-HSR-tagged frames in a closed ring.

Recommending the position of connectors, rather than impose it.

Defining the behaviour of an HSR node when non-HSR frames are encountered without requiring the recording of the source addresses and specify how IEEE 802.1D:2004, Table 7-10 frames are treated.

Prefixing the supervision frames on HSR by an HSR tag to simplify the hardware implementation and introduce a unique EtherType for HSR to simplify processing.

Changing the rule for the RedBox to allow more than one PRP network to be connected to an HSR ring, and introduce an identifier per RedBox pair.

Specifying tagging of IEC 61588 frames to follow IEEE C37.238 recommendations (informal).

Suppressing MAC address substitution.

Adapting the MIB to above changes.

0.3 Patent declaration

The International Electrotechnical Commission (IEC) draws attention to the fact that it is claimed that compliance with this document may involve the use of a patent concerning Filtering of redundant frames in a network node given in 5.2.3.3.

IEC takes no position concerning the evidence, validity and scope of this patent right.

The holder of this patent right has assured the IEC that he/she is willing to negotiate licences under reasonable and non-discriminatory terms and conditions with applicants throughout the world. In this respect, the statement of the holder of this patent right is registered with IEC. Information may be obtained from:

Siemens Aktiengesellschaft
80333 München, Germany

The International Electrotechnical Commission (IEC) draws attention to the fact that it is claimed that compliance with this document may involve the use of a patent concerning Reception of redundant and non-redundant frames (ABB Schweiz AG – WO 2006/053459 A1, EP 1825657, US 20070223533, CN 101057483) given in 4.2.7, concerning Identifying improper cabling of devices (ABB Schweiz AG – EP 2 015 501 A1) given in 4.3, concerning Critical device with increased availability (ABB Schweiz AG – EP 2 090 950 A1) given in 4.4, concerning Ring coupling nodes for high availability networks (ABB Schweiz AG – WO 2010/010120 A1) given in 5.2.3.

IEC takes no position concerning the evidence, validity and scope of this patent right.

The holder of this patent right has assured the IEC that he/she is willing to negotiate licences under reasonable and non-discriminatory terms and conditions with applicants throughout the world. In this respect, the statement of the holder of this patent right is registered with IEC. Information may be obtained from:

ABB Schweiz AG
Brown Boveri Strasse 6
5400 Baden, Switzerland

Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this document may be the subject of patent rights other than those identified above. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

ISO (www.iso.org/patents) and IEC (<http://patents.iec.ch>) maintain on-line data bases of patents relevant to their standards. Users are encouraged to consult the data bases for the most up to date information concerning patents.

INDUSTRIAL COMMUNICATION NETWORKS – HIGH AVAILABILITY AUTOMATION NETWORKS –

Part 3: Parallel Redundancy Protocol (PRP) and High-availability Seamless Redundancy (HSR)

1 Scope

The IEC 62439 series is applicable to high-availability automation networks based on the ISO/IEC 8802-3 (Ethernet) technology.

This part of the IEC 62439 series specifies two redundancy protocols designed to provide seamless recovery in case of single failure of an inter-bridge link or bridge in the network, which are based on the same scheme: duplication of the LAN, resp. duplication of the transmitted information.

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60050-191, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 191 : Dependability and quality of service*

IEC 61588, *Precision clock synchronization protocol for networked measurement and control systems*

IEC 62439-1, *Industrial communication networks – High availability automation networks – Part 1: General concepts and calculation methods*

IEC 62439-2, *Industrial communication networks – High availability automation networks – Part 2: Media Redundancy Protocol (MRP)*

IEC 62439-6, *Industrial communication networks – High availability automation networks – Part 6: Distributed Redundancy Protocol (DRP)*

IEC 62439-7, *Industrial communication networks – High availability automation networks – Part 7: Ring-based Redundancy Protocol (RRP)*

ISO/IEC 8802-3:2000, *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 3: Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications*

IEEE 802.1D:2004, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks – Media Access Control (MAC) Bridges*

IEEE 802.1Q:2011, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks – Media Access Control (MAC) Bridges and Virtual Bridge Local Area Network*

3 Terms, definitions, abbreviations, acronyms, and conventions

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050-191, as well as in IEC 62439-1, as well as the following, apply.

3.1.1

interlink

link that connects two network hierarchies

3.1.2

RedBox

device attaching single attached nodes to a redundant network

3.1.3

QuadBox

quadruple port device connecting two peer HSR rings, which behaves as an HSR node in each ring and is able to filter the traffic and forward it from ring to ring

3.1.4

HSR frame

frame that carries as EtherType the HSR_ethertype

3.1.5

switching logic

hardware that transmits a frame from one port to another port, possibly providing cut-through

Note 1 to entry: In this document, the words “bridge” respectively “bridging” are synonymous to the words “switch”, respectively “switching” when they apply to layer 2 connectivity.

3.2 Abbreviations and acronyms

For the purposes of this document, the abbreviations and acronyms given in IEC 62439-1, as well as the acronyms below, apply.

CoS	Class of Service (layer 2 quality of service)
DANH	Double attached node implementing HSR
DANP	Double attached node implementing PRP
RCT	Redundancy Check Trailer
VDAN	Virtual Doubly Attached Node (SAN as visible through a RedBox)

3.3 Conventions

This part of the IEC 62439 series follows the conventions defined in IEC 62439-1.

4 Parallel Redundancy Protocol (PRP)

4.1 PRP principle of operation

4.1.1 PRP network topology

This redundancy protocol implements redundancy in the nodes rather than in the network, using doubly attached nodes obeying to PRP (DANPs).

A DANP is attached to two independent Local Area Networks (LANs) of similar topology, named LAN_A and LAN_B, which operate in parallel. A source DANP sends the same frame over both LANs and a destination DANP receives it from both LANs within a certain time, consumes the first frame and discards the duplicate.

Figure 1 shows a redundant network consisting of two LANs, each of which can have any topology, e.g. tree, ring or meshed.

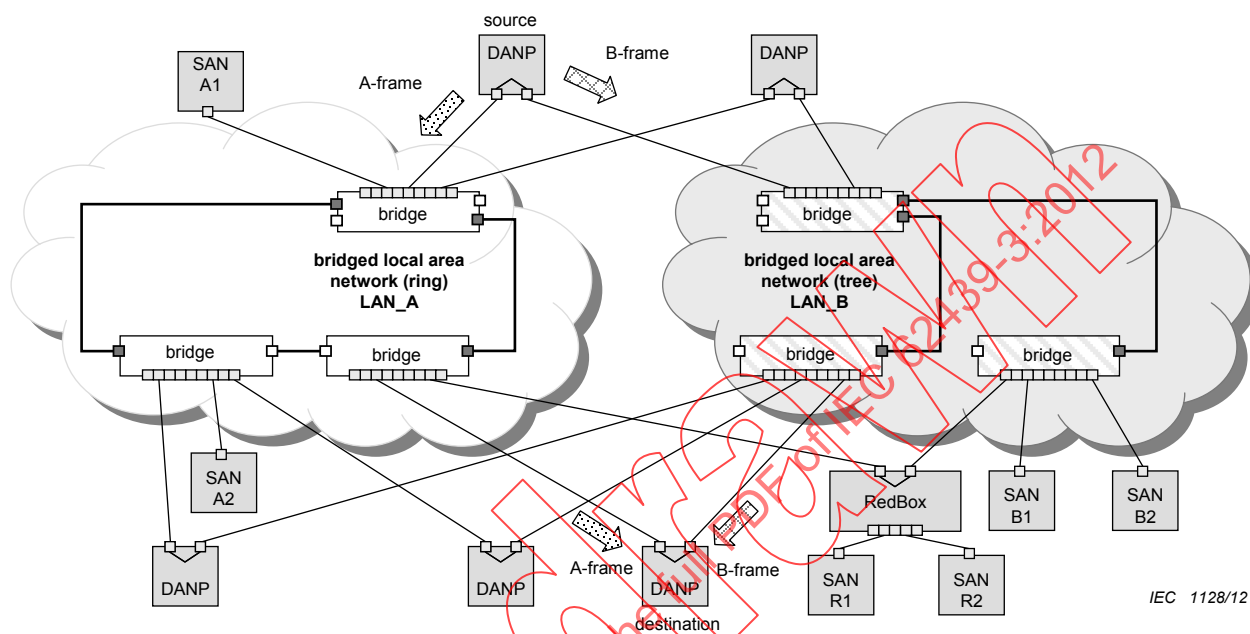


Figure 1 – PRP example of general redundant network

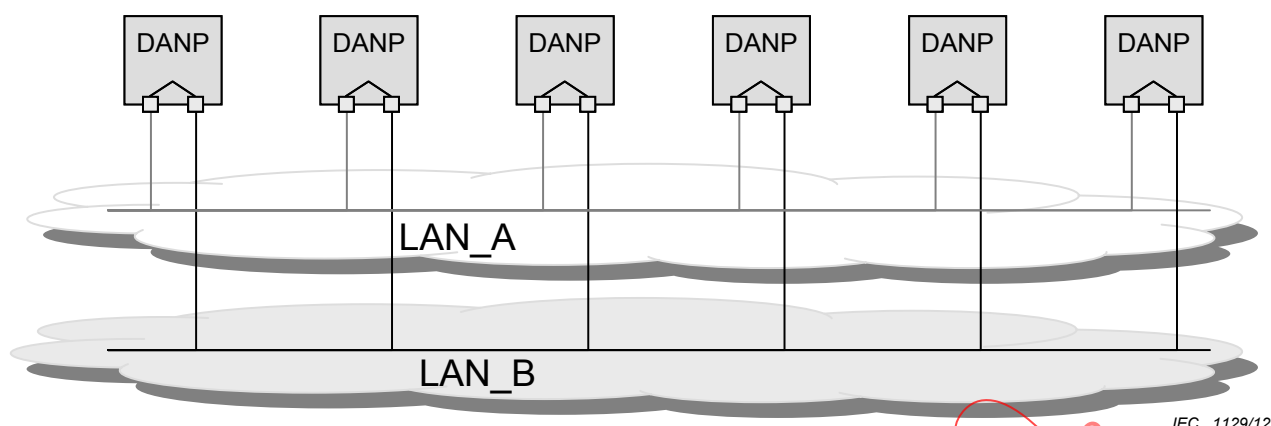
The two LANs are identical in protocol at the MAC-LLC level, but they can differ in performance and topology. Transmission delays may also be different, especially if one of the networks reconfigures itself, e.g. using RSTP, to overcome an internal failure.

The two LANs follow configuration rules that allow the network management protocols such as Address Resolution Protocol (ARP) and Simple Network Management Protocol (SNMP) to operate correctly.

The two LANs have no connection between them and are assumed to be fail-independent. Redundancy can be defeated by single points of failure, such as a common power supply or a direct connection whose failure brings both networks down. Installation guidelines in this document provide guidance to the installer to achieve fail-independence.

4.1.2 PRP LANs with linear or bus topology

As an example of a simpler topology, Figure 2 draws a PRP network as two LANs in linear topology, which may also be a bus topology.

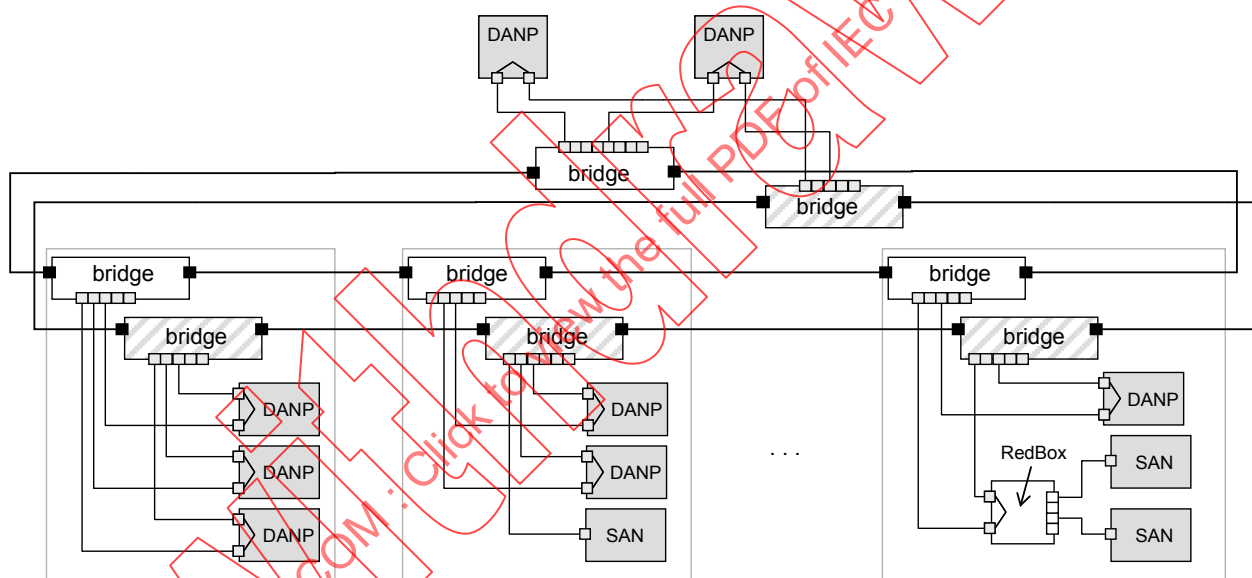


IEC 1129/12

Figure 2 – PRP example of redundant network as two LANs (bus topology)

4.1.3 PRP LANs with ring topology

The two LANs can have a ring topology, as Figure 3 shows.



IEC 1130/12

Figure 3 – PRP example of redundant ring with SANs and DANPs

NOTE In this case ring redundancy is provided by a different mechanism, for instance as defined in IEEE 802.1D or in other IEC 62439 protocols, i.e. MRP.

4.1.4 DANP node structure

Each node has two ports that operate in parallel and that are attached to the same upper layers of the communication stack through the Link Redundancy Entity (LRE), as Figure 4 shows.

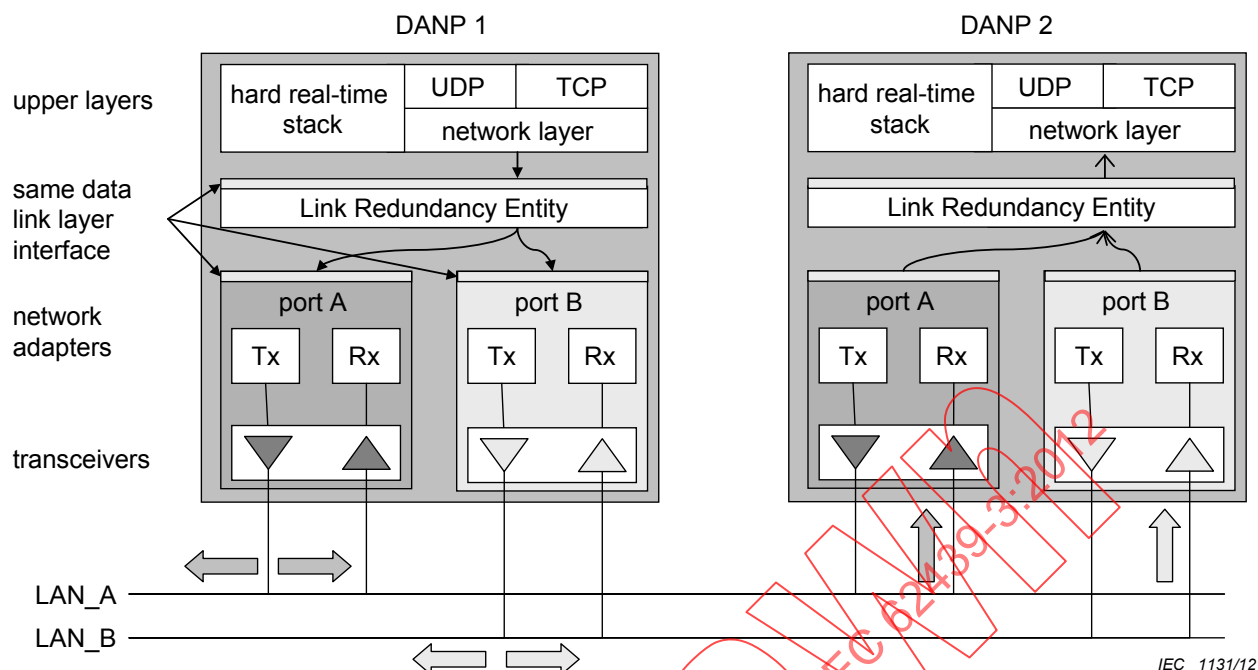


Figure 4 – PRP with two DANPs communicating

For the basic communication, the LRE presents toward its upper layers the same interface as a non-redundant network adapter, so the upper layers are unaware of redundancy.

The LRE has two tasks: handling of duplicates and management of redundancy.

When receiving a frame from the node's upper layers, the LRE appends to the frame a Redundancy Check Trailer (RCT) containing a sequence number and sends the frame through both its ports at nearly the same time. The two frames are nearly identical except for the LAN identifier (and the checksum).

The two frames transit through the two LANs with different delays, ideally they arrive at nearly the same time at the destination node.

When receiving frames from the network, the LRE forwards the first received frame of a pair to its node's upper layers and discards the duplicate frame (if it arrives). It removes the RCT if required.

For management of redundancy and checking of the presence of other DANPs, an LRE periodically sends PRP_Supervision frames and can evaluate the PRP_Supervision frames sent by other DANPs.

4.1.5 PRP attachment of singly attached nodes

Singly attached nodes (SANs) can be attached in two ways:

SANs can be attached directly to one LAN only. Such SANs can only communicate with other SANs on the same LAN. For instance, in Figure 1, SAN A1 can communicate with SAN A2, but not with SAN B1 or SAN B2. SANs can communicate (not redundantly) with all DANPs.

SANs can be attached over a RedBox (redundancy box) to both LANs, as Figure 1 shows for SAN R1 and SAN R2 (see also 4.1.9). Such SANs can communicate with all DANP and SANs, for instance SAN A1 and SAN R1 can communicate.

NOTE SANs are not aware of PRP; they can be off-the-shelf computers or printers.

In some applications, only availability-critical devices need a double attachment, for instance the operator workplaces, while the majority of the devices are SANs. Taking advantage of the basic infrastructure of PRP, a DANP can be attached to two different bridges of the same LAN (e.g. a ring) and use protocols different from PRP to reconfigure the network in case of failure. The DANP then behaves as a bridge according to IEEE 802.1D. For instance, the bridge element may implement the RSTP protocol or a subset of RSTP where there is no forwarding of traffic between the ports. These abilities are optional and not detailed in this International Standard. The supported mode is specified in the PICS (see 5.9).

4.1.6 Compatibility between singly and doubly attached nodes

Singly attached nodes (SAN), for instance maintenance laptops or printers that belong to one LAN, can be connected to any LAN. Bridges are always SANs. A SAN connected to one LAN cannot communicate directly to a SAN connected to the other LAN. These SANs are not aware of PRP redundancy, but DANPs generate a traffic that these SANs understand. The condition is however that the SANs ignore the RCT in the frames, which should be the case since a SAN cannot distinguish the RCT from the Ethernet padding. Conversely, DANPs understand the traffic generated by SANs, since these do not append a RCT. They only forward one frame to their upper layers since the SAN traffic uses one LAN only.

4.1.7 Network management

A node has the same MAC address on both ports, and only one set of IP addresses assigned to that address. This makes redundancy transparent to the upper layers and especially allows the Address Resolution Protocol (ARP) to work as with a SAN. Bridges in a LAN are not doubly attached devices, and therefore all managed bridges have different IP (and MAC) addresses. A network management tool is preferably a DANP and can access nodes and bridges in both LANs.

4.1.8 Implication on configuration

Since the same frame can come from the two ports with significant time difference, a frame could be wrongly rejected as duplicate in exceptional situations, so mechanisms exist to age out frames, which is seldom cases cause both duplicates to be accepted – a situation applications tolerate. Possibly the heaviest traffic comes from sampled data, whose period should be chosen considering the worst-case difference in propagation delays.

4.1.9 Transition to non-redundant networks

The mechanism of duplicate rejection can be implemented by a RedBox that does the transition between a SAN and the doubled LANs, as Figure 5 shows. The RedBox mimics the SANs connected behind it (called VDAN or virtual DANs) and multicasts supervision frames on their behalf. The RedBox is itself a DANP and has its own IP address for management purposes, but it may also perform application functions.

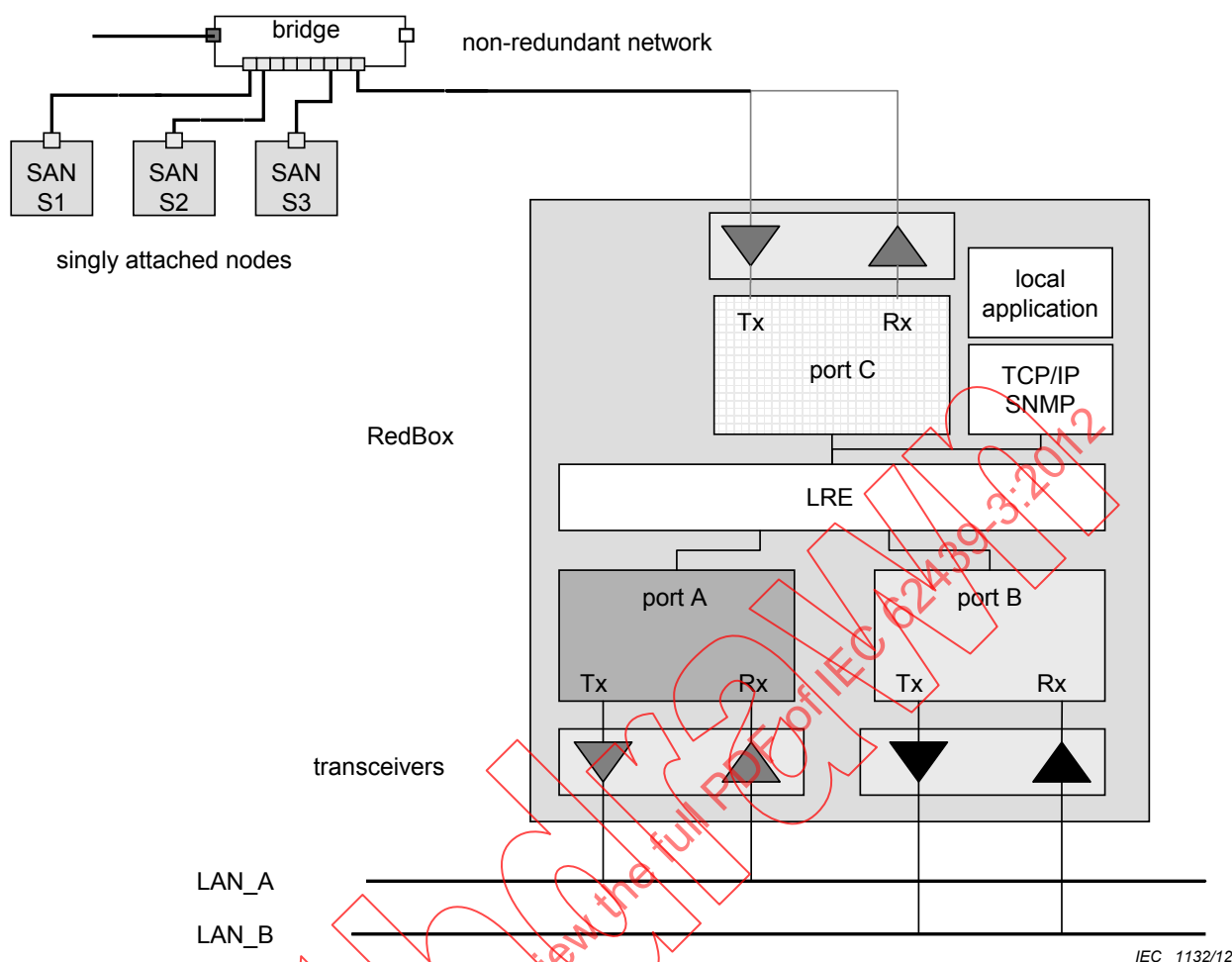


Figure 5 – PRP RedBox, transition from single to double LAN

4.1.10 Duplicate handling

4.1.10.1 Duplicate Accept mode (testing only)

The “Duplicate Accept” mode is used for testing purposes, to verify that duplicates are indeed discarded by the link layer and not by higher layer protocols.

In this mode, a sender is configured to send both frames without RCT.

In this mode, a receiver is configured to accept both frames and forward both of them (if both arrive) to its upper layers.

A node indicates its mode (Duplicate Accept /Duplicate Discard) in its supervision frames.

NOTE Upper layers also discard duplicates, but less effectively than the link layer.

4.1.10.2 Duplicate Discard mode

4.1.10.2.1 Principle

To allow the receivers to detect duplicates, the sender LRE appends a six-octet field that contains a sequence number, the Redundancy Control Trailer (RCT) to both frames it sends, as Figure 6 shows.

The receiver LRE uses the sequence number of the RCT and the source MAC address to detect duplicates. It forwards only the first frame of a pair to its upper layers. To offload the

application processor, the LRE can be implemented with an independent pre-processor, an intelligent Ethernet controller or in hardware.

Keeping track of duplicates allows at the same time to improve the redundancy supervision. As an option, the receiver may remove the RCT before forwarding the (first) frame to its upper layer.

The RCT consists of the following fields:

- 16-bit sequence number (SeqNr);
- 4-bit LAN identifier (LanId);
- 12 bit frame size (LSDUsize);
- 16-bit suffix (PRPsuffix).

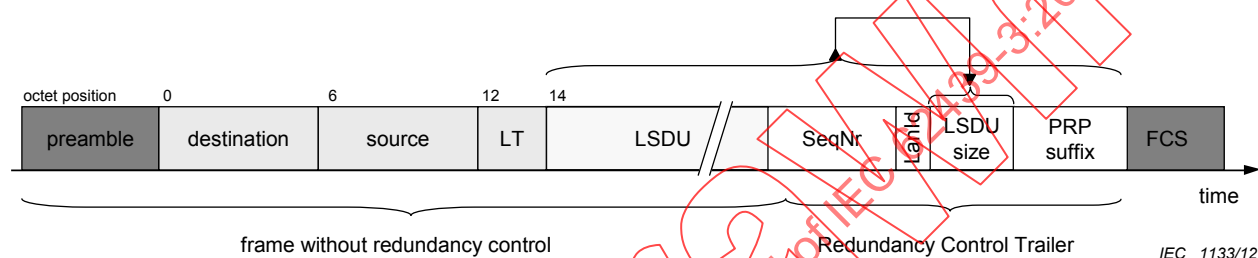


Figure 6 – PRP frame extended by an RCT

The LRE sends both (nearly identical) frames over both LANs.

The receiving LRE can then detect duplicates based on the RCT.

NOTE 1 This method considers that SANs also exist on the network, and that frames sent by SANs could be wrongly rejected as duplicates because they happen to have a trailing field with the correct PRPsuffix, same sequence number and the same size. However, SANs send on one LAN only, and the source will not be the same as that of another frame, so a frame from an SAN will never be discarded.

NOTE 2 Reception of a well-formed RCT is no proof that the source node is a DANP. Even if the path is wrong, the DANP nevertheless accepts the frame.

4.1.10.2.2 Use of PRPsuffix

The PRPsuffix identifies PRP frames and distinguishes PRP frames from other protocols that also append a trailer to their useful data.

4.1.10.2.3 Use of LSDUsize

The 12-bit LSDUsize field contains the length of the link service data unit (LSDU) in octets. This field allows the receiver to distinguish PRP frames from random, non-redundant frames as an additional check.

In VLANs, frame VLAN tags can be added or removed during transit through a bridge. To make the length field independent of VLAN tagging, only the LSDU and the RCT are considered in the LSDUsize, as Figure 7 shows.

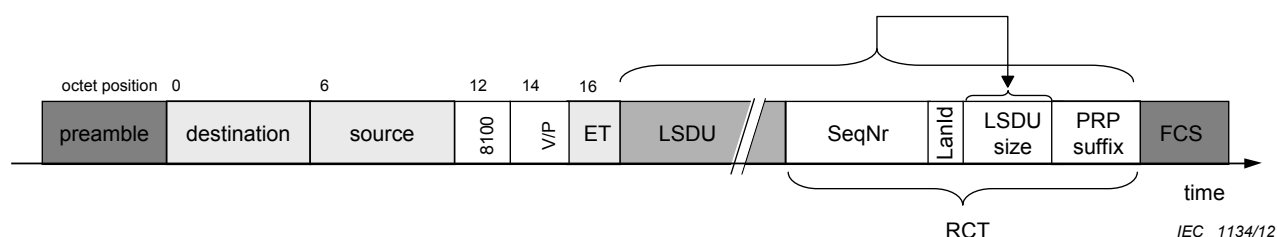


Figure 7 – PRP VLAN-tagged frame extended by an RCT

If the receiver detects that the frame is closed by the correct PRP suffix, that the 12 bits before the PRP suffix correspond to the LSDU size, and that the LAN identifier matches the identifier of the LAN of the receiving port, the frame is a candidate for discarding.

Since short frames need padding to achieve the minimum frame size of 64 octets, the sender already includes the padding to avoid scanning the frame backwards, as Figure 8 shows. The minimum frame size is extended to 70 octets since the LRE or a RedBox can remove the RCT.

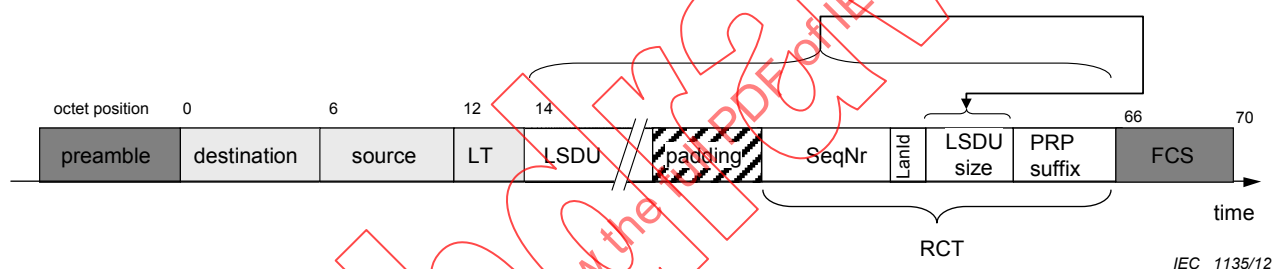


Figure 8 – PRP padded frame closed by an RCT

The padding size is increased to 74 octets when a VLAN tag is used.

NOTE A VLAN-tagged frame can pass several bridges, which removes or inserts VLAN tags. If the sender observes the ISO/IEC 8802-3 rule to send a minimum frame size of 68 octets for a VLAN-tagged frame and of 64 for a VLAN-untagged frame, there will never be a situation in which there is padding before and after the RCT.

4.1.10.2.4 Use of LanId

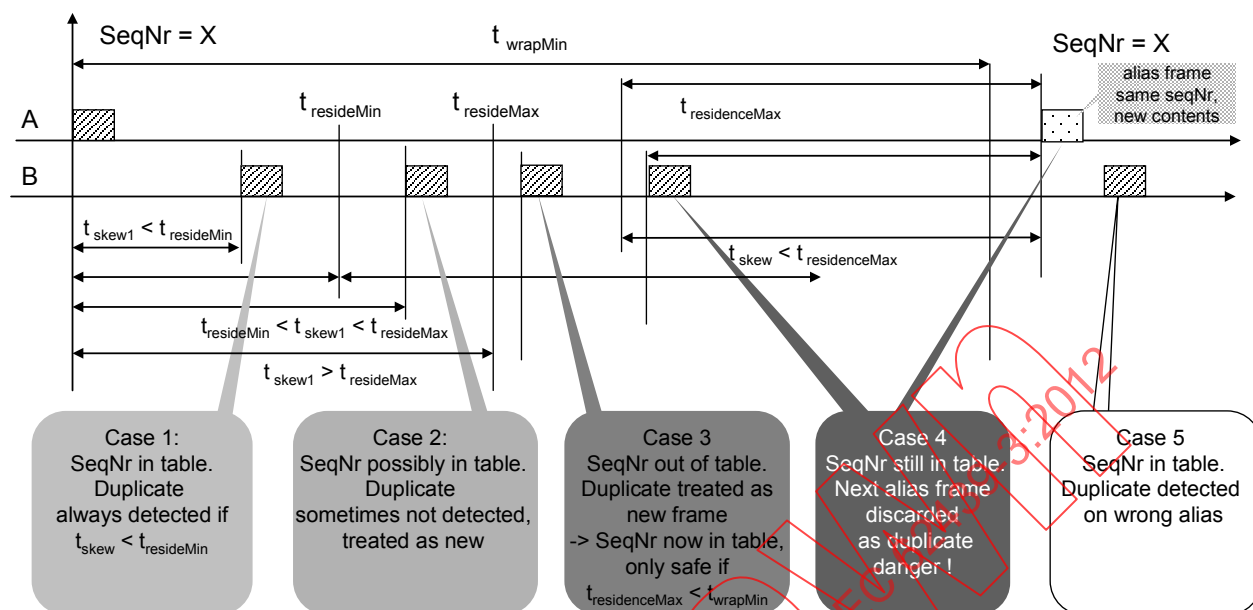
The 4 bit LanId field of the RCT carries a distinct identifier for LAN_A or LAN_B, specifically the codes 1010 ("A") and 1011 ("B"). Therefore, the A-frame and the B-frame differ in one bit (and in the FCS). The receiver checks that the frame comes from the correct LAN. It does not reject a frame that comes from the wrong LAN, since this could be a legitimate frame which happens to have the PRP suffix and the length information in its last 28 bits, but it increments the error counters CntErrWrongLanA or CntErrWrongLanB since this hints at a configuration error. Since this kind of error is permanent, it is detected rapidly.

4.1.10.2.5 Use of SeqNr

The 16-bit field SeqNr is incremented by one for each frame a DANP sends. The doublet {source MAC address, sequence number} uniquely identifies copies of the same frame.

The algorithm for discarding duplicates is not specified. For instance, node tables, hash tables, fifos or sequence number tracking can be used. Whichever the algorithm, it is designed such that it never rejects a legitimate frame, while occasional acceptance of a duplicate can be tolerated. Since the 16-bit SeqNr wraps around after 65 536 frames and the sequence numbers are not necessarily contiguous, entries older than a specified time EntryForgetTime are purged. This also allows node reboot at any sequence number position.

Figure 9 shows the conditions for discarding frames.



IEC 1136/12

Figure 9 – Duplicate Discard algorithm boundaries

The time t_{wrapMin} is the minimum possible time between two repetitions of the same sequence number by legitimate frames after 65 536 increments (as dictated by the application and network constraints).

In a 100 Mbit/s network, t_{wrapMin} is about 400 ms at the theoretical maximum frame repetition rate from the same source.

The time t_{skew} is the time difference between the arrivals of two copies of the same frame.

The time $t_{\text{resideMax}}$ is the maximum time an entry remains in the duplicate table, it is smaller than EntryForgetTime.

Rules for reliable discard: $t_{\text{skew}} < t_{\text{resideMin}}$

Rule for safe accept: $t_{\text{residenceMax}} < t_{\text{aliasRepMin}}$

A node that reboots avoids generating aliases by not sending frames during a time longer than EntryForgetTime (see Table 4) on start-up. During this time, the receivers will age out the entry from the duplicate tables.

4.1.10.2.6 Frame size restriction

Appending the RCT could generate oversize frames that exceed the maxValidSize foreseen by ISO/IEC 8802-3 (1 522 octets).

Hence, it is expected that every network component in the LANs supports oversize frames up to maxValidSize foreseen by ISO/IEC 8802-3 plus 6 bytes of RCT (1 528 octets).

NOTE Many bridges are dimensioned for double-VLAN-tagged (non- ISO/IEC 8802-3 compliant) frames that have a maximum size of 1 526 octets. Most Ethernet controllers are certified up to 1 528 octets. Most bridges would forward correctly frames of up to 1 536 octets.

4.1.11 Network supervision

The health status of each LAN and its attached devices (nodes and bridges) is monitored, otherwise redundancy helps little.

The receiver checks that frames are correctly received over both channels. It maintains error counters that network management can read.

To this effect, senders and receivers can maintain tables that record the last time a frame was received from another node, the time a multicast or broadcast frame was sent and other protocol information.

Supervision relies on each DANP sending periodically a PRP_Supervision frame that allows checking the integrity of the network and the presence of the nodes. At the same time, these frames allow checking which devices are DANP, the MAC addresses they use and which operating mode they support, Duplicate Accept or Duplicate Discard.

4.1.12 Redundancy management interface

Redundant devices and links are useless without network management supervising this redundancy and calling for maintenance actions.

The LRE presents a network management interface that allows to track the health of each LAN, and especially to detect failures early when the error rate increases. To this effect, the LRE keeps for each port a counter of received messages and of messages received with an error.

The LAN statuses appear as SNMPv1 or SNMPv2/v3 objects. This allows using the same tools for managing the nodes and the bridges.

NOTE SNMP is part of the IP protocol suite.

4.2 PRP protocol specifications

4.2.1 Installation, configuration and repair guidelines

4.2.1.1 General

The following guidelines apply at installation time. They do not apply to conformance testing of the devices.

4.2.1.2 LANs layout

The network shall consist of two LANs that have similar properties, i.e. each one is able to carry the traffic that would exist in the absence of redundancy.

DANP shall be attached to both LANs.

SANs that need to communicate with one another shall be attached to the same LAN or to both LANs through a RedBox.

4.2.1.3 Labelling cables

The two LANs shall use cables distinctly identified as A and B.

If colours are used to identify the cables, A should be red and B should be blue.

NOTE The intention is that persons with colour disability distinguish them.

4.2.1.4 Labelling bridges

Bridges in the two LANs should have a distinct label or colour for each A or B.

4.2.1.5 Independent operation

The layout of both LANs shall fulfil the assumption of fail-independence.

4.2.1.6 Configuration

All DANPs shall be configured with the same LifeCheckInterval (see 4.5).

4.2.2 MAC addresses

Both ports A and B of a DANP shall be configured with the same MAC address.

This address shall be unique in the network.

SANs connected to one LAN only shall not have the same MAC address as another node within the whole network (LAN_A plus LAN_B).

4.2.3 Multicast MAC addresses

All nodes in the network shall be configured to operate with the same multicast address for the purpose of network supervision, see 4.3.

4.2.4 IP addresses

The IP address(es) of any node or bridge (LAN_A plus LAN_B) shall be unique within the whole network.

NOTE 1 A device may have several IP addresses.

A DANP shall have the same IP address(es) when seen from either LAN_A or LAN_B.

Bridges on LAN_A and LAN_B are considered as SANs and shall have different IP addresses for the purpose of network management, even if they occupy the same location.

NOTE 2 A possible scheme is to distinguish IP addresses by one bit, e.g. allocate even IP addresses to LAN_A devices and odd IP addresses to LAN_B devices.

4.2.5 Nodes

4.2.5.1 Node types

Doubly attached nodes according to the parallel redundancy protocol (DANP) shall have two ports (portA and portB) that have the same abilities, and in particular could be used alternatively if only one LAN would be connected, portA being connected to LAN_A and portB to LAN_B.

Singly Attached Nodes (SAN) have only one port for the purpose of this protocol, no special requirements apply to them.

4.2.5.2 Labelling connectors

This subclause applies to a DANP using two LANs of similar nature.

The connectors for each LAN shall be labelled distinctly as A and B.

When connectors are ordered vertically, LAN_A should be the upper connector and LAN_B the lower connector in its normal position.

When connectors are ordered horizontally, the left connector should be the LAN_A and the right connector the LAN_B, as seen from the side where the cables or fibres are plugged.

The redundant connectors shall be independently removable and insertable.

4.2.6 Duplicate Accept mode (testing only)

4.2.6.1 Sending

A sender in the Duplicate Accept mode shall send the frame it receives from its upper layers unchanged over both its ports so that the two frames appear on the respective LANs.

4.2.6.2 Receiving

A receiver in the Duplicate Accept mode shall forward frames received from either port to its upper layers.

NOTE Duplicate Accept is a test setting not used for operation.

4.2.7 Duplicate Discard mode

4.2.7.1 Monitoring data set

A node shall maintain a monitoring data set consisting of the following elements:

SendSeq	mandatory	A 16-bit sequence counter used by this node for sending
CntErrorA and CntErrorB	optional	For each port A and B, a 32-bit counter indicating the number of erroneous frames received
CntReceivedA and CntReceivedB	optional	For each port A and B, a 32-bit counter indicating the number of frames received
CntErrWrongLanA and CntErrWrongLanB	optional	For each port A and B, a 32-bit counter indicating the number of mismatches
ActiveA and ActiveB	optional	For each port A and B, the status of the communication link
NodesTable	optional	A table of all other nodes that this node detects

4.2.7.2 NodesTable

A node may maintain a NodesTable for the purpose of network supervision. If a NodesTable is used, it shall consist of the elements given in Table 1 for each entry.

Table 1 – NodesTable attributes

Argument	Definition	Data Type
MacAddress	MAC address of the remote source node (6 octets)	OctetString6
CntReceivedA	Number of frames received from that node over LAN_A	Unsigned32
CntReceivedB	Number of frames received from that node over LAN_B	Unsigned32
CntErrWrongLanA	Number of frames that were received from that node with the wrong LAN identifier on LAN_A	Unsigned32
CntErrWrongLanB	Number of frames that were received from that node with the wrong LAN identifier on LAN_B	Unsigned32
TimeLastSeenA	Time at which the latest frame was received from that node over LAN_A	TimeTicks
TimeLastSeenB	Time at which the latest frame was received from that node over LAN_B	TimeTicks
SanA	True if the remote node is most probably a SAN accessible over portA	Boolean1
SanB	True if the remote node is most probably a SAN accessible over portB	Boolean1

A node shall clear a NodesTable entry when the time elapsed since reception of a frame from that a given node over both TimeLastSeenA and TimeLastSeenB exceeds NodeForgetTime (see 4.5).

NOTE 1 The NodesTable is populated by the received frames and distinguishes SANs from DANPs. A node could send frames without an RCT and over one port only if it can identify the destination as a SAN. A node without a NodesTable always sends all frames with an RCT over both ports, also when the destination is a SAN. In applications where broadcast traffic is the bulk, the impact on network load is small.

NOTE 2 The key attribute of the NodesTable is MacAddress as received in the PRP_Supervision frame sent by a DANP or any frame received from a SAN.

NOTE 3 Most of these attributes exist not only in one instance per physical remote node, but also as separate instances for each multi/broadcast address used by that node, and some also for each multi/broadcast address used by this (local) node.

NOTE 4 TimeTicks is a local time unit, not a global time.

4.2.7.3 Redundancy Control Trailer (RCT)

The Redundancy Control Trailer (RCT) appended to DANP frames shall consist of six octets, structured in the following way (in the order of transmission):

- a 16-bit sequence number (SeqNr) transmitted with the most significant 8 bits in the 1st octet, which reflects the counter SendSeq (see 4.2.7.1);
- a 4-bit LAN identifier (LanId) transmitted as the most significant 4 bits of the third octet, which carries the sequence “1010” for LAN_A, respectively the sequence “1011” for LAN_B;
- a 12 bit LSDU size (LSDUsize) whose most significant 4 bits are transmitted in the least significant 4 bits of the third octet and the least significant 8 bits in the fourth octet, that indicates the size in octets of the LSDU starting from the end of the Protocol Type (PT) field as defined in ISO/IEC 8802-3 and IEEE 802.1Q (octet offset 12-13 without LAN header or 16-17 with VLAN header) to the RCT, excluding the PT and including possible padding and the RCT itself;
- a 16-bit PRPsuffix, set to 0x88FB.

NOTE 1 Padding inserted before the RCT is included in the LSDU size.

NOTE 2 The intention is that the LSDUsize is the same in PRP and HSR.

4.2.7.4 Sending (Duplicate Discard mode)

4.2.7.4.1 Sending

When sending a frame coming from its upper layers, a node shall:

If the destination node is not registered as a SAN in the NodesTable

 If the frame carries a IEEE 802.1Q tag and has a size smaller than 64 octets (without FCS)

 pad the frame to 64 octets as specified in ISO/IEC 8802-3

 If the frame does not carry a IEEE 802.1Q tag and has a size smaller than 60 octets (without FCS)

 pad the frame to 60 octets as specified in ISO/IEC 8802-3

 increment SendSeq (see 4.2.7.1), wrapping over through 0;

 append the 6-octet RCT with a LanId "A" for portA and LanId "B" for portB;

 append the 4-octet FCS;

 send the frame with LanId "A" through portA and the frame with LanId "B" through portB;

Else

 send the frame to the port(s) where the SAN is registered;

NOTE 1 Simple nodes have no NodesTable and do not register remote nodes as DANP or SAN, they always append the RCT and send over both ports.

NOTE 2 The total padding to 70 octets (no VLAN tag) considers that the LRE or a RedBox could remove the 6-octet RCT; padding to 74 (with VLAN tag) considers that in addition, an edge port in a bridge could remove the 4-octet priority tag. This way, the frame given to the destination respects the minimum frame size of 64 octets and the RCT is always just before the FCS.

4.2.7.4.2 Timing

The time skew between the sending of both frames of a pair should be kept at a minimum to reduce asymmetry of the transmission delays.

In particular, frames waiting for sending should be dropped from the sending queue if the corresponding port is not operational.

4.2.7.5 Receiver (Duplicate Discard mode)

4.2.7.5.1 Receiving

On reception of a frame over either port, the receiver shall:

If the frame is erroneous,

 increment the error counter of the respective port CntErrorsA or CntErrorsB (see 4.2.7.1) and

 ignore the frame;

Else if the destination MAC address belongs to the reserved addresses in IEEE 802.1Q -2004 Table 7-10,

 treat the frame at the link layer;

Else if the frame is a duplicate (see 4.2.7.5.2 and 4.2.7.5.3),

 discard it;

Else

 forward the frame to the upper layers.

NOTE Frames with a destination MAC address according to IEEE 802.1Q -2004 Table 7-10 are treated at the link layer and expected not to carry an RCT, even if sent by a DANP.

4.2.7.5.2 Identification of frames associated with the Duplicate Discard mode

A receiver shall identify a duplicate candidate as a valid frame:

- whose last 16 bits before the checksum match the 16-bit PRPsuffix,
- whose 12 bits before the PRPsuffix match the physical size of the LSDU (excluding the ProtocolType PT, but including the RCT) and
- whose LanId matches the LAN identity of the receiving port, 1010 (A) or 1011 (B).

4.2.7.5.3 Duplicate Discard method

The Duplicate Discard method shall not discard a frame sent as single or both frames of a pair, while exceptionally, both frames of a pair may be passed to the higher protocol layers.

The Duplicate Discard method shall forget an entry after EntryForgetTime (see Table 4).

4.2.7.5.4 Transparent reception

A receiver configured for TransparentReception (default) shall not remove the RCT before transferring the frame to its upper layers.

A receiver not configured for TransparentReception shall remove the RCT on frames where it has identified the presence of the RCT.

4.2.7.5.5 Receiving and NodesTable

If the node supports a NodesTable, it shall at reception of a frame:

If this frame is not a PRP_Supervision frame and its source MAC address is not yet in the NodesTable,
create an entry in the NodesTable for that source MAC address assuming it is a SanA or a SanB,
depending which LAN the frame arrives on;

Else if this frame is a PRP_Supervision frame, and its source is not yet in the NodesTable,
create an entry in the NodesTable for that source assuming DANP Duplicate Accept or Duplicate
Discard according to the PRP_Supervision frame contents. If the source is already in the NodesTable,
update its status to DANP Duplicate Accept or Duplicate Discard;

record the local time at which the frame was received in the TimeLastSeenA, respectively TimeLastSeenB
fields of the NodesTable for that source;

increment by one (wrapping through 0) the counters CntReceivedA, respectively CntReceivedB of the
NodesTable for that source.

If it receives the frame from LAN_B from a node registered as SanA, or over LAN_A from a node registered as
SanB,

set SanA = SanB = 1 for that source;

If the LanId does not match the identity of the port,

increment the CntErrWrongLanA, respective CntErrWrongLanB counter of the source device.

NOTE 1 Updating SanA and SanB allows moving an SAN from LAN_A to LAN_B and vice-versa. If this happens,
the DANP will send on both LANs and after NodeForgetTime it will send only on the correct LAN.

NOTE 2 Reception of a well-formed RCT is not a sufficient criterion to declare its source as DANP, since some
protocols reply with the same frame as received.

4.3 PRP_Supervision frame

4.3.1 Supervision frame for DANP

Each DANP shall multicast a PRP_Supervision frame over both its ports with the format
specified in Table 2 (no VLAN), respectively Table 3 (with VLAN) every LifeCheckInterval (see
4.5).

Table 2 – PRP_Supervision frame with no VLAN tag

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0					msb		U/L		I/G							
2	PRP_DestinationAddress = multicast (01-15-4E-00-01-XX)															
4									lsb							
6					msb		U/L		0							
8	SourceAddress (MAC address of the node)															
10									lsb							
12	SupEtherType = 0x88FB															
14	SupPath				SupVersion < 64											
16	SupSequenceNumber															
18	TLV1.Type = 20 or 21								TLV1.Length = 6							
20					msb		U/L		0							
22	MacAddress (MAC address of the DANP)															
24									lsb							
26	TLV2.Type = 30								TLV2.Length = 6							
28					msb		U/L		0							
30	RedBoxMacAddress															
32									lsb							
34	TLV0.Type = 0								TLV0.Length = 0							
36	Padding to 70 octets (no VLAN)															
60	SeqNr															
62	LanId (0x1010 or 0x1011)				LSDUsize = 52											
64	PRPsuffix = 0x88FB															
66	FCS															
68																
70																

Table 3 – PRP_Supervision frame with (optional) VLAN tag

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0						msb	U/L	I/G								
2																
4										lsb						
6						msb	U/L	0								
8																
10										lsb						
12																
14																
16																
18																
20																
22																
24						msb	U/L	0								
26																
28										lsb						
30																
32						msb	U/L	0								
34																
36										lsb						
38																
40																
42																
44																
46																
48																
50																
52																
54																
56																
58																
60																
62																
64																
66																
68																
70																
72																
74																

NOTE MAC addresses are assumed to have a length of 6 octets in this example.

4.3.2 PRP_Supervision frame contents

The contents of a PRP_Supervision frame are defined as follows:

PRP_DestinationAddress	Multicast address 01-15-4E-00-01-XX reserved for this protocol. By default XX is "00", but if conflicts arise, XX can be configured to take any value between 0x00 and 0xFF.
SourceAddress	MAC address of the node
SupEtherType	EtherType 0x88FB reserved for the PRP protocol
SupPath	Reserved, set to 0
SupVersion	Protocol version, set to "1" for PRP. Implementation of version X of the protocol shall interpret version >X as if they were version X, ignoring any parameters and/or flags added by the more recent version, and interpret version <=X PRP_Supervision frames exactly as specified for the version concerned.
SupSequenceNumber	Sequence number incremented by 1 for each supervision frame sent
TLV1.Type	Operation mode, a value of 20 indicates that the node supports the Duplicate Discard or a value of 21 indicates that it implements Duplicate Accept. Other values are reserved.
TLV1.Length	Length of the following MAC address in octets
MacAddress	MAC addresses used by both port of the node.
TLV2.Type	Not present if the node is not a RedBox
TLV2.Length	Not present if the node is not a RedBox
RedBoxMacAddress	Not present if the node is not a RedBox
TLV0.Type	Closing TLV, set to 0
TLV0.Length	Closing TLV, set to 0

NOTE 1 Octets with offset 14 to 17 are inserted only if a VLAN tag according to IEEE 802.1Q is used.

NOTE 2 The frame has a size of 70 (no VLAN) resp. 74 octets (with VLAN-tagging) to avoid padding if an entity removes the VLAN tag or the RCT.

NOTE 3 The SeqNr, LanId and LSDUsize are reused when the frame is passed to an HSR network. The SupEtherType is the same as the PRP suffix. It is also used for HSR.

4.3.3 PRP_Supervision frame for RedBox

A RedBox, i.e. a node acting as a proxy for one or several SANs (called VDAN or virtual DAN) shall append to the TLV1 field a further TLV2 fields with the following contents:

TLV1.Type	Operation mode with a value of 20 to indicate that the node supports the Duplicate Discard mode, since this is the only mode a RedBox supports. Other values are reserved
TLV1.Length	Length of the following MAC address in octets
MacAddress	MAC address of the VDAN
TLV2.Type	RedBox identifier with a value of 30 to indicate that the node is a RedBox
TLV2.Length	Length of the following MAC address in octets
RedBoxMacAddress	MAC address of the RedBox that acts as proxy for the other device (VDAN)
TLV0.Type	Closing TLV, set to 0
TLV0.Length	Closing TLV, set to 0

4.3.4 Reception of a PRP_Supervision frame and NodesTable

When receiving a PRP_Supervision frame over any LAN, a node shall create an entry in the NodesTable corresponding to the MacAddress of that source as indicated in the message

body, not in the source address, with the Duplicate Accept or Duplicate Discard mode as indicated in the frame.

If a node ceases to receive PRP_Supervision frames from a source for a time longer than NodeForgetTime, but receives frames from that source over one LAN only, it shall change the status of this node to SanA, respective SanB, depending on the LAN from which frames are received.

NOTE 1 This rule allows moving a SAN between LAN_A and LAN_B, and also to obtain the operating mode for a SAN if it was first registered at sending and not at receiving, since a DANP starts by sending on both LANs.

NOTE 2 This rule allows distinguishing an SAN from a DANP in Duplicate Accept mode with one line disconnected.

4.4 Bridging node

If this setting is enabled, the node shall act as a bridging node for its two ports, according to an unspecified protocol, i.e. HSR, RSTP or MRP.

NOTE 1 The bridging node setting supports attachment of a DANP to two bridges of the same LAN to implement a partial redundancy topology. There is no requirement that normal frames should be bridged in case of a double failure, but implementers are free to include this feature.

NOTE 2 No RCT is appended when the bridging node setting is enabled.

NOTE 3 The presence of nodes in bridging mode is potentially dangerous for a PRP network since it breaches the assumption of fail-independence of the two LANs.

4.5 Constants

The constant parameters are shown in Table 4.

Other values may be defined at the user's responsibility.

Table 4 – PRP constants

Constant	Description	Default value
LifeCheckInterval	How often a node sends a PRP_Supervision frame	2 000 ms
NodeForgetTime	Time after which a node entry is cleared	60 000 ms
EntryForgetTime	Time after which an entry is removed from the duplicate table	400 ms
NodeRebootInterval	Minimum time during which a node that reboots remains silent	500 ms

4.6 PRP service specification

Objects in the LRE, e.g. error counters, can be accessed from an application running on the same node using direct calls or from an application on another node using a management protocol such as SNMP or a specific protocol such as IEC 61850.

All LRE objects are described in Clause 7 as a Management Information Base (MIB) conformant to SNMP, which is common for PRP and HSR.

5 High-availability Seamless Redundancy (HSR)

5.1 HSR objectives

This Clause describes the application of the PRP principles (Clause 4) to implement a High-availability Seamless Redundancy (HSR), retaining the PRP property of zero recovery time, applicable to any topology, in particular rings and rings of rings.

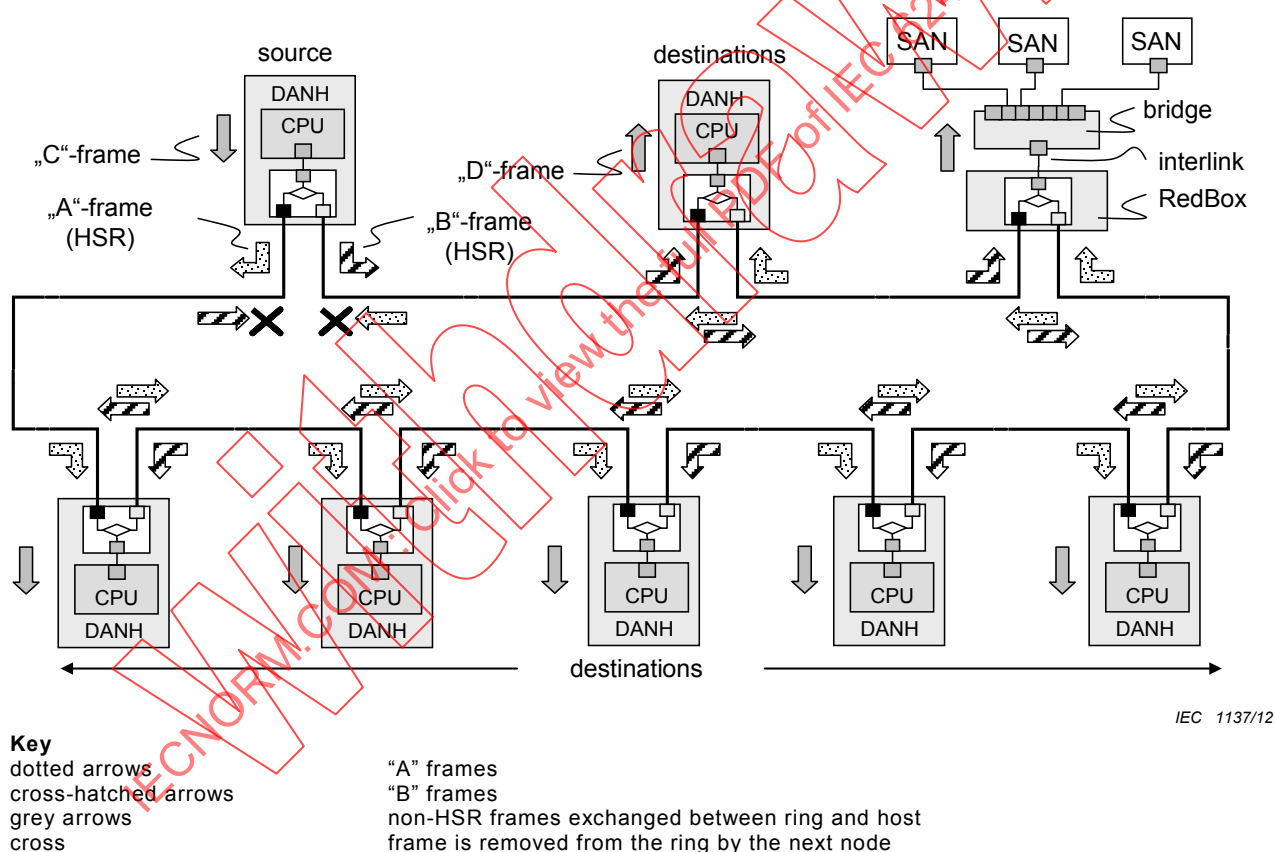
With respect to PRP, HSR allows to roughly halve the network infrastructure. With respect to rings based on IEEE 802.1D (RSTP), IEC 62439-2 (MRP), IEC 62439-6 (DRP) or IEC 62439-7 (RRP), the available network bandwidth for network traffic is somewhat reduced depending on the type of traffic. Nodes within the ring are restricted to be HSR-capable bridging nodes, thus avoiding the use of dedicated bridges. Singly Attached Nodes (SANs) such as laptops or printers cannot be attached directly to the ring, but need attachment through a RedBox (redundancy box).

5.2 HSR principle of operation

5.2.1 Basic operation with a ring topology

As in PRP, a node has two ports operated in parallel; it is a DANH (Doubly Attached Node with HSR protocol).

A simple HSR network consists of doubly attached bridging nodes, each having two ring ports, interconnected by full-duplex links, as shown in the example of Figure 10 (multicast) and Figure 11 (unicast) for a ring topology.



IEC 1137/12

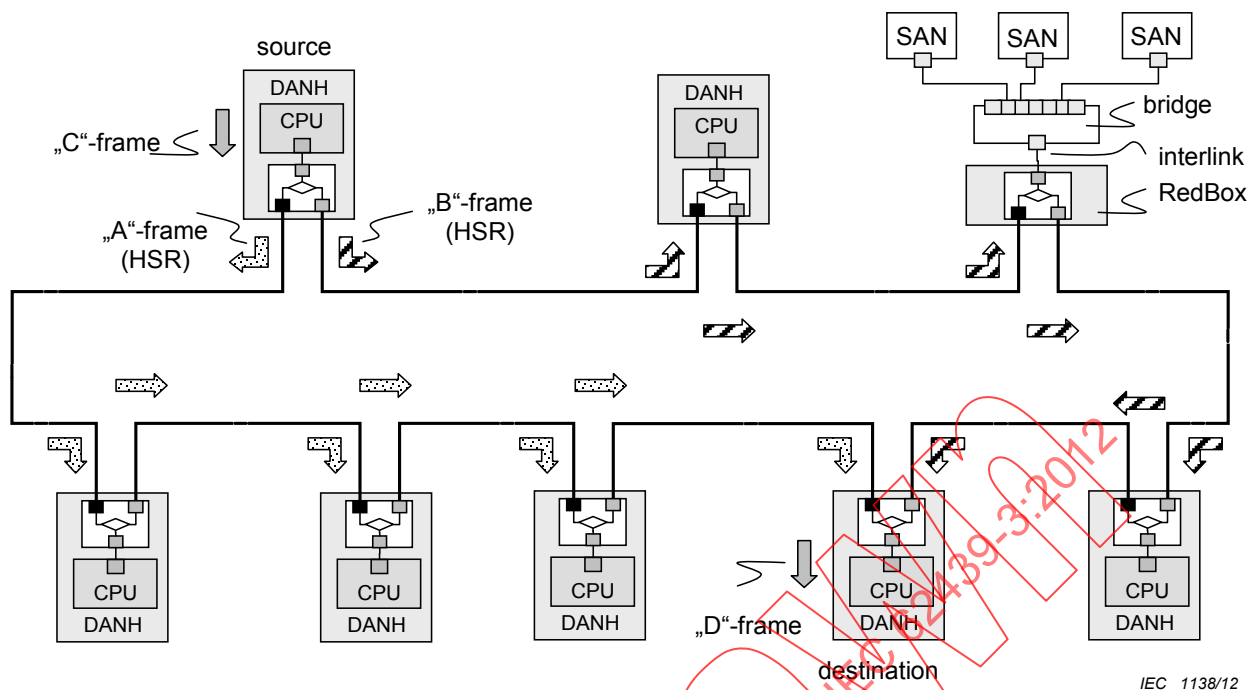
Figure 10 – HSR example of ring configuration for multicast traffic

A source DANH sends a frame passed from its upper layers ("C" frame), prefixes it by an HSR tag to identify frame duplicates and sends the frame over each port ("A"-frame and "B"-frame).

A destination DANH receives, in the fault-free state, two identical frames from each port within a certain interval, removes the HSR tag of the first frame before passing it to its upper layers ("D"-frame) and discards any duplicate.

The nodes support the IEEE 802.1D bridge functionality and forward frames from one port to the other, except if they already sent the same frame in that same direction.

In particular, the node will not forward a frame that it injected into the ring.



Key

dotted arrows
cross-hatched arrows
grey arrows
cross

"A" frames
"B" frames
non-HSR frames exchanged between ring and host
frame is removed from the ring by the next node

Figure 11 – HSR example of ring configuration for unicast traffic

A destination node of a unicast frame does not forward a frame for which it is the only destination, except for testing.

Frames circulating in the ring carry the HSR tag inserted by the source, which contains a sequence number. The doublet {source MAC address, sequence number} uniquely identifies copies of the same frame.

NOTE The time skew between two frames of a pair depends on the relative position of the receiving node and of the sending node. Assuming a worst case in which each node in the ring is transmitting at the same time its own frame with the largest size of 1 536 octets (maximum length supported by the EtherType defined in IEEE 802.2), each node could introduce 125 µs of delay at 100 Mbit/s. With 50 nodes, the time skew may exceed 6 ms.

5.2.2 DANH node structure

Figure 12 shows a conceptual view of the structure of a DANH implemented in hardware, practical implementations can be different. The two HSR ports A and B and the device port C are connected by the LRE, which includes a switching matrix allowing to forward frames from one port to the other. The switching matrix allows cut-through bridging. The LRE presents to the higher layers the same interface as a standard Ethernet transceiver would do.

The input circuit checks if this node is the destination of the frame and possibly does VLAN and multicast filtering to offload the processor. The Duplicate Discard is implemented in the output queues.

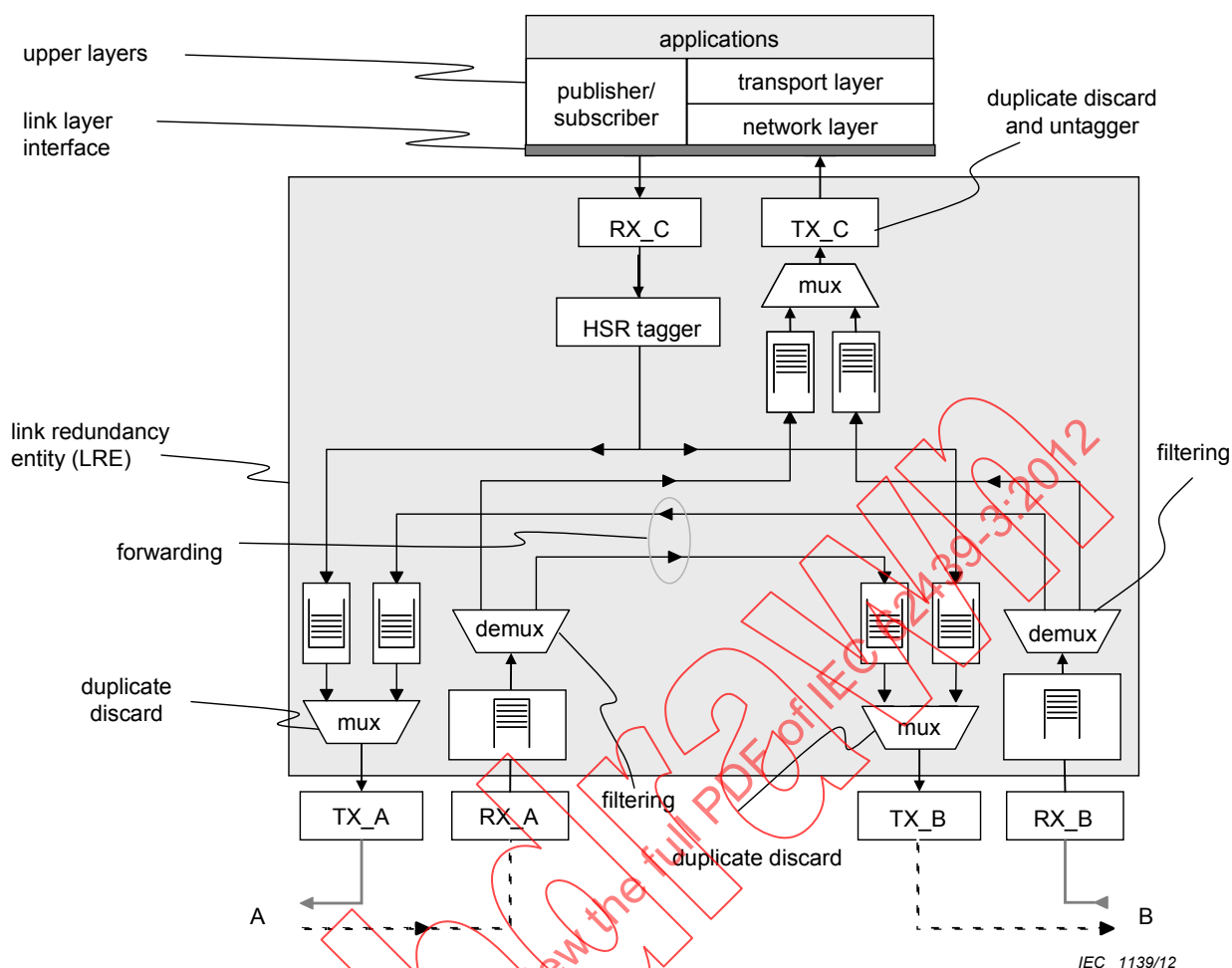


Figure 12 – HSR structure of a DANH

5.2.3 Topology

5.2.3.1 Attachment of singly attached nodes

Singly attached nodes (SAN), for instance maintenance laptops or printers cannot be inserted directly into the ring since they have only one port and cannot interpret the HSR tag in the frames. SANs communicate with ring devices through a RedBox (redundancy box) that acts as a proxy for the SANs attached to it, as shown in Figure 10 and Figure 11. The RedBox is detailed in 5.2.3.8.

Connecting non-HSR nodes to ring ports, breaking the ring, is allowed to enable configuration. Non-HSR traffic within the closed ring is supported in an optional mode.

5.2.3.2 Use of HSR with separate LANs

HSR nodes can be connected in the same way as PRP nodes. To this effect, an HSR node may be set to “no forwarding” (mode N). Unlike PRP, SANs cannot be attached directly to such a duplicated network unless they are able to interpret the HSR tag. The details of this operation mode are not covered in this version of the standard.

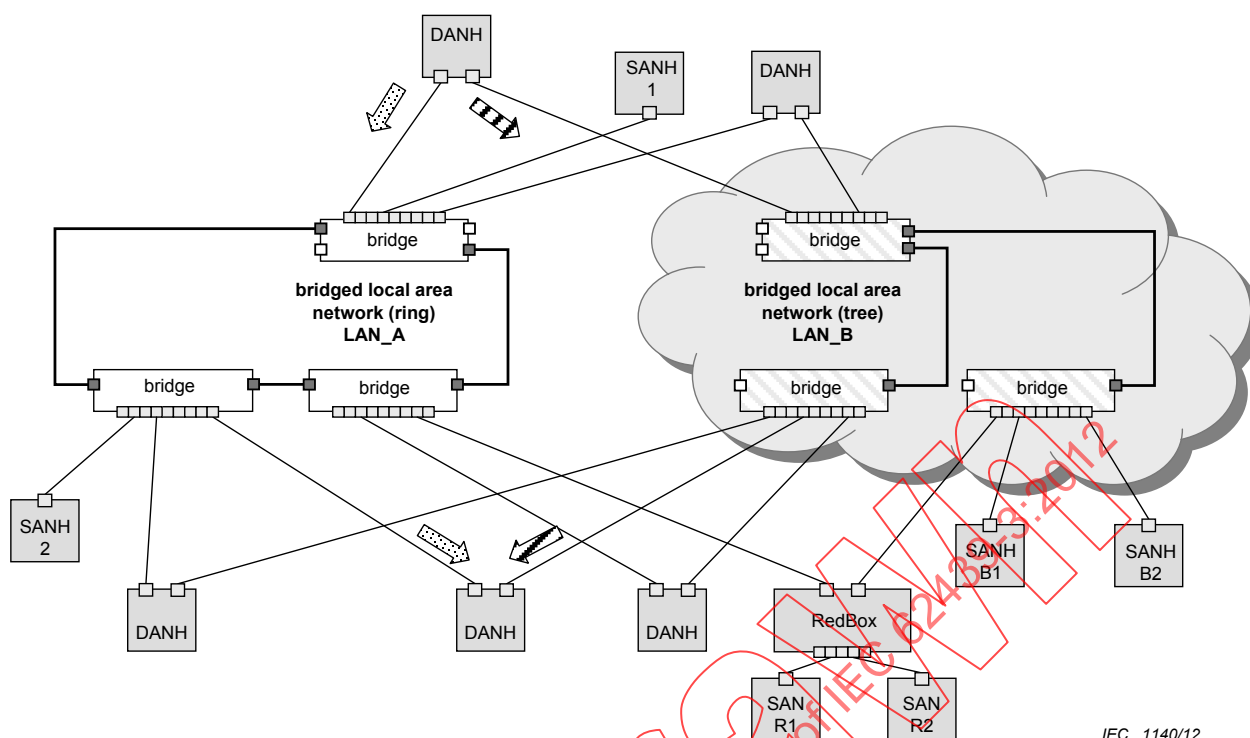


Figure 13 – HSR example of topology using two independent networks

5.2.3.3 Peer coupling of rings

Two HSR rings may be connected by quadruple port devices with forwarding capabilities, called QuadBoxes, as Figure 14 shows. This is advantageous when the traffic flow exceeds the capabilities of a single ring. However, transmission delays from end to end are not improved.

Although one QuadBox is sufficient to conduct the traffic in the fault-free state of the network, two QuadBoxes are used to prevent a single point of failure.

A Quadbox forwards frames over each ring as any HSR node, and passes the frames unchanged to the other ring, except if the frame can be identified as a frame not to be forwarded to the other ring. To this effect, a QuadBox is expected to filter traffic based for instance on multicast filtering or on VLAN filtering. There is no learning of MAC addresses in a QuadBox, though, since the learning of MAC addresses on specific ports of a QuadBox device could lead to a short break in communication if the QuadBox that has learned an address and is forwarding network traffic fails.

With QuadBoxes realized as single physical entities, the two interconnected rings share the same redundancy domain concerning fault tolerance. If one QuadBox breaks down, both interconnected rings are in a degraded state and cannot tolerate a further fault.

Therefore, constructing QuadBoxes in the same way as a RedBox can help keep the redundancy independent. The QuadBox then consists of two devices connected by an interlink. For this reason, the RedBox specifications include the HSR connection.

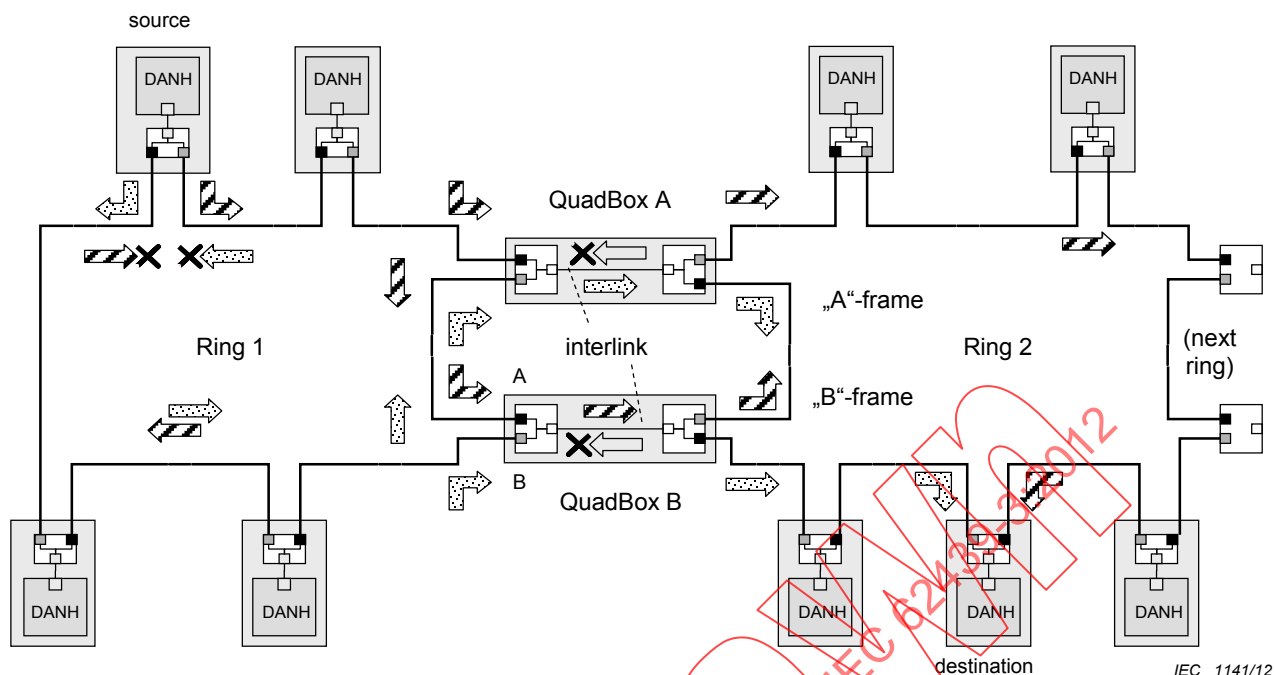


Figure 14 – HSR example of peer coupling of two rings

The presence of two QuadBoxes on the same ring causes that two copies of the same frame are transferred from the first ring to the second, each generating other two copies.

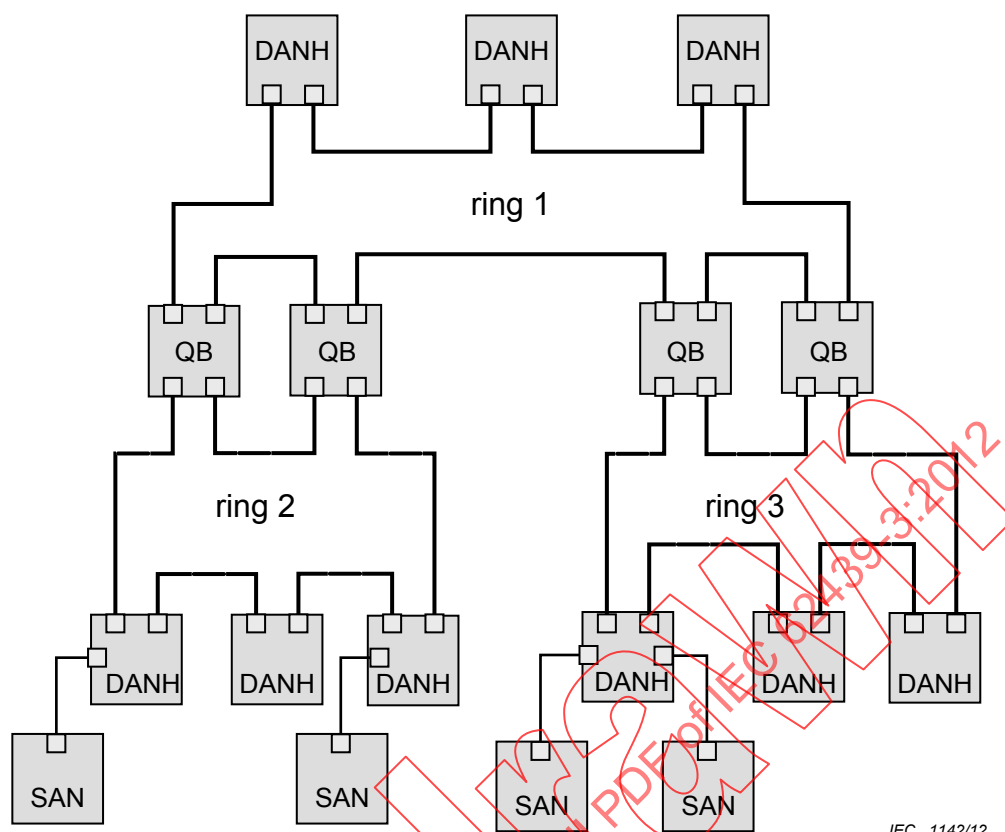
This does not cause four frames to circulate on the second ring, since, when a copy from a first QuadBox reaches the second QuadBox on the same second ring, the second QuadBox will not forward it if it already sent a copy that came from its interlink. Conversely, if the second QuadBox did not yet receive a copy from its interlink, it will forward the frame, but not the copy that comes later from the interlink.

When a QuadBox receives a frame that it itself injected into the ring or a frame that the other QuadBox inserted into the ring, it forwards it to the interlink and to its other port if it did not already sent a copy. This duplicate will be discarded at the other end of the interlink. This scheme may cause some additional traffic on the interlink, but it allows to simplify the design of the logic.

NOTE The maximum time skew between two frames of a pair is about the same as if all nodes were on the same ring.

5.2.3.4 Hierarchical ring topology

An HSR network may consist of rings connected by QuadBoxes, as Figure 15 shows.



IEC 1142/12

Figure 15 – HSR example of connected rings

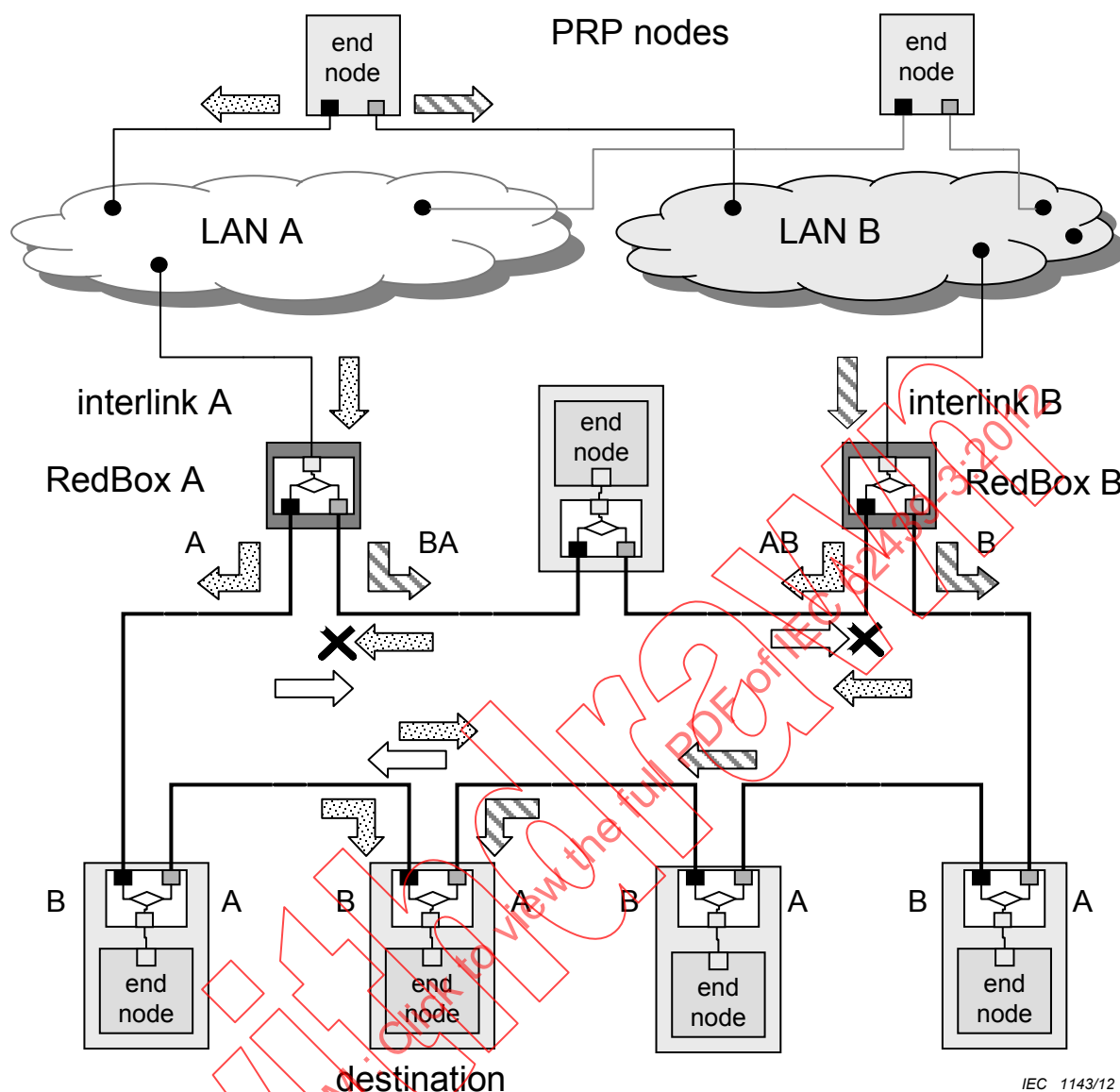
Although a single QuadBox is sufficient to sustain the traffic, two independent QuadBoxes are needed to avoid a single point of failure.

Some SANs are connected directly to the DANH that performs the duty of a simplified RedBox.

5.2.3.5 Connection of an HSR ring to a PRP network

A HSR may be coupled to a PRP network through two RedBoxes, one for each LAN, as Figure 16 shows. In this case, the RedBoxes are configured to support PRP traffic on the interlink and HSR traffic on the ring ports.

The sequence number from the PRP RCT is reused for the HSR tag and vice versa, to allow frame identification from one network to the other and to identify pairs and duplicates on the HSR ring, introduced by a twofold injection into the ring through the two HSR RedBoxes.



IEC 1143/12

Figure 16 – HSR example of coupling two redundant PRP LANs to a ring

The HSR RedBoxes for connecting the ring to a PRP network operate identically to the HSR RedBoxes used to attach SANs described in 5.2.3.1, except that they are configured as RedBox “A” or RedBox “B” to accept PRP frames on their interlink.

In Figure 16, RedBox A and RedBox B would send the same frame (A and AB, respectively B and BA), but if a RedBox receives the frame before it could send it itself, it refrains from sending it.

In the example of Figure 16, RedBox A will not generate an “A” frame on behalf of LAN A if it previously received the same frame as “AB” from the ring, or conversely, RedBox “B” will generate an “AB” frame if it did not previously receive an “A” frame from the ring, which is the case whenever frame “A” is not a multicast frame.

Multicast frames or unicast frames without a receiver in the ring (void arrows in Figure 16) are removed by the RedBox that inserted them into the ring, if they originated from outside the ring.

Figure 17 shows the same coupling when the source is within the ring.

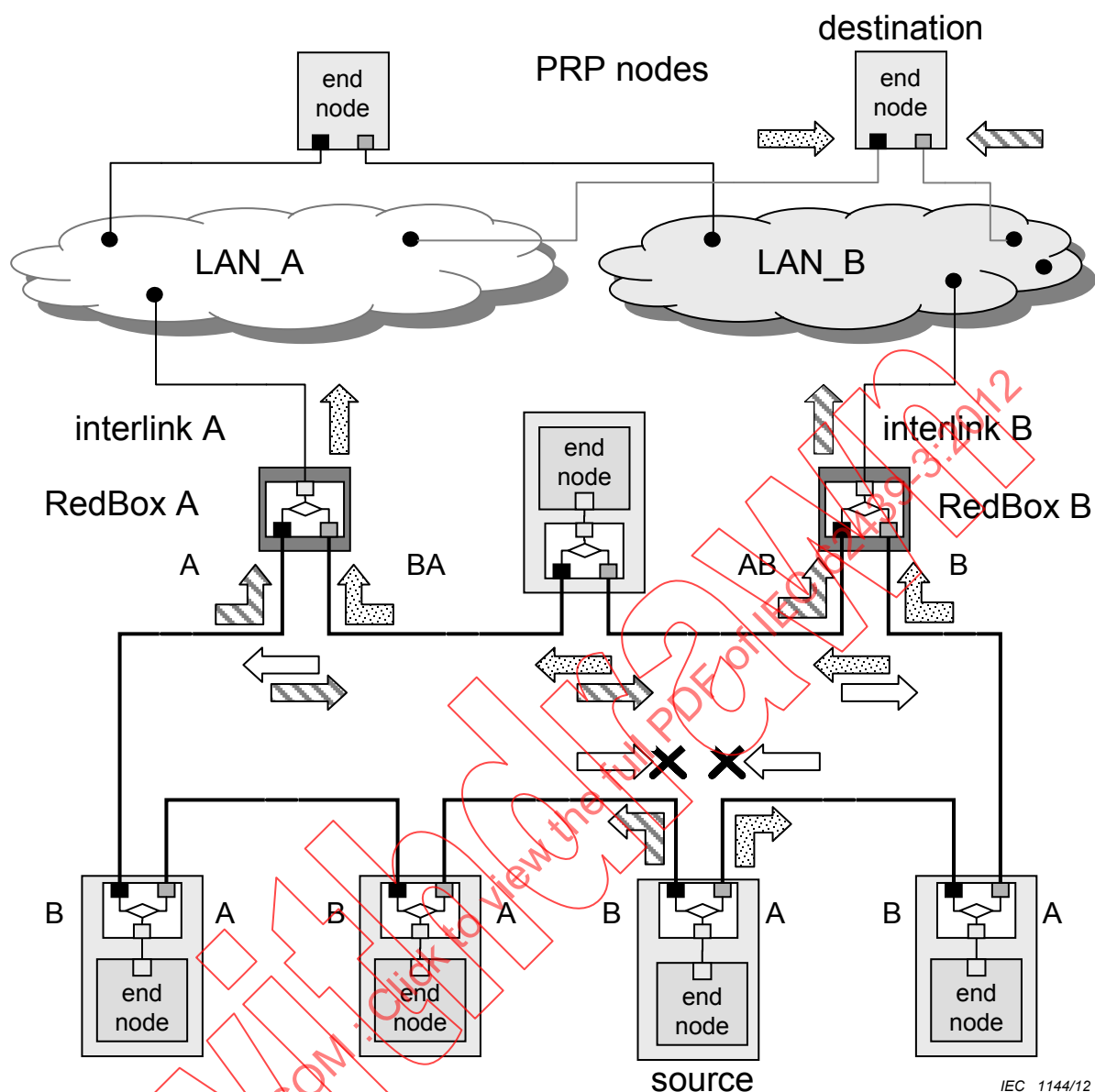


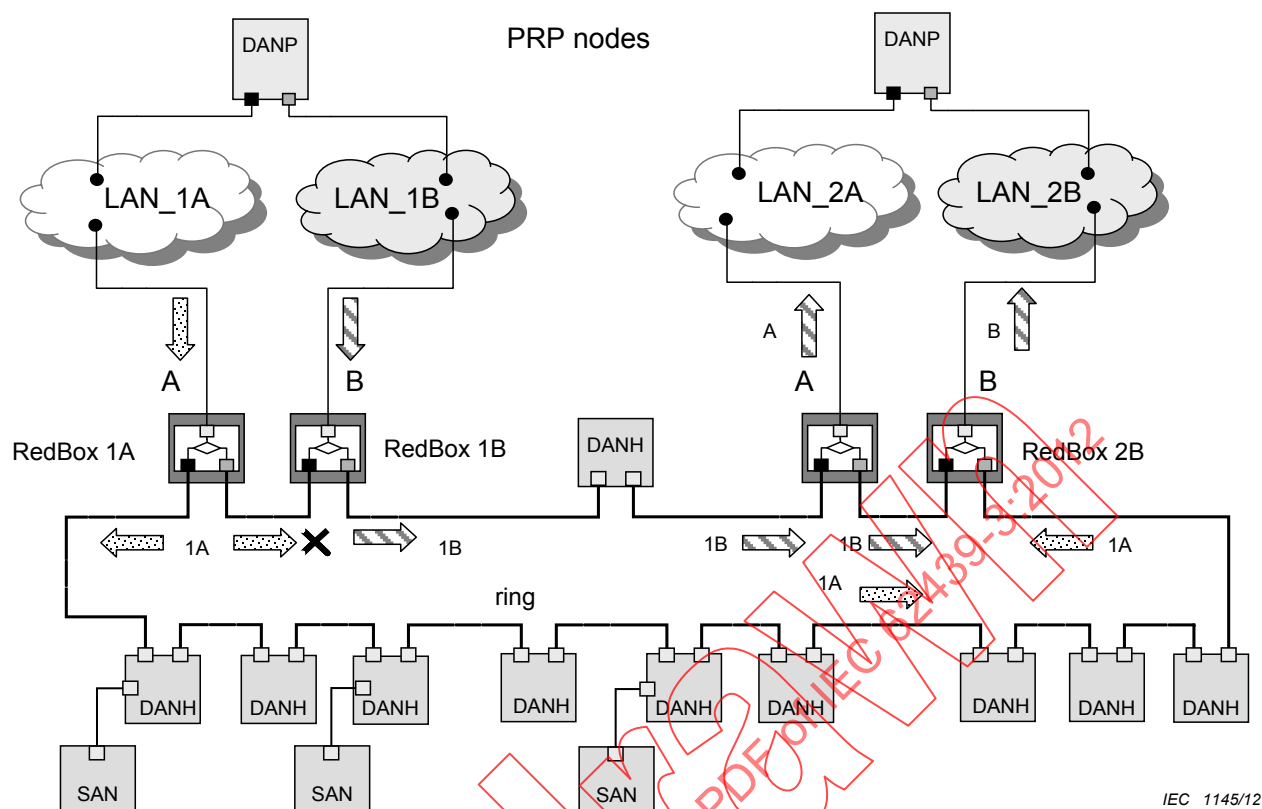
Figure 17 – HSR example of coupling from a ring node to redundant PRP LANs

To avoid reinjection a frame into the PRP network through the other RedBox, each HSR frame carries the identifier of the PRP network from which the frame came originally. Therefore, RedBoxes are to be configured with the NetId of the PRP network to which they are attached.

5.2.3.6 Connection of several PRP networks to an HSR ring

Up to 7 PRP networks can be connected to the same HSR ring, each being identified by a 3-bit NetId.

The two RedBoxes that connect a PRP network with an HSR ring are configured with the NetId (1..7) and the LanId (A=0/B=1), see Figure 18.



IEC 1145/12

Figure 18 – HSR example of coupling from a ring to two PRP LANs

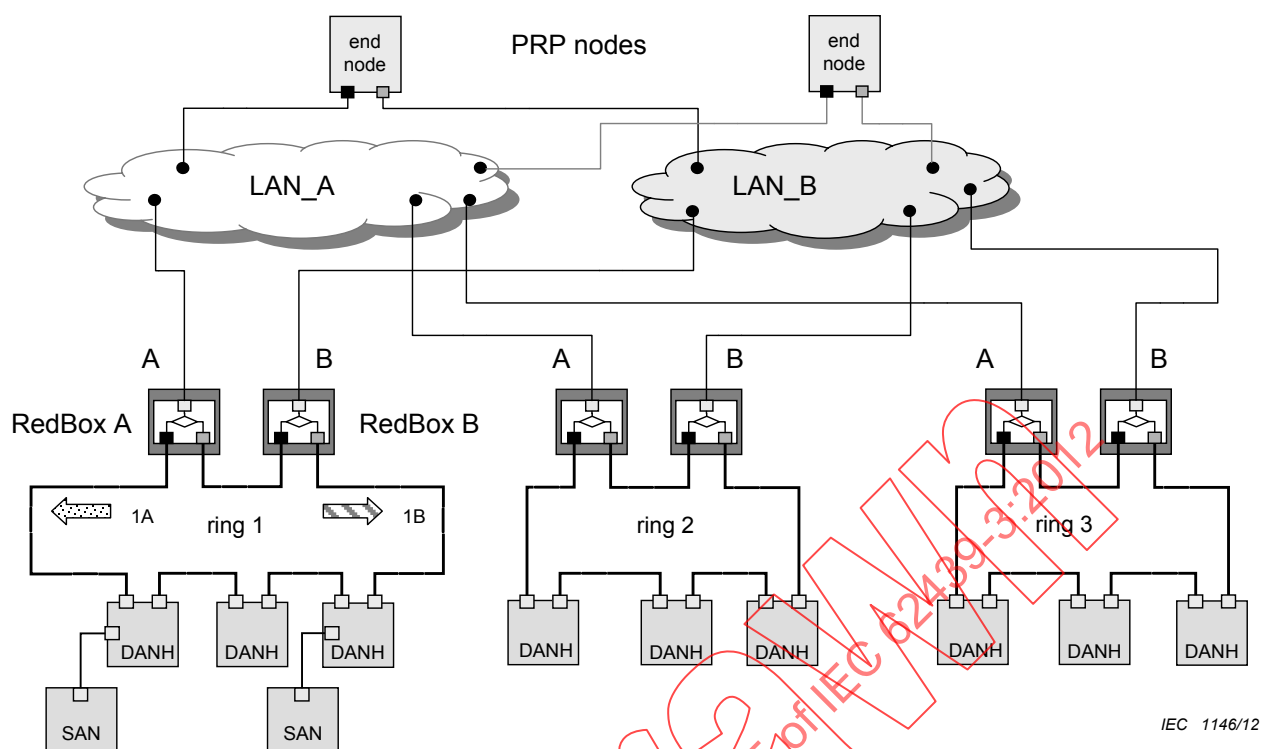
To prevent reinjection of frames coming from one PRP network into another PRP network or from the same, a RedBox only forwards from the HSR ring frames that do not carry its own NetId.

When inserting into the ring a PRP frame from LAN A or from LAN B of a PRP network with a given NetId, a RedBox inserts into the PathId of the HSR tag its own NetId and the LanId, i.e. one of "2"/"3", "4"/"5", "6"/"7", "8"/"9", "A"/"B", "C"/"D" or "E"/"F", depending if it is RedBox A or B.

Conversely, when forwarding a frame from the ring to a PRP network, a RedBox inserts the LanId "A" or "B" into the RCT, depending if it is RedBox A or RedBox B.

5.2.3.7 Connection of one PRP networks to several HSR rings

A PRP network can be connected to any number of HSR rings, but these rings cannot be connected between themselves, neither by QuadBoxes nor by another PRP network since this would create loops (Figure 19).

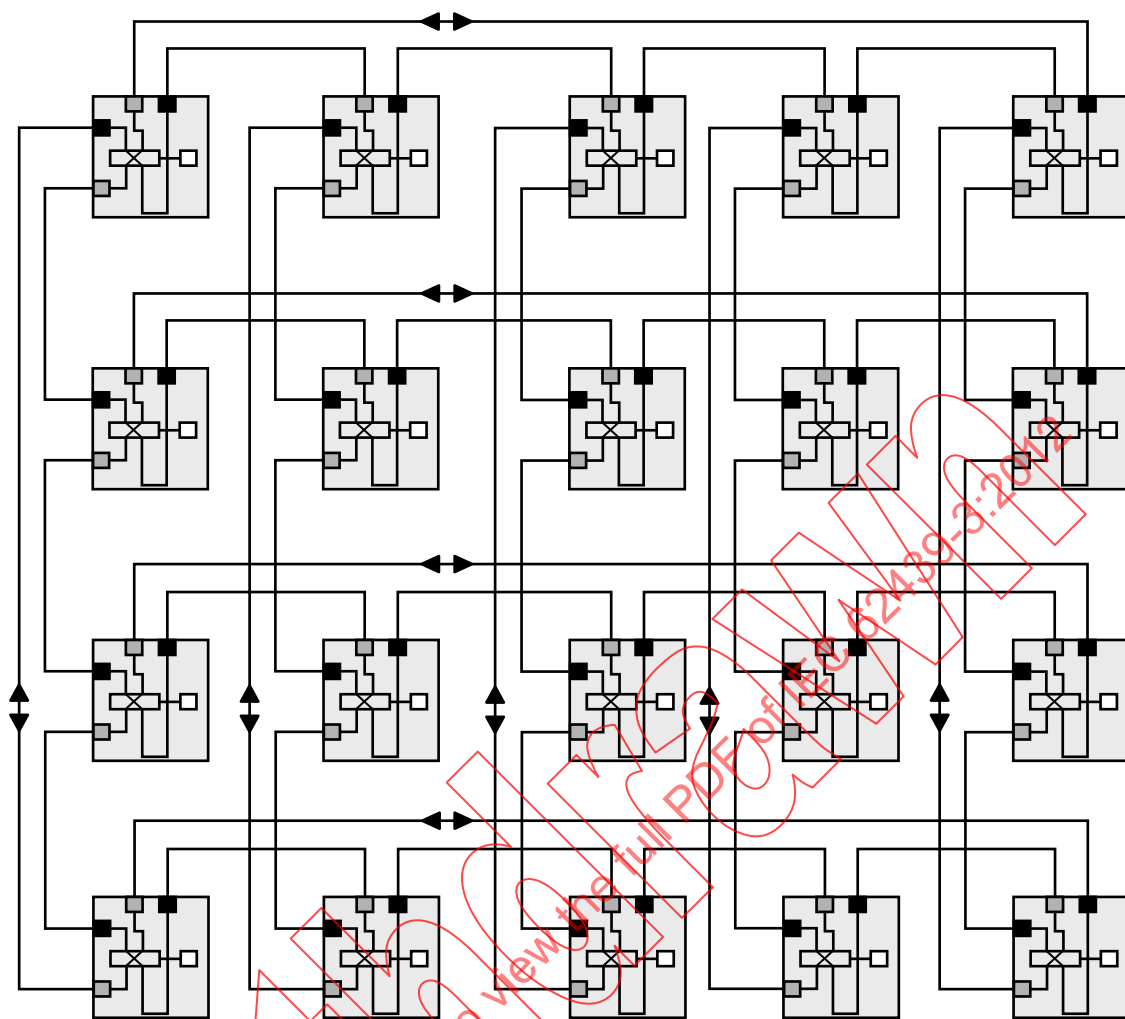


IEC 1146/12

Figure 19 – HSR example of coupling three rings to one PRP LAN

5.2.3.8 Meshed topology

HSR allows any kind of meshing, and provides redundancy as long as the structure is free from single point of failure. For instance, Figure 20 shows for a matrix arrangement of nodes. In this case, nodes have more than two ports operated in parallel that operate like the QuadBoxes. A frame received from one port is forwarded to all other ports except the one that received it, and each port forwards the frame unless it already sent a duplicate.



IEC 1147/12

Figure 20 – HSR example of meshed topology

5.2.4 RedBox structure

Figure 21 shows the general structure of a RedBox:

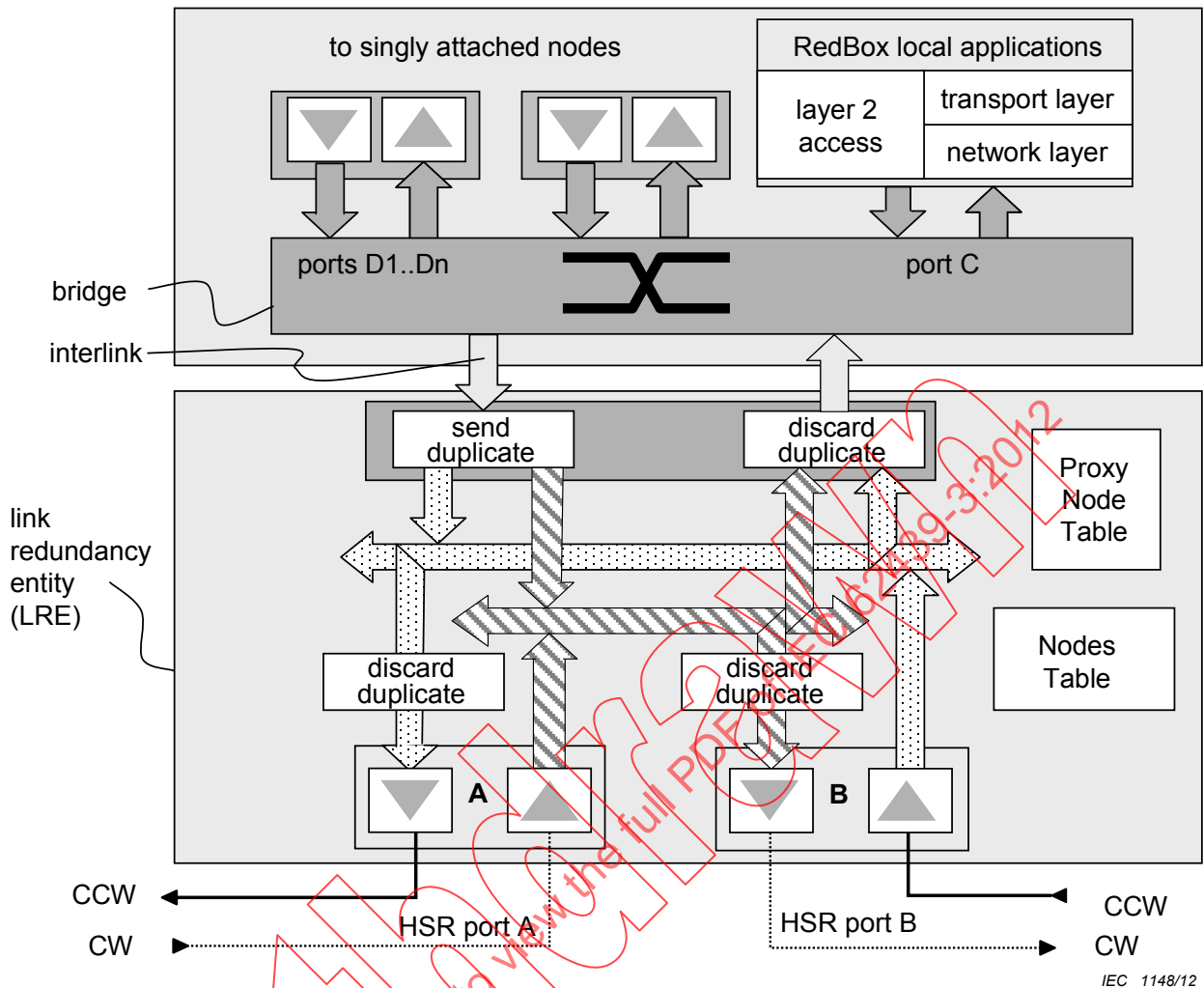


Figure 21 – HSR structure of a RedBox

The RedBox has a LRE that performs the duties of the HSR protocol, in particular:

- forwards the frames received from one HSR port to the other HSR port, unless the frame was sent already;
- receives frames addressed to its own upper protocols;
- prefixes the frames sent by its own upper layers with the corresponding HSR tag before sending two copies over its HSR ports.

A RedBox can be operated in one of three modes: as a SAN connection, as a PRP connection or as an HSR connection (half of a QuadBox). Depending on the mode of operation, the frame handling at the interlink interface of the RedBox differs (see 5.4.2 and 5.4.4).

The switching logic in Figure 21 can be incorporated into the RedBox, so the interlink becomes an internal connection.

A simple RedBox is present in every node, since the LRE makes a transition to a single non-HSR host. Also, it is usual to have more than one host in a node, since a port for maintenance often exists.

5.3 HSR node specifications

5.3.1 HSR operation

5.3.1.1 Node properties

A DANH shall be operable in one of the following modes, which shall be changeable at runtime using management commands:

- Mode H (mandatory, default mode): HSR-tagged forwarding – in this mode, the DANH shall insert the HSR tag on behalf of its host and forwards the ring traffic, except for frames sent by the node itself. Duplicate frames and frames where the node is the unicast destination shall not be forwarded.
- Mode N (optional): No forwarding – in this mode, the node shall behave like mode H with the exception that it shall not forward ring traffic from port to port.
- Mode T (optional): Transparent forwarding – in this mode the DANH shall remove the HSR tag before forwarding the frame to the other port and send a frame from the host to both ports, untagged and without discarding duplicates.
- Mode M (optional): Mixed forwarding HSR-tagged and non HSR-tagged – in this mode, the DANH shall insert the HSR tag depending on local criteria when injecting frames into the ring. HSR tagged frames from ring ports are handled according to Mode H. Non-HSR tagged frames from ring ports are handled according to IEEE 802.1D forwarding rules.
- Mode U (optional): Unicast Forwarding – in this mode, the node shall behave as in Mode H, except that it shall forward unicast traffic for which it is the destination as it does for multicast.

5.3.1.2 Host sequence number

An HSR node shall maintain a sequence number for each MAC address the host uses. The sequence number is initialized with 0.

NOTE The LRE is expected to detect the MAC address of the host by listening to the frames it receives from it. The host MAC address can also be configured into the LRE. Without knowledge of the host MAC address, the LRE forwards all HSR traffic to the host, treating unicast frames as multicast.

5.3.1.3 Host multicast address

A node shall have the ability to filter out at least MulticastFilterSize (see Table 7) multicast addresses or multicast address groups. If the table is not configured, the LRE shall forward all multicast frames to the host and to the other port, duplicates excluded.

5.3.1.4 Host unicast address

A node shall have the ability to communicate its MAC address(es) to the LRE. If the MAC address is not configured, the LRE shall forward all unicast frames to the host and to the other port, duplicates excluded.

5.3.1.5 Host reboot

When a node reboots, it shall refrain from sending frames over its HSR ports during a time NodeRebootTime (see Table 7) and preferably start transmission by sending a supervision frame.

5.3.2 DANH receiving from its link layer interface

For each frame to send on behalf of its link layer interface, a source node shall:

If the node is in Mode T

Do not modify the frame;

Duplicate the frame, enqueue it for sending into both HSR ports

Else if the node is in Mode M

If the local criteria is not met

Insert the HSR tag and increment the sequence number depending on local criteria;

Duplicate the frame, enqueue it for sending into both HSR ports

Else

Do not insert the HSR tag;

Process the frame according to IEEE 802.1D rules

Else

Insert the HSR tag with the sequence number of the host;

Increment the sequence number, wrapping through 0;

Duplicate the frame, enqueue it for sending into both HSR ports

NOTE 1 Enqueuing means that the frame will be sent as soon as no former or higher-priority frames are in the queue and the medium is ready.

NOTE 2 Sending a non-HSR frame to both ports should not cause circulating frames since such frames will not be forwarded by the adjacent HSR node. This mechanism is intended for off-ring configuration of an HSR node through a normal PC.

5.3.3 DANH receiving from an HSR port

A node receiving a frame from one of its HSR ports shall

If this frame is not HSR-tagged:

If the frame is a link local traffic (IEEE 802.1D Table 7-10)

Consume the frame and do not forward it.

Else if the node is in Mode M

Forward according to 802.1D forwarding rules

Else if the node is in Mode T

Enqueue the unchanged frame for passing to its link layer interface.

Enqueue the unmodified frame for sending over the second port.

Else

Enqueue the unchanged frame for passing to its link layer interface.

Do not forward this frame

Else (HSR-tagged frame):

If the node is in Mode T

Remove the HSR tag

Send the modified frame over the second port

Send the modified frame to its link layer interface

Else

If this node is a destination:

If this is the first occurrence of the frame over the link layer interface:

Remove the HSR tag and pass the modified frame to its link layer interface.

Else (this is not the first occurrence of the frame over the link layer interface):

Do not pass the frame to the link layer interface.

Else (if this node is not a destination):

Do not pass the frame to the link layer interface.

If this node is not the only destination (multicast or unicast for another node or the node is in Mode U:

If this is the first occurrence of the frame and the node is not in Mode N:

Enqueue the unmodified frame for sending over the second port

Else (this is not the first occurrence of the frame):

Discard the frame.

Else (If this node is the only (unicast) destination) and the node is not in Mode U :

Discard the frame.

NOTE 1 It is possible that more than one duplicate arrives, especially when rings are coupled.

NOTE 2 A node accepts an HSR tagged frame also if the LanId does not correspond to the PortId and if the LSDUsize does not match the frame size.

5.3.4 DANH forwarding rules

A node shall not send over a port a frame that is a duplicate of a frame previously sent over that port in that same direction. This can also be seen in the behavioural description in 5.3.3.

A node that detects on the base of the signal quality supervision or FCS that the frame is damaged or truncated, shall not forward it. However, if the node operating in cut-through already started forwarding and then detects that the frame is damaged or truncated, it shall append the error sequence foreseen in ISO/IEC 8802-3:2000, 27.3.1.2.2 and then stop transmission of that frame.

If a previously connected port is disconnected from the network, a node shall purge the port's buffer so that it cannot send an obsolete frame, and resume buffering when the port is reconnected.

NOTE 1 These rules remove circulating HSR frames and open the ring, in the same way as an RSTP or similar protocol. It applies to frames originally sourced by the node and to frames circulating in case a device is removed after having sent a frame, and the ring is closed again, for instance by a mechanical bridging device or when a DANH is powered down. In a ring of 50 nodes, a frame comes back to its originator after some 6 ms.

NOTE 2 These conditions enable a node to operate either in store-and-forward or in cut-through mode. Delaying the forwarding of a frame does not affect the worst-case ring delay.

NOTE 3 The Duplicate Discard method of PRP is not a preferred method for discarding duplicates in HSR, since HSR aims at preventing duplicates from circulating.

NOTE 4 The fact that the sequence numbers of the frames sent by one source are not monotonically increasing is not a reason for discarding the frame. This observation can however be used for supervision of the network.

NOTE 5 In cut-through operation, the complete reception of the HSR tag takes approximately 2,4 µs at 100 Mbit/s, after which the node decides to forward the frame or not. In store-and-forward, the complete reception of a frame takes some 123 µs at 100 Mbit/s for the maximum size frame (1 522 octets).

NOTE 6 Cleaning the transmit queues from entries coming from this node should not be necessary, since a transmit queue should empty itself whether the attached link is operational or not.

5.3.5 CoS

For the operation of HSR, priorities and VLANs are not required.

An HSR node is expected, as expressed in its PICS:

- to support at least 2 levels of priority according to IEEE 802.1D (IEEE 802.1p);
- to filter VLAN traffic according to IEEE 802.1Q;
- to filter multicast traffic.

5.3.6 Clock synchronization

Handling of IEC 61588 clocks is described in Annex A.

5.3.7 Deterministic medium access

Deterministic medium access is described in Annex B.

5.4 HSR RedBox specifications

5.4.1 RedBox properties

A RedBox is a device with at least three ports, two of them being ring ports for the HSR protocol, the third port being connected to an interlink.

A RedBox shall behave as a DANH for all traffic for which it is the source or the destination.

In addition to the DANH behaviour, the behaviour of the RedBox Interlink is described in 5.4.2. Since the RedBox distinguishes, on reception from the HSR network, between its internal interfaces and its Interlink, the behaviour of a RedBox upon reception from an HSR network is described in 5.4.4.

A RedBox shall have a configurable NetId that is composed of three bits as defined in 5.7.1. It is used in the HSR tag for frames that were received from the interlink port of the RedBox. A HSR RedBox connection to a PRP LAN will not forward HSR frames of the configured NetId into the PRP LAN.

The NetId of the RedBox shall not be used in the HSR tag of frames generated within the RedBox. Such frame shall use a NetId of zero in the HSR tag instead, or a ring NetId that can be configured separately, with a default value of zero.

A RedBox shall be configurable for one of three modes:

- 1) HSR-SAN: the traffic on the interlink is not HSR, not PRP
- 2) HSR-PRP: the traffic on the interlink is PRP-tagged as “A” or “B”
- 3) HSR-HSR: the traffic on the interlink is HSR-tagged.

NOTE 1 A RedBox itself implements at least a management interface.

NOTE 2 A RedBox is expected to have its own IP address, especially for configuration messages. It can be accessed over the interlink or over the HSR ports.

NOTE 3 The interlink can be an internal connection if the RedBox serves as bridge at the same time.

5.4.2 RedBox receiving from interlink

When receiving a frame from its interlink port, a RedBox shall:

If the frame carries a HSR tag:

If the node is in Mode T

Remove the HSR tag

Enqueue the modified frame to the link layer interface of the RedBox

Enqueue the modified frame into each HSR port

Else if the RedBox operates in HSR-HSR mode

If the RedBox is a destination of the frame

If this is not the first occurrence of the frame at the link layer interface

Discard the frame

Else (If this is the first occurrence of the frame at the link layer interface)

Remove the HSR tag

Enqueue to the link layer interface of the RedBox

If the frame is to be injected into the ring (RedBox is not only destination, Multicast/VLAN is ok)

If this is not the first occurrence of the frame
 Discard the frame (already sent over that port)
 Else (If this is the first occurrence of the frame)
 Enqueue the unmodified frame into each HSR port
 Else (If the RedBox does not operate in HSR-HSR mode)
 Discard the frame
 Else if the frame carries a PRP RCT and the RedBox is in HSR-PRP mode
 If the node is in Mode T
 Remove the PRP RCT
 Enqueue the modified frame to the link layer interface of the RedBox
 Enqueue the modified frame into each HSR port
 Else
 If the source MAC address is not already registered:
 Create an entry in the ProxyNodeTable;
 If the PRP tag does not correspond to the LanId of the RedBox "A" or "B"
 Increment the error counter lreCntWrongLanIdC;
 If the RedBox is a destination of the frame
 If this is not the first occurrence of the frame at the link layer interface
 discard the frame
 Else
 Enqueue to the link layer interface of the RedBox (with the PRP RCT)
 If the frame is to be injected into the ring (RedBox is not sole destination and multicast/VLAN is ok)
 If this is not the first occurrence of the frame at each HSR port
 Discard the frame (already sent over that port)
 Else (If this is the first occurrence of the frame at each HSR port)
 Reuse the PRP sequence number and the RedBox's path identifier to build the HSR tag
 Enqueue the frame into each HSR port
 Else (if the frame carries neither a HSR tag nor a PRP RCT)
 If the node is in Mode T
 Enqueue the unmodified frame to the link layer interface of the RedBox
 Enqueue the unmodified frame into each HSR port
 Else if the node is in Mode M
 Forward according to 802.1D forwarding rules
 Else
 If the source MAC address is not already registered in the ProxyNodeTable:
 Create an entry in the ProxyNodeTable;
 Else (If the source is already registered)
 If the RedBox is a destination of the frame:
 Enqueue to the link layer interface of the RedBox
 If the frame is to be injected into the ring (RedBox is not sole destination and multicast/VLAN is ok)
 Append the HSR tag using the sequence number of that node
 Increment the sequence number of that source;
 Enqueue the tagged frame into each HSR port

NOTE Reception of an HSR frame over the interlink is considered as a configuration error in PRP connection mode. If the RedBox is used as one half of a QuadBox in HSR connection mode, then the interlink will only carry

HSR traffic. In HSR-HSR mode, the interlink is handled as an additional HSR port intended for QuadBox coupling and thus does not use a ProxyNodeTable, unlike PRP-HSR and SAN-HSR RedBoxes. The RedBox implements a NodesTable to record the presence of HSR nodes.

5.4.3 RedBox forwarding on the ring

In addition to the forwarding rules of 5.3.4, a RedBox shall not forward in the ring a unicast frame that is intended for one of the nodes that are registered in the ProxyNodeTable. This condition is enabled by default and can be disabled by setting the RedBox to Mode U.

5.4.4 RedBox receiving from an HSR port

A RedBox that receives a valid frame over one HSR port shall:

If this frame is not HSR-tagged:

If the frame is a link local traffic (IEEE 802.1D Table 7-10)

Consume the frame and do not forward it.

Else if the node is in Mode M

Enqueue the unchanged frame for passing to the interlink.

Forward according to 802.1D forwarding rules

Else if the node is in Mode T

Enqueue the unchanged frame for passing to its link layer interface.

Enqueue the unmodified frame for sending over the second port.

Else

Enqueue the unchanged frame for passing to its link layer interface.

Do not forward this frame

Else (frame is HSR-tagged):

If the node is in Mode T

Remove the HSR tag

Send the modified frame over the second port

Send the modified frame to its link layer interface

Else

If this node is a destination:

If this is the first occurrence of the frame over the link layer interface:

Remove the HSR tag and pass the modified frame to its link layer interface.

Else (this is not the first occurrence of the frame over the link layer interface):

Do not pass the frame to the link layer interface.

Else (if this node is not a destination):

Do not pass the frame to the link layer interface.

If this node is not the only destination (multicast or unicast for another node or the node is in Mode U):

If this is the first occurrence of the frame and the node is not in Mode N:

Enqueue the unmodified frame for sending over the second port.

Else (this is not the first occurrence of the frame or the node is in Mode N):

Do not enqueue the unchanged frame to the second HSR port.

If this is the first occurrence of the frame in direction of the interlink:

If the RedBox is in SAN mode:

Remove the HSR tag;

If Source in the ProxyNodeTable

Discard the frame

Else

Enqueue frame for passing to the interlink.

Else if the RedBox is in PRP mode:

- If the netId matches that of the RedBox
 - Discard the frame
- Else
 - Remove the HSR tag and append the PRP RCT with LanId (“A” or “B”) of the RedBox and reusing the HSR sequence number.
 - Enqueue frame for passing to the interlink.

Else (if the RedBox is in HSR mode)

- Do not modify the frame.
- Enqueue frame for passing to the interlink.

Else (If this is not the first occurrence of the frame in direction of the interlink):

- Discard the frame

Else (If this node is the only (unicast) destination) and the node is not in Mode U :

- Discard the frame.

NOTE For HSR-HSR connection only, a RedBox does not check if the frame was sent by one of the nodes for which it is a proxy since it cannot distinguish if the frame could have been sent by a redundant RedBox.

5.4.5 RedBox receiving from its link layer interface

A RedBox that receives a valid frame from its link layer interface shall:

If the node is in Mode T

- Do not modify the frame;
- Duplicate the frame, enqueue it for sending into both HSR ports

Else if the node is in Mode M

- Insert the HSR tag and increment the sequence number depending on local criteria
- Forward depending on local criteria

Else

- If the RedBox is in SAN mode:
 - Enqueue frame for passing to the interlink.
- Else if the RedBox is in PRP mode:
 - Insert the PRP RCT with the sequence number of the host;
 - Enqueue frame for passing to the interlink.
- Else (if the RedBox is in HSR mode)
 - Insert the HSR tag with the sequence number of the host;
 - Enqueue frame for passing to the interlink.

Duplicate the frame, enqueue it for sending into both HSR ports

5.4.6 Redbox ProxyNodeTable handling

A RedBox shall hold a ProxyNodeTable containing an entry for each represented association, and supporting at least ProxyNodeTableMaxEntries entries.

A RedBox shall purge the entry of a node in the ProxyNodeTable with a configurable time-out (default of ProxyNodeTableForgetTime) for non-receiving frames of this node.

NOTE The actual size of the ProxyNodeTable is indicated in the PICS.

5.4.7 RedBox CoS

Same as 5.3.5, except that RedBox is expected to support more VLANs and more complex and comprehensive options for engineering traffic flow in the network on higher protocol layers, e.g. multicast filtering rules, than a simple node.

5.4.8 RedBox clock synchronization

Handling of IEC 61588 clocks is described in Annex A.

5.4.9 RedBox medium access

Same as 5.3.7, except that the RedBox shall be able to aggregate several nodes for which it acts as a proxy.

5.5 QuadBox specification

A Quadbox shall operate conceptually as two RedBoxes in HSR-HSR mode, back-to-back.

5.6 Duplicate Discard method

For the purpose of Duplicate Discard, a frame shall be identified by:

- its source MAC address;
- its sequence number.

NOTE It is possible to use in addition other fields of the frame such as the checksum to aid in duplicate detection.

The Duplicate Discard method is not specified.

Any Duplicate Discard method shall be able to forget an entry identified by <Source MAC Address><Sequence number> after a time EntryForgetTime

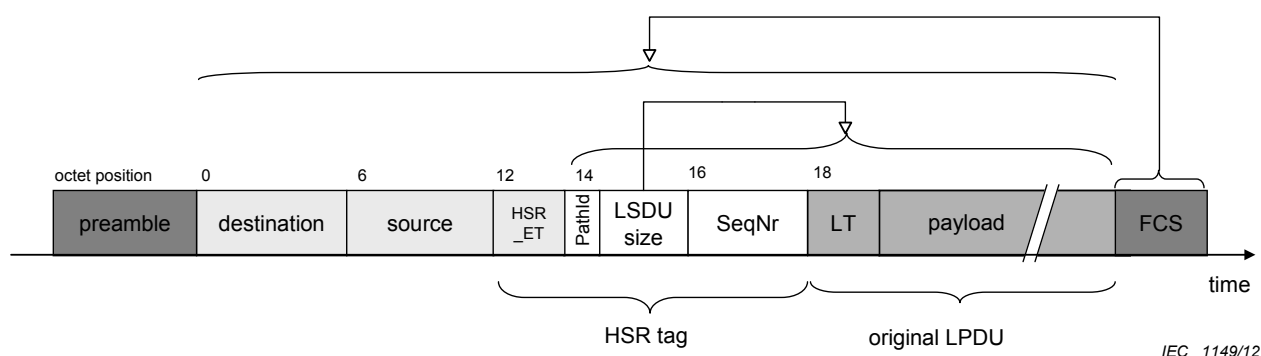
5.7 Frame format for HSR

5.7.1 Frame format for all frames

HSR frames are identified uniquely by their HSR tag.

The HSR tag consists of:

- 16-bit Ethertype (HSR_EtherType = 0x892F)
- 4-bit path identifier (PathId)
- 12 bit frame size (LSDUsize)
- 16-bit sequence number (SeqNr)



IEC 1149/12

Figure 22 – HSR frame without a VLAN tag

The 4-bit PathId field prevents reinjection of frames coming from one PRP network to another PRP network.

The 3 most significant bits of the 4-bit path field are the NetId with values 0 for regular HSR frames, 1-6 for frames originating from a PRP network (up to 6 networks supported, might also be used for other HSR networks in the future), 7 is reserved.

The least significant bit of the 4-bit path field is the LaneId. This bit indicates for a frame coming from a PRP network if it has been received over portA or portB of a RedBox.

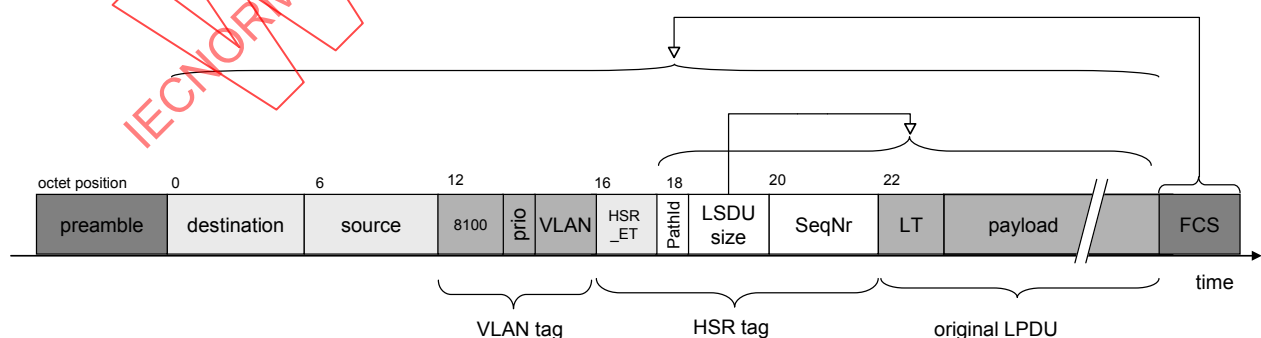
For frames that originate from within the HSR ring, LaneId may be set to 0 or to 1 to indicate the sending port (A = 0, B = 1).

The allocation of the 4-bit PathId field is:

- 0000 – 0001 frame from an HSR node (A/B)
- 0010 – 1111 frames from one of 7 PRP networks (A/B)

If the frame carries a VLAN tag according to IEEE 802.1Q, the HSR tag shall be inserted after the VLAN tag.

The same frame with a VLAN tag is shown in Figure 23.



IEC 1150/12

Figure 23 – HSR frame with VLAN tag

The minimum frame size (including the destination MAC address and the FCS) shall be 70 octets with no VLAN tag and 74 octets with a VLAN tag. The padding shall be inserted between payload and FCS.

NOTE 1 The LSDUsize has the same definition as in PRP and includes possible padding.

NOTE 3 The minimum frame size ensures that the frame will meet the ISO/IEC 8802-3 minimum frame size of 64 octets after removal of the HSR tag and of the VLAN tag.

5.7.2.1 Sending

NOTE The frame has been padded to 70 octets (no VLAN), respectively 74 octets (with VLAN) since the LRE can remove the HSR tag (6 octets) and VLAN tag (4 octets) when passing the frame to the upper layers.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
				msb	U/L	I/G							
HSR_DestinationAddress = multicast (01-15-4E-00-01-XX)													
							Isb						
				msb	U/L	0							
SourceAddress (MAC address of the node)													
							Isb						
HSR_EtherType													
pathId				HSR_LSDUsize = 52 (with padding)									
SeqNr													
SupEthertype													
SupPath				SupVersion									
SupSequenceNumber													
TLV1.Type = 23							TLV1.Length = 6						
				msb	U/L	0							
MacAddress (MAC address of the DANH)													
TLV2.Type = 30							TLV2.Length = 6						
				msb	U/L	0							
RedBoxMacAddress													
							Isb						
TLV3.Type = 0							TLV3.Length = 0						

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0					msb	U/L	I/G								
2	HSR_DestinationAddress = multicast (01-15-4E-00-01-XY)														
4								lsb							
6					msb	U/L	0								
8	SourceAddress (MAC address of the node)														
10								lsb							
12	HSR_EtherType														
14	pathId				HSR_LSDUsize = 52 (with padding)										
16	SeqNr														
18	SupEthertype														
20	SupPath				SupVersion										
22	SupSequenceNumber														
24	TLV1.Type = 23							TLV1.Length = 6							
26					msb	U/L	0								
28	MacAddress (MAC address of the DANH)														
30															
32	TLV2.Type = 30							TLV2.Length = 6							
34					msb	U/L	0								
36	RedBoxMacAddress														
38								lsb							
40	TLV0.Type = 0							TLV0.Length = 0							
Padding to 70 octets (64 + 6 + 0 VLAN)															
64															
66	FCS														
68															
70															

Table 6 – HSR_Supervision frame with optional VLAN tag

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0						msb	U/L	I/G								
2																
4									lsb							
6						msb	U/L	0								
8																
10									lsb							
12																
14																
16																
18																
20																
22																
24																
26																
28																
30						msb	U/L	0								
32																
34																
36																
38						msb	U/L	0								
40																
42									lsb							
44																
46																
68																
70																
72																
74																

NOTE 1 The format of the frame is nearly identical to that of the PRP supervision frames.

NOTE 2 The Supervision frames allow the NodesTable to keep track of the presence of other nodes identified by their MAC address. When a node does not send a Supervision frame within a given timeout (in the order of one minute), its address is removed from the NodesTables if such are used.

5.7.2.2 HSR_Supervision frame contents

The content of the HSR_Supervision frame shall be defined as follows:

HSR_DestinationAddress	Reserved multicast address 01-15-4E-00-01-XX. By default XX is "00", but if conflicts arise, XX can be configured to take any value between 0x00 and 0xFF.
SourceAddress	MAC address of the node.
VLAN tag (optional)	802.1Q tag if used.
HSR_EtherType	Ethertype of the HSR protocol, see 5.7.1
PathId	Path over which this frame was sent, in particular, identification of the PRP network.
LSDUsize	Size of the LSDU in octets.

SeqNr	SendSeq of the sender.
SupEthertype	Ethertype for supervision frames, shall be 0x88FB
SupPath	Unused, set to 0
SupVersion	Protocol version, set to "1" (one) for this version of HSR.

Implementation of version X of the protocol shall interpret version >X as if they were version X, ignoring any parameters and/or flags added by the more recent version, and interpret version <=X exactly as specified for the version concerned. The version shall not exceed the value of 64.

SupSequenceNumber	Sequence number of the supervision frames
TLV1.Type	Has a value of 23 to indicate that it is an HSR node in normal operation. Other values are reserved.
TLV1.Length	Indicates the length of the following MAC address.
MacAddress	MAC address used by the sender.
TLV2.Type	Source node identifier set to 30 if the source node is a RedBox (see 4.3.3)
TLV2.Length	Indicates the length of the following MAC address.
RedBoxMacAddress	MAC addresses used by the RedBox on its interlink.
TLV0.Type	Closing TLV, set to 0
TLV0.Length	Closing TLV, set to 0

5.7.2.3 Reception of a HSR_Supervision frame and NodesTable

When receiving a first HSR_Supervision frame over any ring port, a node shall create an entry in the NodesTable corresponding to the MacAddress of that source as indicated in the message body, not in the source address of the frame, and register the port over which this frame came.

Subsequent reception of frames shall be registered with the objective of identifying reception errors.

5.7.2.4 Non-Reception of a HSR_Supervision frame

When a device detects another device as non-existent, it shall, if this device resumes transmission, accept frames from that device as if that device had not been connected before.

NOTE The mechanism to detect non-existing devices is not specified, it can be assumed that reading the NodesTable resets or reads a frame counter.

5.8 Constants

The constant parameters are shown in Table 7.

NOTE Other values are allowed at the user's responsibility.

Table 7 – HSR Constants

Constant	Description	Default value
LifeCheckInterval	How often a node sends a HSR_Supervision frame	2 000 ms
NodeForgetTime	Time after which a node entry is cleared in the NodesTable	60 000 ms
ProxyNodeTableForgetTime	Time after which a node entry is cleared in the ProxyNodeTable	60 000 ms
ProxyNodeTableMaxEntries	Maximum number of entries in the ProxyNodeTable	512
EntryForgetTime	Time after which an entry is removed from the duplicates	400 ms
NodeRebootInterval	Minimum time during which a node that reboots remains silent	500 ms
MulticastFilterSize	Number of multicast addresses to be filtered	16

5.9 HSR service specification

Objects in the LRE, e.g. error counters, can be accessed from an application running on the same node using direct calls or from an application on another node using a management protocol such as SNMP or a specific protocol such as IEC 61850.

All LRE objects are described in Clause 7 as a Management Information Base (MIB) conformant to SNMP, which is common for PRP and HSR.

For better understanding of the MIB counters, Figure 24 shows the structure of a node with the entities that maintain the counters.

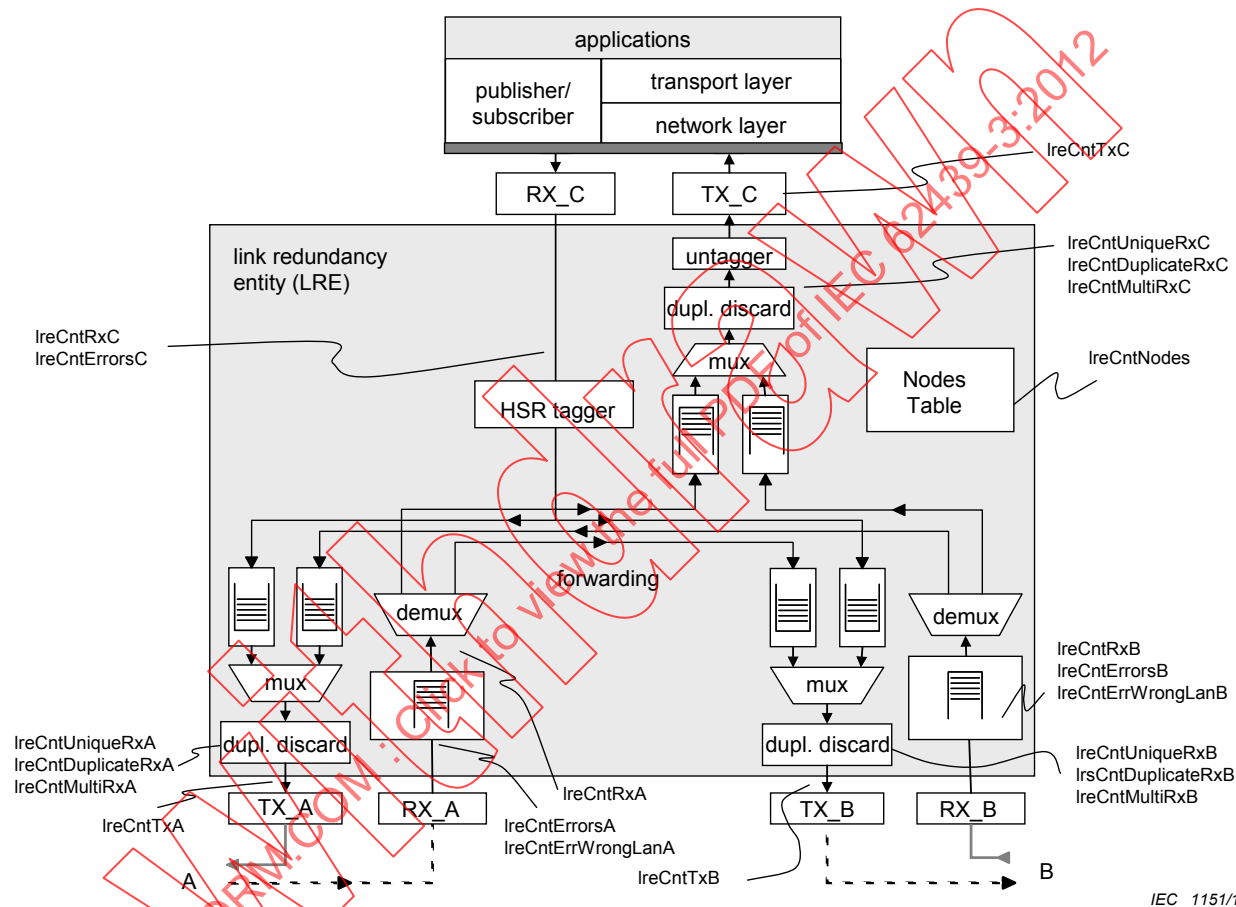


Figure 24 – HSR node with management counters

Figure 25 shows the management information base for a RedBox.

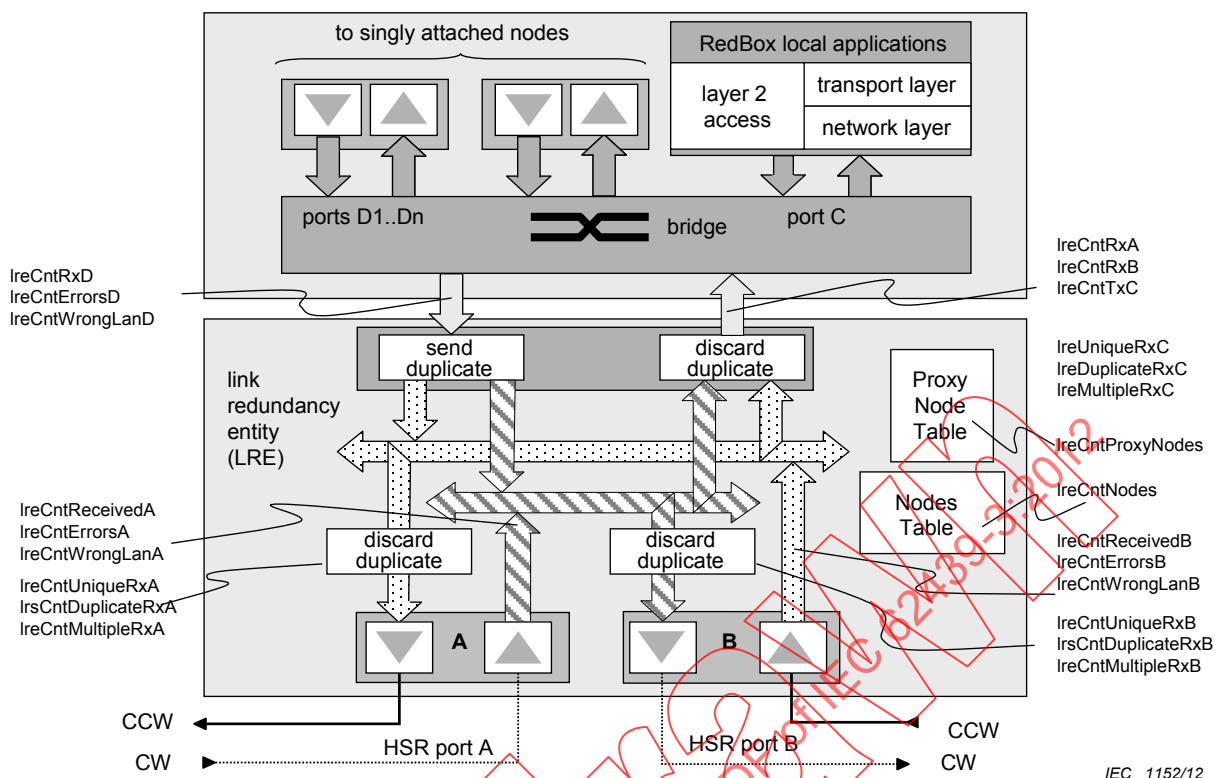


Figure 25 – HSR RedBox with management counters

6 Protocol Implementation Conformance Statement (PICS)

The PICS shall indicate if the following options are supported:

- **SNMP_MIB:** ability to support the SNMP MIB
- **NTAB_SIZ:** number of entries in the NodesTable (=0 no NodesTable)
- **PRIQ_QTY:** number of supported priorities
- **VLAN_QTY:** number of supported VLANs
- **MULT_QTY:** number of filtered multicast addresses
- **CLK_1588:** support of IEC 61588 synchronization
- **PRP_SRP:** ability to perform as non-bridging node with no PRP
- **PRP_RSTP:** ability to perform as a RSTP bridge element with designated port role
- **PRP_MRP:** ability to perform as a MRP bridge element (client or master)
- **HSR_H:** ability to support HSR mode H (default)
- **HSR_N:** ability to support HSR mode N.
- **HSR_M:** ability to support HSR mode M
- **HSR_T:** ability to support HSR mode T
- **HSR_U:** ability to support HSR mode U
- **RBX_PRP:** RedBox with PRP ports
- **RBX_HSR:** RedBox with HSR ports
- **QBX_HSR:** QuadBox integrating two RedBoxes
- **RBX_PNT:** number of entries in the ProxyNodeTable

7 PRP/HSR Management Information Base (MIB)

The MIB objects reflect the arguments of the service parameters which bear the same name, with an uppercase first letter. If the PICS option SNMP_MIB is true, the MIB data structures defined in this Clause shall be available at OID = 1.0.62439 in addition to the MIBs that the ports may provide, with the following definition.

```
-- *****
IEC-62439-3-MIB DEFINITIONS ::= BEGIN
-- *****
-- Imports
-- *****
IMPORTS

    MODULE-IDENTITY, OBJECT-TYPE,
    Counter32, TimeTicks, Integer32, Unsigned32          FROM SNMPv2-SMI
    OBJECT-GROUP, MODULE-COMPLIANCE                      FROM SNMPv2-CONF
    TruthValue, RowStatus, MacAddress, DisplayString     FROM SNMPv2-TC;
-- *****
-- Root OID
-- *****

iec62439 MODULE-IDENTITY

    LAST-UPDATED "201202170000Z" -- February 17, 2012
    ORGANIZATION "IEC/SC 65C"
    CONTACT-INFO "
        International Electrotechnical Commission
        IEC Central Office
        3, rue de Varembe
        P.O. Box 131
        CH - 1211 GENEVA 20
        Switzerland
        Phone: +41 22 919 02 11
        Fax: +41 22 919 03 00
        email: info@iec.ch
    "

    DESCRIPTION "
        This MIB module defines the Network Management interfaces
        for the redundancy protocols defined by the IEC 62439 suite.
    "

    REVISION "201202170000Z" -- February 17, 2012
    DESCRIPTION "
        Consistency brought into line to mrp, crp, brp mibs
    "

    REVISION "201108260000Z" -- August 26, 2011
    DESCRIPTION "
        This MIB is aligned with the changes to PRP and HSR as defined in the
        Amendment to IEC 62439-3
    "

    REVISION "200811100000Z" -- November 10, 2008
    DESCRIPTION "
        Separation of IEC 62439 into a suite of documents.
        This MIB applies to IEC 62439-3, added HSR functionality
    "

    REVISION "200612160000Z" -- December 16, 2006
    DESCRIPTION "
        Initial version of the Network Management interface for the
        Parallel Redundancy Protocol
    "

    ::= { iso std(0) 62439 }

-- *****
-- Redundancy Protocols
-- *****

mrp OBJECT IDENTIFIER ::= { iec62439 1 }
prp OBJECT IDENTIFIER ::= { iec62439 2 }
crp OBJECT IDENTIFIER ::= { iec62439 3 }
brp OBJECT IDENTIFIER ::= { iec62439 4 }
drp OBJECT IDENTIFIER ::= { iec62439 5 }
```

```

rrp OBJECT IDENTIFIER ::= { iec62439 6 }

-- *****
-- Objects of the PRP Network Management
-- *****

linkRedundancyEntityNotifications OBJECT IDENTIFIER ::= { prp 20 }
linkRedundancyEntityObjects       OBJECT IDENTIFIER ::= { prp 21 }
linkRedundancyEntityConformance   OBJECT IDENTIFIER ::= { prp 22 }

-- *****
lreConfiguration      OBJECT IDENTIFIER ::= { linkRedundancyEntityObjects 0 }
lreStatistics         OBJECT IDENTIFIER ::= { linkRedundancyEntityObjects 1 }
lreConfigurationGeneralGroup OBJECT IDENTIFIER ::= { lreConfiguration 0 }
lreConfigurationInterfaceGroup OBJECT IDENTIFIER ::= { lreConfiguration 1 }
lreStatisticsInterfaceGroup OBJECT IDENTIFIER ::= { lreStatistics 1 }

-- *****
-- Objects for lreConfigurationGeneralGroup
-- *****

lreManufacturerName OBJECT-TYPE
    SYNTAX      DisplayString
    MAX-ACCESS   read-only
    STATUS      current
    DESCRIPTION  "specifies the name of the LRE device manufacturer"
    ::= { lreConfigurationGeneralGroup 1 }

lreInterfaceCount OBJECT-TYPE
    SYNTAX      Integer32
    MAX-ACCESS   read-only
    STATUS      current
    DESCRIPTION  "total number of LREs present in this system."
    ::= { lreConfigurationGeneralGroup 2 }

-- *****
-- Objects for lreConfigurationInterfaceGroup
-- *****

lreConfigurationInterfaces OBJECT IDENTIFIER
::= { lreConfigurationInterfaceGroup 0 }

-- *****
-- ***Begin LRE InterfacesConfigTable***
-- *****

lreInterfaceConfigTable OBJECT-TYPE
    SYNTAX      SEQUENCE OF LREInterfaceConfigEntry
    MAX-ACCESS   not-accessible
    STATUS      current
    DESCRIPTION  "
        list of PRP/HSR LREs. Each entry corresponds
        to one PRP/HSR Link Redundancy Entity (LRE), each representing
a
        pair of LAN ports A and B. Basic devices supporting PRP/HSR may
complex
        have only one LRE and thus one entry in the table, while more
        devices may have several entries for multiple LREs.
    "
    ::= { lreConfigurationInterfaces 1 }

lreInterfaceConfigEntry OBJECT-TYPE
    SYNTAX      LREInterfaceConfigEntry
    MAX-ACCESS   not-accessible
    STATUS      current
    DESCRIPTION  "
        each entry contains management information applicable to a
        particular LRE.
    "
    INDEX       { lreInterfaceConfigIndex }
    ::= { lreInterfaceConfigTable 1 }

LREInterfaceConfigEntry ::=
    SEQUENCE {
        lreInterfaceConfigIndex Unsigned32,
        lreRowStatus             RowStatus,

```

```

        lreNodeType          INTEGER,
        lreNodeName          DisplayString,
        lreVersionName       OCTET STRING,
        lreMacAddress         MacAddress,
        lrePortAdminStateA   INTEGER,
        lrePortAdminStateB   INTEGER,
        lreLinkStatusA       INTEGER,
        lreLinkStatusB       INTEGER,
        lreDuplicateDiscard   INTEGER,
        lreTransparentReception INTEGER,
        lreHsrLREMode         INTEGER,
        lreSwitchingEndNode   INTEGER,
        lreRedBoxIdentity     INTEGER,
        lreEvaluateSupervision TruthValue,
        lreNodesTableClear    INTEGER,
        lreProxyNodeTableClear INTEGER
    }

lreInterfaceConfigIndex OBJECT-TYPE
    SYNTAX      Unsigned32
    MAX-ACCESS   not-accessible
    STATUS      current
    DESCRIPTION  "A unique value for each LRE."
 ::= { lreInterfaceConfigEntry 1 }

lreRowStatus OBJECT-TYPE
    SYNTAX      RowStatus
    MAX-ACCESS   read-create
    STATUS      current
    DESCRIPTION  "indicates the status of the LRE table entry"
 ::= { lreInterfaceConfigEntry 2 }

lreNodeType OBJECT-TYPE
    SYNTAX      INTEGER
                {
                    prpmodel (1),
                    hsr      (2)
                }
    MAX-ACCESS   read-write
    STATUS      current
    DESCRIPTION  "
                specifies the operation mode of the LRE:

                PRP mode 1 (1)
                HSR mode 2 (2)

                Note: PRP mode 0 is considered deprecated and is not supported
by this
                revision of the MIB
                "
 ::= { lreInterfaceConfigEntry 3 }

lreNodeName OBJECT-TYPE
    SYNTAX      DisplayString
    MAX-ACCESS   read-write
    STATUS      current
    DESCRIPTION  "specifies this LRE's node name"
 ::= { lreInterfaceConfigEntry 4 }

lreVersionName OBJECT-TYPE
    SYNTAX      OCTET STRING (SIZE(1..32))
    MAX-ACCESS   read-only
    STATUS      current
    DESCRIPTION  "specifies the version of this LRE's software"
 ::= { lreInterfaceConfigEntry 5 }

lreMacAddress OBJECT-TYPE
    SYNTAX      MacAddress
    MAX-ACCESS   read-write
    STATUS      current
    DESCRIPTION  "
                Specifies the MAC address to be used by this LRE. MAC addresses
are
                identical for all ports of a single LRE
                "

```

::= { lreInterfaceConfigEntry 6 }

lrePortAdminStateA	OBJECT-TYPE
SYNTAX	INTEGER
	{
	notActive (1),
	active (2)
	}
MAX-ACCESS	read-write
STATUS	current
DESCRIPTION	"
	Specifies whether the port A shall be active or not Active
through	administrative action (Default: active).
	"

::= { lreInterfaceConfigEntry 7 }

lrePortAdminStateB	OBJECT-TYPE
SYNTAX	INTEGER
	{
	notActive (1),
	active (2)
	}
MAX-ACCESS	read-write
STATUS	current
DESCRIPTION	"
	Specifies whether the port B shall be active or not Active
through	administrative action (Default: active).
	"

::= { lreInterfaceConfigEntry 8 }

lreLinkStatusA	OBJECT-TYPE
SYNTAX	INTEGER
	{
	up (1),
	down (2)
	}
MAX-ACCESS	read-only
STATUS	current
DESCRIPTION	"shows the actual link status of the LRE's port A"

::= { lreInterfaceConfigEntry 9 }

lreLinkStatusB	OBJECT-TYPE
SYNTAX	INTEGER
	{
	up (1),
	down (2)
	}
MAX-ACCESS	read-only
STATUS	current
DESCRIPTION	"shows the actual link status of the LRE's port B"

::= { lreInterfaceConfigEntry 10 }

lreDuplicateDiscard	OBJECT-TYPE
SYNTAX	INTEGER
	{
	doNotDiscard (1),
	discard (2)
	}
MAX-ACCESS	read-write
STATUS	current
DESCRIPTION	"
	specifies whether a duplicate discard algorithm is used at
reception	(Default: discard).
	"

::= { lreInterfaceConfigEntry 11 }

lreTransparentReception	OBJECT-TYPE
SYNTAX	INTEGER
	{
	removeRCT (1),

```

        passRCT (2)
    }
    MAX-ACCESS      read-write
    STATUS          current
    DESCRIPTION     "
        if removeRCT is configured, the RCT is removed when forwarding
to the upper
        layers, only applicable for PRP LRE (Default: removeRCT).
    "
::= { lreInterfaceConfigEntry 12 }

lreHsrLREMode
SYNTAX
OBJECT-TYPE
INTEGER
{
    modeh (1),
    moden (2),
    modet (3),
    modeu (4),
    modem (5)
}
MAX-ACCESS      read-write
STATUS          current
DESCRIPTION     "
        This enumeration is only applicable if the LRE is an HSR
bridging node or RedBox.
        It shows the mode of the HSR LRE:
        (1) Default mode: The HSR LRE is in mode h and bridges tagged
HSR traffic
        (2) Optional mode: The HSR LRE is in mode n and bridging
between its HSR ports
        Is disabled.
        Traffic is HSR tagged.
        (3) Optional mode: The HSR LRE is in mode t and bridges non-
tagged HSR traffic
        between its HSR ports
        (4) Optional mode: The HSR LRE is in mode u and behaves like in
mode h, except it
        does not remove unicast messages
        (5) Optional mode: The HSR LRE is configured in mixed mode. HSR
frames are handled
        according to mode h. Non-HSR frames are handled according to
802.1D bridging rules.
    "
::= { lreInterfaceConfigEntry 13 }

lreSwitchingEndNode
SYNTAX
OBJECT-TYPE
INTEGER
{
    nonbridgingnode(1),
    bridgingunspecified(2),
    prpnode(3),
    hsrredboxsan(4),
    hsrnode(5),
    hsrredboxhsr(6),
    hsrredboxprpa(7),
    hsrredboxprpb(8)
}
MAX-ACCESS      read-write
STATUS          current
DESCRIPTION     "
        This enumeration shows which feature is enabled in this
particular LRE:
        (1): an unspecified non-bridging node, e.g. SRP.
        (2): an unspecified bridging node, e.g. RSTP.
        (3): a PRP node/RedBox.
        (4): an HSR RedBox with regular Ethernet traffic on its
interlink.
        (5): an HSR switching node.
        (6): an HSR RedBox with HSR tagged traffic on its interlink.
        (7): an HSR RedBox with PRP traffic for LAN A on its interlink.
        (8): an HSR RedBox with PRP traffic for LAN B on its interlink.
    "
::= { lreInterfaceConfigEntry 14 }

lreRedBoxIdentity
SYNTAX
OBJECT-TYPE
INTEGER

```

```

        {
            id1a (2),
            id1b (3),
            id2a (4),
            id2b (5),
            id3a (6),
            id3b (7),
            id4a (8),
            id4b (9),
            id5a (10),
            id5b (11),
            id6a (12),
            id6b (13),
            id7a (14),
            id7b (15)
        }
MAX-ACCESS      read-write
STATUS          current
DESCRIPTION     "
used by        Applicable to RedBox HSR-PRP A and RedBox HSR-PRP B. One ID is
B)             one pair of RedBoxes (one configured to A and one configured to
the value      coupling an HSR ring to a PRP network. The integer value states
from its       of the path field a RedBox inserts into each frame it receives
binary values, interlink and injects into the HSR ring. When interpreted as
the following  the LSB denotes the configuration of the RedBox (A or B), and
               3 bits denote the identifier of a RedBox pair.
               "
::= {lreInterfaceConfigEntry 15}

lreEvaluateSupervision OBJECT-TYPE
SYNTAX               TruthValue
MAX-ACCESS          read-write
STATUS              current
DESCRIPTION         "
it                  True if the LRE evaluates received supervision frames. False if
required            drops the supervision frames without evaluating. Note: LREs are
value is dependent  to send supervision frames, but reception is optional. Default
on implementation.
::= { lreInterfaceConfigEntry 16}

lreNodesTableClear OBJECT-TYPE
SYNTAX              INTEGER
{
    noOp (0),
    clearNodeTable (1)
}
MAX-ACCESS          read-write
STATUS              current
DESCRIPTION         "specifies that the Node Table is to be cleared"
::= { lreInterfaceConfigEntry 17}

lreProxyNodeTableClear OBJECT-TYPE
SYNTAX              INTEGER
{
    noOp (0),
    clearProxyNodeTable (1)
}
MAX-ACCESS          read-write
STATUS              current
DESCRIPTION         "specifies that the Proxy Node Table is to be cleared"
::= { lreInterfaceConfigEntry 18}

-- *****
-- *** End lreInterfaceConfigTable ***
-- *****

```

```

-- *****
-- Objects for lreStatisticsInterfacesGroup
-- *****

lreStatisticsInterfaces OBJECT IDENTIFIER
::= { lreStatisticsInterfaceGroup 0 }

-- *****
-- ***Begin LRE InterfacesStatsTable ***
-- *****

lreInterfaceStatsTable OBJECT-TYPE
    SYNTAX          SEQUENCE OF LREInterfaceStatsEntry
    MAX-ACCESS      not-accessible
    STATUS          current
    DESCRIPTION     "
        list of PRP/HSR LREs. Each entry corresponds
        to one PRP/HSR Link Redundancy Entity (LRE), each representing
        a pair of LAN ports A and B and a port C towards the
        application/interlink. Basic devices supporting PRP/HSR may have only one LRE and thus
        one entry in the table, while more complex devices may have several entries
        for multiple LREs.
        "
    ::= { lreStatisticsInterfaces 1 }

lreInterfaceStatsEntry OBJECT-TYPE
    SYNTAX          LREInterfaceStatsEntry
    MAX-ACCESS      not-accessible
    STATUS          current
    DESCRIPTION     "
        An entry containing management information applicable to a
        particular LRE.
        "
    INDEX          { lreInterfaceStatsIndex }
    ::= { lreInterfaceStatsTable 1 }

LREInterfaceStatsEntry ::=
    SEQUENCE {
        lreInterfaceStatsIndex Unsigned32,
        lreCntTxA Counter32,
        lreCntTxB Counter32,
        lreCntTxC Counter32,
        lreCntErrWrongLanA Counter32,
        lreCntErrWrongLanB Counter32,
        lreCntErrWrongLanC Counter32,
        lreCntRxA Counter32,
        lreCntRxB Counter32,
        lreCntRxC Counter32,
        lreCntErrorsA Counter32,
        lreCntErrorsB Counter32,
        lreCntErrorsC Counter32,
        lreCntNodes Integer32,
        lreCntProxyNodes Integer32,
        lreCntUniqueA Counter32,
        lreCntUniqueB Counter32,
        lreCntUniqueC Counter32,
        lreCntDuplicateA Counter32,
        lreCntDuplicateB Counter32,
        lreCntDuplicateC Counter32,
        lreCntMultiA Counter32,
        lreCntMultiB Counter32,
        lreCntMultiC Counter32,
        lreCntOwnRxA Counter32,
        lreCntOwnRxB Counter32
    }

lreInterfaceStatsIndex OBJECT-TYPE
    SYNTAX          Unsigned32
    MAX-ACCESS      not-accessible
    STATUS          current

```

```

DESCRIPTION          "A unique value for each LRE."
::= { lreInterfaceStatsEntry 1 }

lreCntTxA             OBJECT-TYPE
SYNTAX                Counter32
MAX-ACCESS            read-only
STATUS                current
DESCRIPTION           "
                        number of frames sent over port A that are HSR tagged or fitted
with a PRP
                        Redundancy Control Trailer.
                        Only frames that are HSR tagged or do have a PRP RCT are
counted.
                        A frame aborted during the transmission is not counted.
                        Initial value = 0.
                        "
::= { lreInterfaceStatsEntry 2 }

lreCntTxB             OBJECT-TYPE
SYNTAX                Counter32
MAX-ACCESS            read-only
STATUS                current
DESCRIPTION           "
                        number of frames sent over port B that are HSR tagged or fitted
with a PRP
                        Redundancy Control Trailer.
                        Only frames that are HSR tagged or do have a PRP RCT are
counted.
                        A frame aborted during the transmission is not counted.
                        Initial value = 0.
                        "
::= { lreInterfaceStatsEntry 3 }

lreCntTxC             OBJECT-TYPE
SYNTAX                Counter32
MAX-ACCESS            read-only
STATUS                current
DESCRIPTION           "
                        number of frames sent towards the application interface of the
DANP or DANH
                        or over the interlink of the RedBox. Frames with and without
PRP RCT or HSR
                        tag are counted, but not link-local frames.
                        A frame aborted during the transmission is not counted.
                        Initial value = 0.
                        "
::= { lreInterfaceStatsEntry 4 }

lreCntErrWrongLanA    OBJECT-TYPE
SYNTAX                Counter32
MAX-ACCESS            read-only
STATUS                current
DESCRIPTION           "
                        number of frames with the wrong LAN identifier received on LRE
port A.
                        Initial value = 0. Only applicable to PRP ports.
                        "
::= { lreInterfaceStatsEntry 5 }

lreCntErrWrongLanB    OBJECT-TYPE
SYNTAX                Counter32
MAX-ACCESS            read-only
STATUS                current
DESCRIPTION           "
                        number of frames with the wrong LAN identifier received on LRE
port B
                        Initial value = 0. Only applicable to PRP ports.
                        "
::= { lreInterfaceStatsEntry 6 }

lreCntErrWrongLanC    OBJECT-TYPE
SYNTAX                Counter32
MAX-ACCESS            read-only

```

```

STATUS          current
DESCRIPTION      "
interlink of     number of frames with the wrong LAN identifier received on the
configuration    a RedBox. Only applicable to HSR RedBoxes in HSR-PRP
                 (hsrredboxprpa and hsrredboxprpb).
                 "
::= { lreInterfaceStatsEntry 7 }

lreCntRxA        OBJECT-TYPE
SYNTAX           Counter32
MAX-ACCESS       read-only
STATUS           current
DESCRIPTION      "
HSR tagged       number of frames received on a LRE port A. Only frames that are
Frames that are  or fitted with a PRP Redundancy Control Trailer are counted.
in the proxy     not forwarded anywhere (e.g. because the sender of the frame is
and without      node table) are counted, too. Only frames received completely
                 error are counted.
                 Initial value = 0.
                 "
::= { lreInterfaceStatsEntry 8 }

lreCntRxB        OBJECT-TYPE
SYNTAX           Counter32
MAX-ACCESS       read-only
STATUS           current
DESCRIPTION      "
HSR tagged       number of frames received on a LRE port B. Only frames that are
Frames that are  or fitted with a PRP Redundancy Control Trailer are counted.
in the proxy     not forwarded anywhere (e.g. because the sender of the frame is
and without      node table) are counted, too. Only frames received completely
                 error are counted.
                 Initial value = 0.
                 "
::= { lreInterfaceStatsEntry 9 }

lreCntRxC        OBJECT-TYPE
SYNTAX           Counter32
MAX-ACCESS       read-only
STATUS           current
DESCRIPTION      "
DANP or DANH or the number of number of frames received on the interlink of a
RedBox. Frames   with and without PRP RCT or HSR tag are counted, but not link-
local frames.    Only frames received completely and without error are counted.
                 Initial value = 0.
                 "
::= { lreInterfaceStatsEntry 10 }

lreCntErrorsA    OBJECT-TYPE
SYNTAX           Counter32
MAX-ACCESS       read-only
STATUS           current
DESCRIPTION      "
                 number of frames with errors received on this LRE port A.
                 Initial value = 0.
                 "
::= { lreInterfaceStatsEntry 11 }

lreCntErrorsB    OBJECT-TYPE

```

```

SYNTAX          Counter32
MAX-ACCESS      read-only
STATUS          current
DESCRIPTION     "
                number of frames with errors received on this LRE port B.
                Initial value = 0.
                "

 ::= { lreInterfaceStatsEntry 12 }

lreCntErrorsC    OBJECT-TYPE
SYNTAX          Counter32
MAX-ACCESS      read-only
STATUS          current
DESCRIPTION     "
                number of frames with errors received on the application
interface of a DANP or
                DANH or on the interlink of a RedBox.
                Initial value = 0.
                "

 ::= { lreInterfaceStatsEntry 13 }

lreCntNodes      OBJECT-TYPE
SYNTAX          Integer32
MAX-ACCESS      read-only
STATUS          current
DESCRIPTION     "number of nodes in the Nodes Table."
 ::= { lreInterfaceStatsEntry 14 }

lreCntProxyNodes OBJECT-TYPE
SYNTAX          Integer32
MAX-ACCESS      read-only
STATUS          current
DESCRIPTION     "
                number of nodes in the Proxy Node Table. Only applicable to
RedBox.
                Initial value = 0.
                "

 ::= { lreInterfaceStatsEntry 15 }

lreCntUniqueA    OBJECT-TYPE
SYNTAX          Counter32
MAX-ACCESS      read-only
STATUS          current
DESCRIPTION     "
                number of entries in the duplicate detection mechanism on port
A for which
                no duplicate was received.
                Initial value = 0.
                "

 ::= { lreInterfaceStatsEntry 16 }

lreCntUniqueB    OBJECT-TYPE
SYNTAX          Counter32
MAX-ACCESS      read-only
STATUS          current
DESCRIPTION     "
                number of entries in the duplicate detection mechanism on port
B for which
                no duplicate was received.
                Initial value = 0.
                "

 ::= { lreInterfaceStatsEntry 17 }

lreCntUniqueC    OBJECT-TYPE
SYNTAX          Counter32
MAX-ACCESS      read-only
STATUS          current
DESCRIPTION     "
                number of entries in the duplicate detection mechanism on the
application interface
                of the DAN or the interlink of the RedBox for which no
duplicate was received.

```

```

Initial value = 0.
"
::= { lreInterfaceStatsEntry 18 }

lreCntDuplicateA      OBJECT-TYPE
  SYNTAX               Counter32
  MAX-ACCESS           read-only
  STATUS               current
  DESCRIPTION          "
                        number of entries in the duplicate detection mechanism on port
A for which
                        one single duplicate was received.
                        Initial value = 0.
                        "
::= { lreInterfaceStatsEntry 19 }

lreCntDuplicateB      OBJECT-TYPE
  SYNTAX               Counter32
  MAX-ACCESS           read-only
  STATUS               current
  DESCRIPTION          "
                        number of entries in the duplicate detection mechanism on port
B for which
                        one single duplicate was received.
                        Initial value = 0.
                        "
::= { lreInterfaceStatsEntry 20 }

lreCntDuplicateC      OBJECT-TYPE
  SYNTAX               Counter32
  MAX-ACCESS           read-only
  STATUS               current
  DESCRIPTION          "
                        number of entries in the duplicate detection mechanism on the
application interface of the DAN or the interlink of the RedBox for which one single
duplicate was received.
                        Initial value = 0.
                        "
::= { lreInterfaceStatsEntry 21 }

lreCntMultiA          OBJECT-TYPE
  SYNTAX               Counter32
  MAX-ACCESS           read-only
  STATUS               current
  DESCRIPTION          "
                        number of entries in the duplicate detection mechanism on port
A for which
                        more than one duplicate was received.
                        Initial value = 0.
                        "
::= { lreInterfaceStatsEntry 22 }

lreCntMultiB          OBJECT-TYPE
  SYNTAX               Counter32
  MAX-ACCESS           read-only
  STATUS               current
  DESCRIPTION          "
                        number of entries in the duplicate detection mechanism on port
B for which
                        more than one duplicate was received.
                        Initial value = 0.
                        "
::= { lreInterfaceStatsEntry 23 }

lreCntMultiC          OBJECT-TYPE
  SYNTAX               Counter32
  MAX-ACCESS           read-only
  STATUS               current
  DESCRIPTION          "
                        number of entries in the duplicate detection mechanism on the
application interface

```

```

of the DAN or the interlink of the RedBox for which more than
one duplicate was received.
    Initial value = 0.
    "
::= { lreInterfaceStatsEntry 24 }

lreCntOwnRxA          OBJECT-TYPE
    SYNTAX             Counter32
    MAX-ACCESS         read-only
    STATUS             current
    DESCRIPTION        "
                        number of HSR tagged frames received on Port A that originated
from this              device. Frames originate from this device if the source MAC
matches the            MAC of the LRE, or if the source MAC appears in the proxy node
table (if               implemented). Applicable only to HSR.
                        Initial value = 0.
                        "
::= { lreInterfaceStatsEntry 25 }

lreCntOwnRxB          OBJECT-TYPE
    SYNTAX             Counter32
    MAX-ACCESS         read-only
    STATUS             current
    DESCRIPTION        "
                        number of HSR tagged frames received on Port B that originated
from this              device. Frames originate from this device if the source MAC
matches the            MAC of the LRE, or if the source MAC appears in the proxy node
table (if               implemented). Applicable only to HSR.
                        Initial value = 0.
                        "
::= { lreInterfaceStatsEntry 26 }

-- *****
-- *** End LRE InterfacesStatsTable ***
-- *****

-- *****
-- ***Begin LRE NodesTable ***
-- *****

lreNodesTable         OBJECT-TYPE
    SYNTAX             SEQUENCE OF LRENodesEntry
    MAX-ACCESS         not-accessible
    STATUS             current
    DESCRIPTION        "
                        The node table (if it exists on that node) contains information
about                  all remote LRE, which advertised themselves through supervision
frames                 "
::= { lreStatisticsInterfaces 2 }

lreNodesEntry         OBJECT-TYPE
    SYNTAX             LRENodesEntry
    MAX-ACCESS         not-accessible
    STATUS             current
    DESCRIPTION        "
                        Each entry in the node table (if it exists) contains
information about      a particular remote LRE registered in the node table, which
advertised itself      through supervision frames.
                        "
    INDEX              { lreInterfaceStatsIndex, lreNodesIndex }
::= { lreNodesTable 1 }

LRENodesEntry ::=
    SEQUENCE {
        lreNodesIndex      Unsigned32,

```

```

        lreNodesMacAddress  MacAddress,
        lreTimeLastSeenA    TimeTicks,
        lreTimeLastSeenB    TimeTicks,
        lreRemNodeType      INTEGER
    }

lreNodesIndex      OBJECT-TYPE
    SYNTAX          Unsigned32
    MAX-ACCESS      not-accessible
    STATUS          current
    DESCRIPTION     "Unique value for each node in the LRE's node table."
 ::= { lreNodesEntry 1 }

lreNodesMacAddress OBJECT-TYPE
    SYNTAX          MacAddress
    MAX-ACCESS      read-only
    STATUS          current
    DESCRIPTION     "Each MAC address corresponds to a single Dual Attached Node"
 ::= { lreNodesEntry 2 }

lreTimeLastSeenA   OBJECT-TYPE
    SYNTAX          TimeTicks
    MAX-ACCESS      read-only
    STATUS          current
    DESCRIPTION     "
                    Time in TimeTicks (1/100s) since the last frame from this
remote LRE was    received over LAN A. Initialized with a value of 0 upon node
registration      in the node table.
                    "
 ::= { lreNodesEntry 3 }

lreTimeLastSeenB   OBJECT-TYPE
    SYNTAX          TimeTicks
    MAX-ACCESS      read-only
    STATUS          current
    DESCRIPTION     "
                    Time in TimeTicks (1/100s) since the last frame from this
remote LRE was    received over LAN B. Initialized with a value of 0 upon node
registration      in the node table.
                    "
 ::= { lreNodesEntry 4 }

lreRemNodeType      OBJECT-TYPE
    SYNTAX          INTEGER
    {
        danp (0),
        redboxp (1),
        vdanp (2),
        danh (3),
        redboxh (4),
        vdanh (5)
    }
    MAX-ACCESS      read-only
    STATUS          current
    DESCRIPTION     "DAN type, as indicated in the received supervision frame"
 ::= { lreNodesEntry 5 }

-- *****
-- *** End LRE NodesTable ***
-- *****

-- *****
-- *** Begin LRE ProxyNodeTable ***
-- *****

lreProxyNodeTable   OBJECT-TYPE
    SYNTAX          SEQUENCE OF LREProxyNodeEntry
    MAX-ACCESS      not-accessible
    STATUS          current
    DESCRIPTION     "

```

about all The proxy node table (if implemented) contains information
nodes, for which the LRE acts as a connection to the HSR/PRP
network.

```
"
 ::= { lreStatisticsInterfaces 3 }
```

```
lreProxyNodeEntry      OBJECT-TYPE
  SYNTAX                LREProxyNodeEntry
  MAX-ACCESS            not-accessible
  STATUS                current
  DESCRIPTION            "
                        Each entry in the proxy node table contains information about a
  particular nodefor    which the LRE acts as a connection to the HSR/PRP network.
                        "
```

```
INDEX                  { lreInterfaceStatsIndex,lreProxyNodeIndex }
 ::= { lreProxyNodeTable 1 }
```

```
LREProxyNodeEntry ::=
  SEQUENCE {
    lreProxyNodeIndex Unsigned32,
    lreProxyNodeMacAddress MacAddress
  }
```

```
lreProxyNodeIndex      OBJECT-TYPE
  SYNTAX                Unsigned32
  MAX-ACCESS            not-accessible
  STATUS                current
  DESCRIPTION            "A unique value for each node in the LRE's proxy node table."
 ::= { lreProxyNodeEntry 1 }
```

```
lreProxyNodeMacAddress OBJECT-TYPE
  SYNTAX                MacAddress
  MAX-ACCESS            read-only
  STATUS                current
  DESCRIPTION            "
                        Each entry contains information about a particular node
                        for which the LRE acts as a proxy for the HSR/PRP network.
                        "
```

```
::= { lreProxyNodeEntry 2 }
```

```
-- *****
-- *** End LRE ProxyNodeTable ***
-- *****

-- *****
```

END

Annex A (normative)

Use of IEC 61588 and IEEE C37.238 for IEC 62439-3

A.1 Overview

This Annex specifies the mapping of the Precision Time Protocol (IEC 61588:2009) time distribution to PRP and HSR, using specifically the IEEE C37.238 Standard Profile for Use of IEEE 1588™ Precision Time Protocol in Power System Applications.

This Annex has been transferred from the IEC 61850-90-4 Technical Report (Network Engineering Guidelines for Substation Automation) which will now refer to this document.

A.2 PTP profile for Automation Networks using PRP & HSR

IEC 61588 (PTP) allows numerous options. Only a subset is needed to cover automation networks using HSR and PRP.

The following profile of IEC 61588 aims at reaching a precision of 2,5 µs in a maximum size network consisting of up to 50 cascaded Transparent Clocks, each using a local oscillator with an accuracy better than 50 ppm and a drift of less than 1 ppm/s.

- All network elements (nodes, bridges) are IEC 61588-aware.
(all bridges between clocks can correct the clock, routers are not considered)
- Media converters (e.g. fibre – copper) introduce less than 50 ns of jitter each.
- Cable asymmetry over one link does not exceed 25 ns.
- Each Transparent Clock introduces less than 50 ns of clock inaccuracy in the correction field of forwarded Sync messages.
- Boundary Clocks are not considered.
(Boundary Clocks are located at the outskirts of the multicast domain).
- Only Ethernet layer 2 communication applies.
(UDP communication is not used)
- Only multicast PTP messages are used.
(unicast messages are not used)
- Only peer-to-peer delays are calculated.
(end-to-end path delay computation is not used)
- Both 1-step and 2-step synchronization are allowed.
- Best Master Clock contest applies to all clocks except slave-only;
- Default settings are specified as:
 - Sync messages period (logAnnounceInterval): once every 1 s,
 - Announce message period (logSyncInterval): once every 1 s,
 - Timeout for Announce messages (announceReceiptTimeout): 2 s, resp. 3 s,
 - Pdelay_Req period (logMinDelayReqInterval): once every 1 s,
 - Holdover time: accuracy kept within limits after signal loss of at most 5s.
 - Priority1 is 128 for Grandmaster-capable devices, 255 for slave-only devices
 - Priority2 is 128 for Grandmaster-capable devices, 255 for slave-only devices
 - The Grandmaster clockClass is 6 (normal) or 7 (degraded)

A.3 PTP operation (informative)

A.3.1 Node types

PTP distinguishes the following node types:

- Grand Master Clock (GMC), which is the clock connected to a reference signal (GPS or atomic clock) and that multicasts the time through Sync messages.
- Master Clocks (MC) that multicast the time within a subdomain, but are not connected to a reference clock.
- Master-capable clocks that can become master or grand-master.
- Transparent Clocks (TC) that forward the Sync messages and correct the time by evaluating the peer delay and residence delay of Sync messages.
- Ordinary Clocks (OC) that can be either slave or master clocks.
- Hybrid Clocks (HC) that combine a Transparent Clock and an Ordinary Clock.
- Boundary Clocks (BC) that have both a slave port (towards the GMC) and a master clock (towards OCs). A boundary clock is synchronized by a master clock and acts as a master for an own clock island. Within this island, it does not forward the messages received by the GMC, but sends its own PTP messages, possibly with a different period.

A.3.2 Principle and one-step operation

The primary time master, called GrandMaster Clock (GMC) periodically (e.g. every 1 s) multicasts a Sync message containing the reference time. This Sync message transits through the network over links and TCs. The Sync message suffers network delays consisting of the link delays λ between nodes and of the residence delays ρ in the nodes, before it reaches the slave clocks. The TCs therefore compute a correction for the link and residence delays.

Figure A.1 shows the one-step PTP clock distribution to explain the principle.

To calculate the link delays, each node first sends peer delay request messages (Pdelay_Req) to all its neighbours, even in the direction opposite to the current GMC since a redundant GMC may exist. The neighbour responds with a Pdelay_Resp message and the link delay is calculated as:

$$\lambda = \frac{(t_4 - t_1) - (t_3 - t_2)}{2}$$

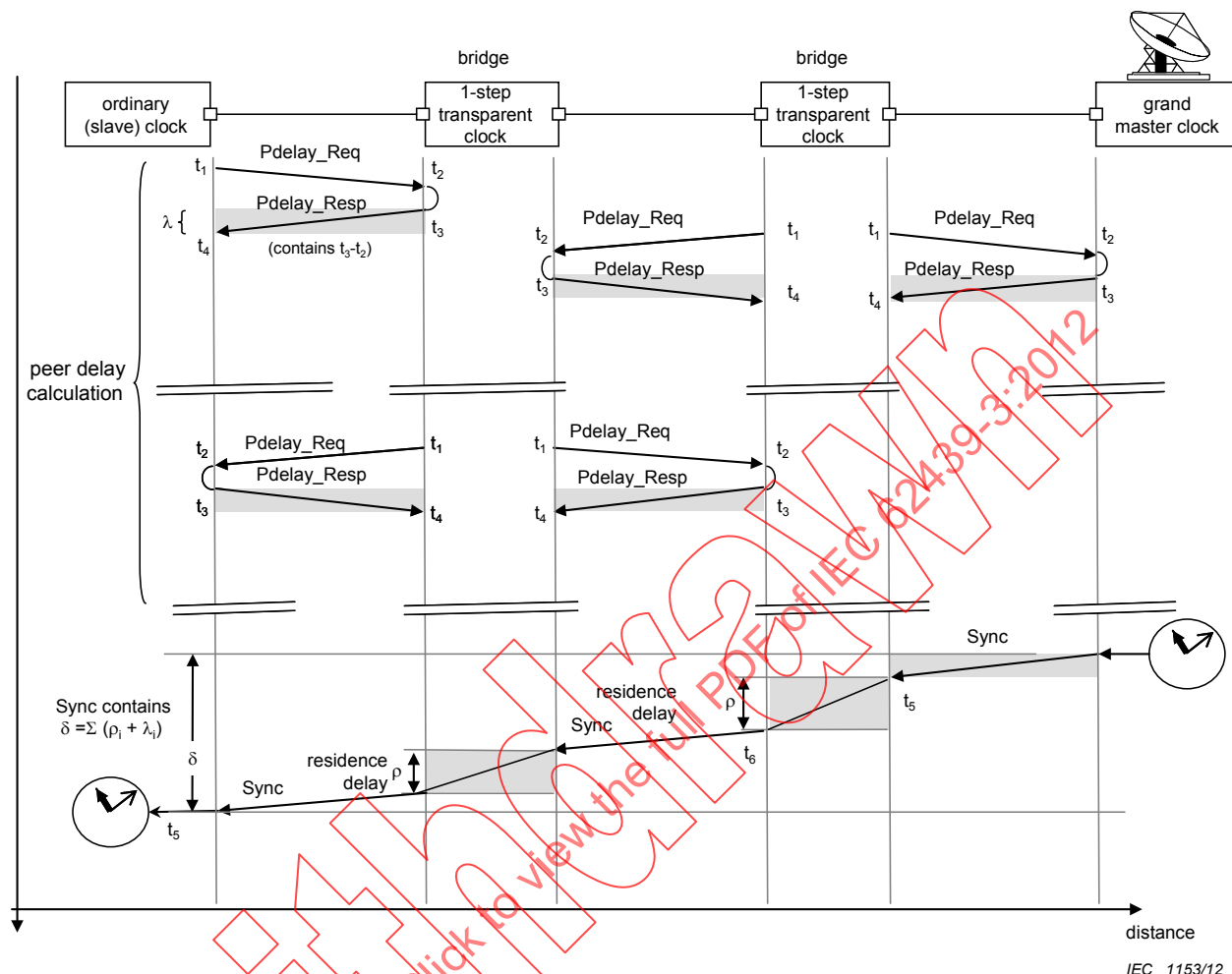


Figure A.1 – PTP one-step clock synchronization and delay measurement

In one-step clocks, each TC j adds its correction ($\lambda_{kj} + \rho_j +$ received correction from clock k) to the Sync message's correction field on-the-fly, while the frame is being transmitted on the egress port. This method requires a dedicated hardware to modify the correction field and the checksum of the outgoing Sync frame while parts of the message are already been transmitted (see Figure A.1).

A.3.3 Two-step operation

To avoid a dedicated hardware for modifying the Sync message on-the-fly, a two-steps clock records the precise time at which the Sync was received, forwards the Sync message without modification (but announcing a Follow_Up message) and records the precise time at which the Sync was sent. There exist dedicated PHY chips that time-stamp messages within a few ns, so sending the Sync message is not time-critical, it can be done by a CPU.

The two-step TCs calculates the correction field as the sum of the ingress Sync correction, the residence delay and the (previously measured) peer delay and sends a Follow_Up message as Figure A.2 shows. The same scheme applies to the calculation of the peer delay.

The receiver assumes that Sync and Follow_Up messages are paired; they have the same PTP sequence number.

NOTE PRP and HSR present a special case, since Sync, Follow_Up and Announce are paired on each port separately.

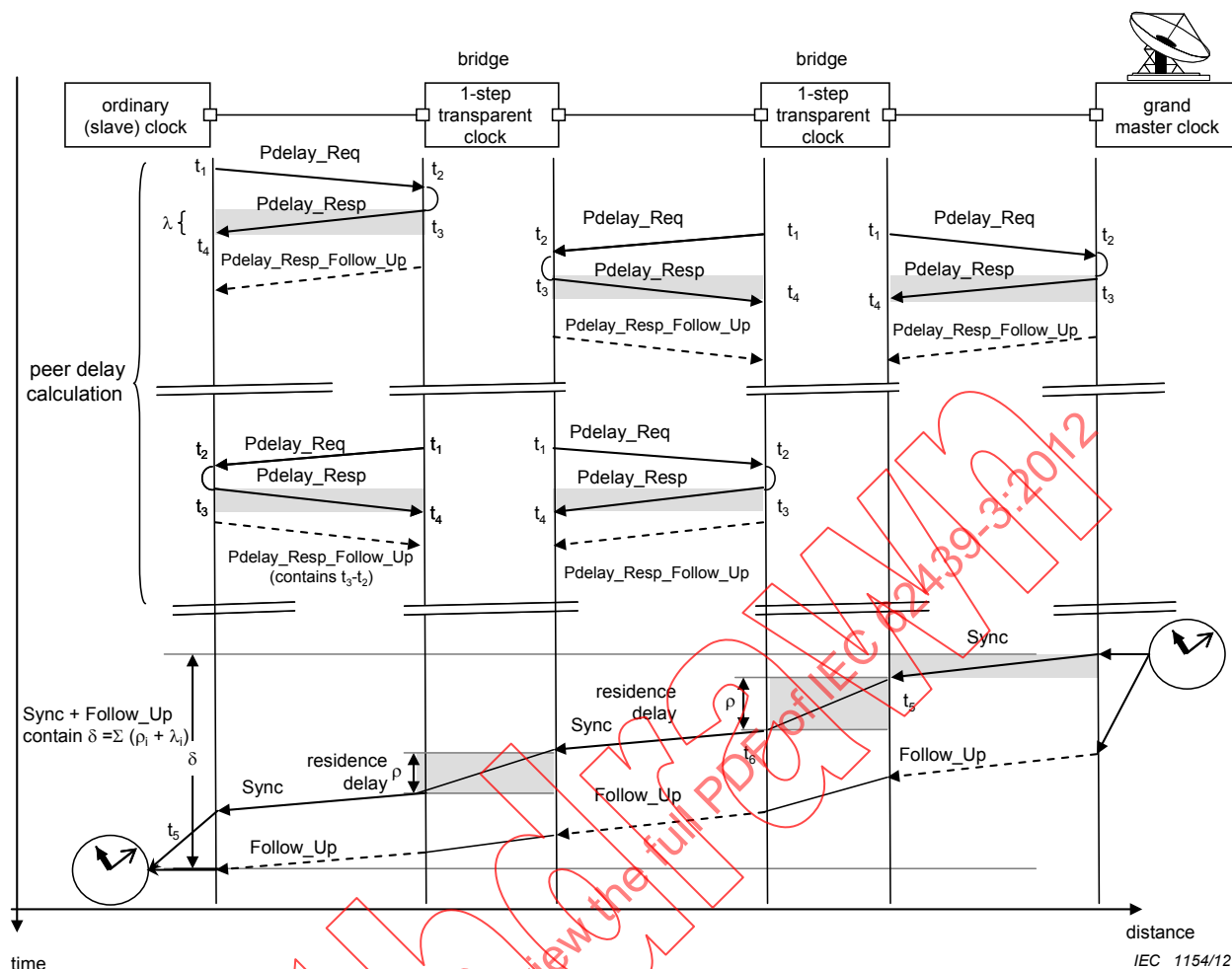


Figure A.2 – PTP two-step clock synchronization and delay measurement

The engineer is faced with two synchronization methods, depending on the ability of its devices. Commercial clocks use mainly two-step PTP, few offer one-step clocks. The two systems can be mixed if devices accept both one-step and two-step clocks. Usually, two-steps are preferred in the RSTP and PRP networks, while one-step is preferred in HSR rings.

A.3.4 Two-step to one-step translation

Both one-step TCs and two-step TCs are allowed in arbitrary mixture in PTP networks.

For HSR, one-step clock is preferred. A RedBox converts two-step PTP messages coming over a PRP path to one-step PTP messages forwarded to the HSR network.

Figure A.3 shows the conversion from two-step to one-step in a chain of one-step and two-step transparent clocks between an ordinary clock (slave) and the grandmaster clock (master).

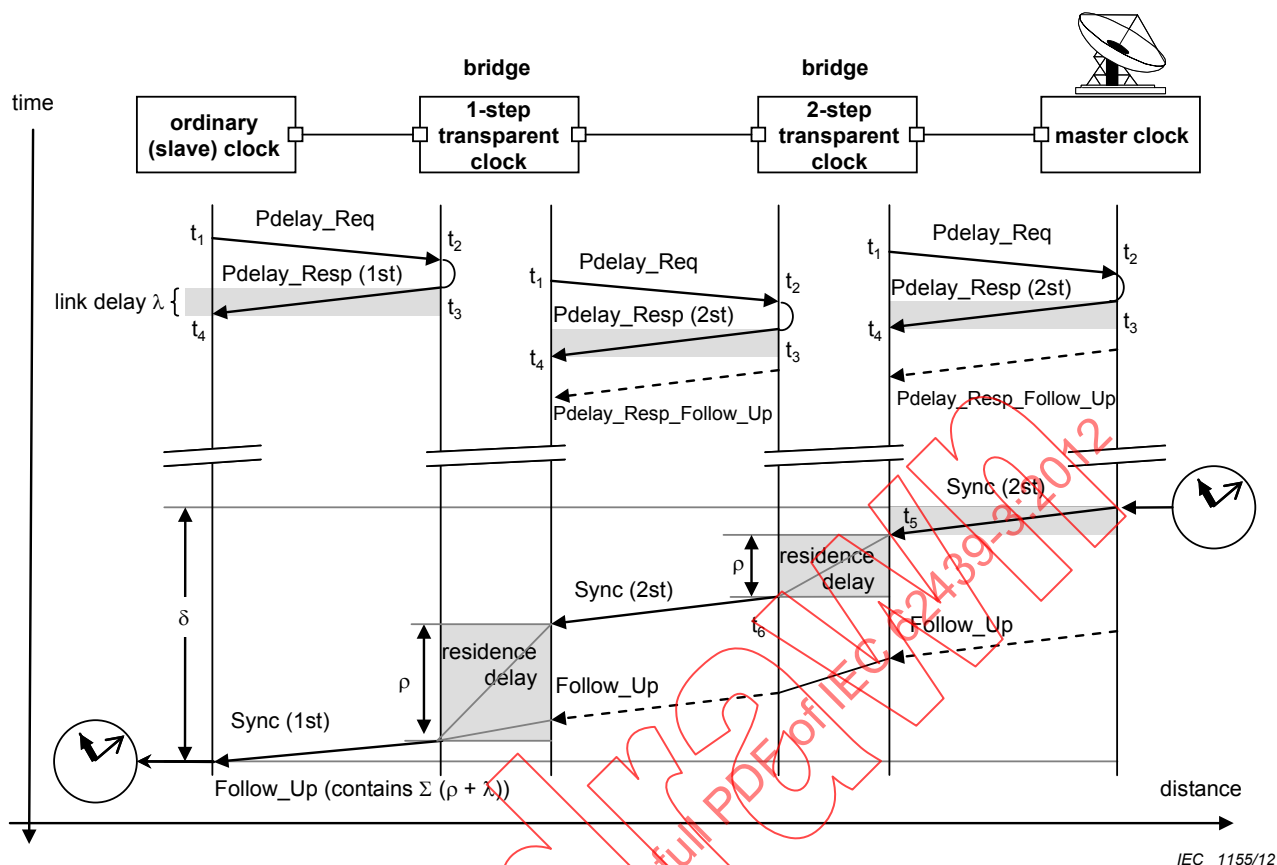


Figure A.3 – Two-step and one-step transparent clocks translator

A sender is either a one-step or a two-step clock; a receiver is able to deal with both one-step and two-step. A one-step transparent clock will use a translator to convert from two-step to one-step.

A node translates the two-step to one-step by awaiting the Follow_Up before forwarding the one-step Sync, which then carries the sum of the correction fields of the two-step Sync, of the Follow_Up, the residence delay of node and the estimated delay to the next peer, as Figure A.4 shows.

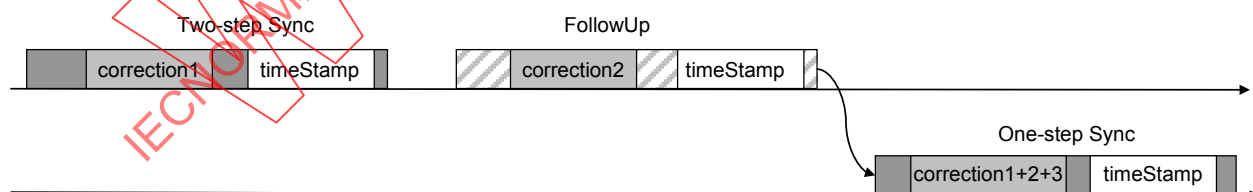


Figure A.4 – Two-step to one-step translation

On the reverse path, no such translation is needed since a node can send one-step Syncs to the next LAN device, which will then translate it to a two-step clock if needed.

A.4 PRP Mapping

A.4.1 Operation in PRP

The operating mode of PRP is that a DANP is attached to two distinct LANs. A DANP source sends over both LANs the same frame after appending the RCT. A frame is not modified while

transiting through the LANs. The DANP destination receives the first frame of a pair and discards the duplicate on the base of its RCT and source address.

This operating mode does not apply to PTP frames, since the delay suffered by a frame is not the same in the two LANs and some frames are modified in the bridges while transiting through the LAN. A DANP does not receive the same PTP message from both ports.

Figure A.5 shows the connection between a GMC and an OC in a PRP network, both as DANP. The path of a Sync message through the LANs with the correction of the clock for the residence and peer-to-peer delays is suggested using a 2-step clock as an example.

When applied to PTP, the PRP frames are treated differently:

- Pdelay_Req, Pdelay_Resp and Pdelay_Resp_Follow_Up carry no RCT, since these messages are link-specific.
- One-step Syncs frames are modified by TCs to adjust the correction field; Implementations are not obliged to forward the part coming after the payload.
- Follow_Up frames are regenerated by every two-step clock and carry no RCT.
- BCs present in the LAN would generate their own Announce and Sync frames with no RCT appended.
- Announce frames can also be modified by TCs if the TLVs contain dynamic information, such as IEEE C37.238 foresees for experimental purpose.

Therefore, the RCT cannot be relied upon for PTP messages.

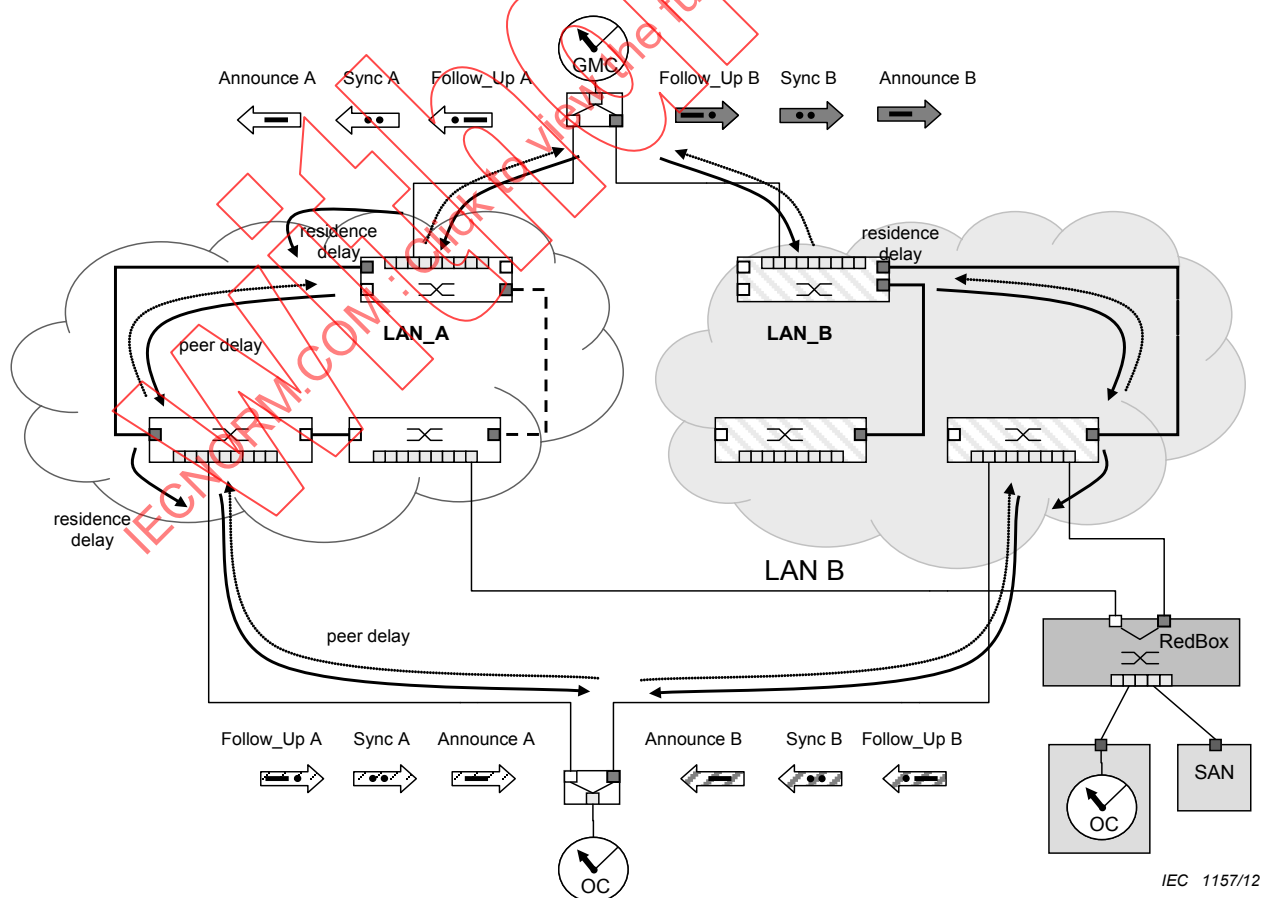


Figure A.5 – Connection of a Grandmaster Clock to an Ordinary Clock over PRP

A.4.2 Transmission through the network

One-step or two-step clocks may be implemented with PRP.

A.4.3 GMC as DANP

When operating on a PRP network, a GMC shall be either:

- Connected through a RedBox or
- Attached directly as a DANP.

The GMC shall send Pdelay_Req, Pdelay_Resp, Pdelay_Resp_Follow_Up and Follow_Up without an RCT.

NOTE A PRP topology in which one GMC is located on LAN A and another on LAN B should be avoided, since a GMC on one LAN ignores another GMC on the other LAN and cannot serve as a back-up.

A.4.4 Reception in the DANPs

A DANP shall implement an Ordinary Clock.

A DANP shall send Pdelay_Req, Pdelay_Resp, and Pdelay_Resp_Follow_Up without an RCT.

A DANP shall not rely on their RCT for received PTP messages.

A DANP shall consider both ports independently, as if there were independent clock sources.

A DANP shall handle all PTP messages for each port separately.

A DANP receives from each port two Announce messages coming from the same grandmaster with different delays. When it receives an Announce message, a port shall await the Announce message on the other port (or proceed if Announce does not arrive within the Announce time-out) before taking a decision from which port to take its synchronization.

A port shall apply the Best Master Clock algorithm on port A and port B.

If the Announce messages from both ports have the same Clock Identity (they come from the same GMC), a DANP shall use Syncs from both ports for synchronization, else a DANP shall listen to the port that provides the best clock quality.

A DANP shall accept both one-step and two-step messages. If it receives a two-step Sync, a port shall await the Follow_Up message from the same port before using the Sync timestamps to adjust its clock. If it receives a two-step Pdelay_Resp, a port shall await the Pdelay_Resp_Follow_Up from that same direction to calculate the path delay over that port.

A.4.5 RedBox connection

A PRP redundancy box (RedBox) shall implement a peer-to-peer Transparent Clock and may include an Ordinary Clock if the local applications require synchronization.

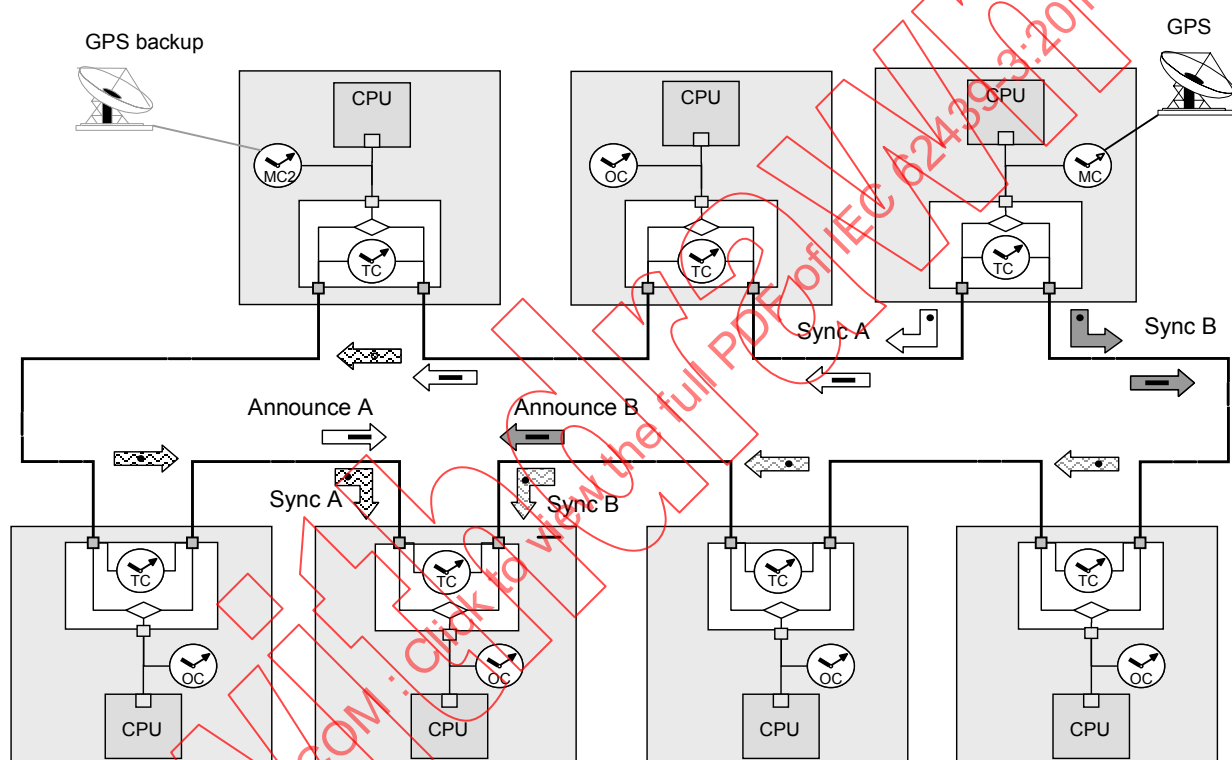
A Boundary Clock in a RedBox is allowed as a means to connect external devices outside of the PRP – HSR domain.

A.5 HSR Mapping

A.5.1 PTP traffic in HSR

The operating mode of HSR is that a DANH sends the same frame in both directions into the ring, prefixed with the HSR Tag containing a sequence number. Each node relays the frame until it reaches the source again or is otherwise discarded. A destination node therefore receives two frames, uses the first and discards the duplicate.

This operating mode does not apply to PTP frames, since the delay suffered by a frame is not the same going clockwise or counter-clockwise in the ring. A DANH does not receive the same message from both ports since some messages are modified by intermediate nodes. Figure A.6 illustrates the paths of the different PTP messages in an HSR ring network.



IEC 1158/12

Figure A.6 – HSR with one GMC

For one-step operation, each DANH implements the one-step Sync and peer-to-peer delay mechanism and exchanges the messages shown in Figure A.7.

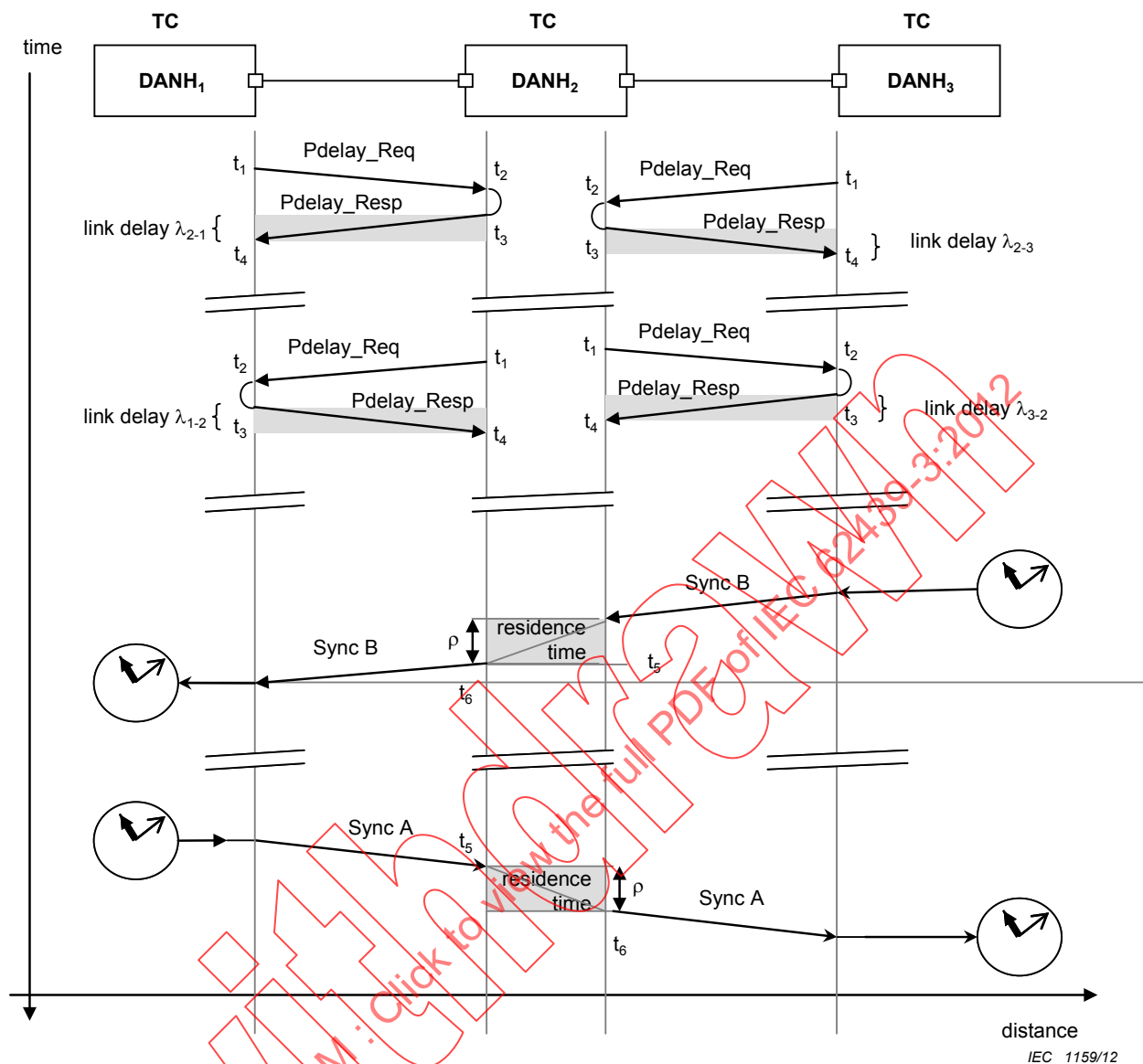


Figure A.7 – PTP messages sent and received by an HSR node (one-step)

Alternatively, the HSR nodes may operate as two-step clocks as Figure A.8 shows.

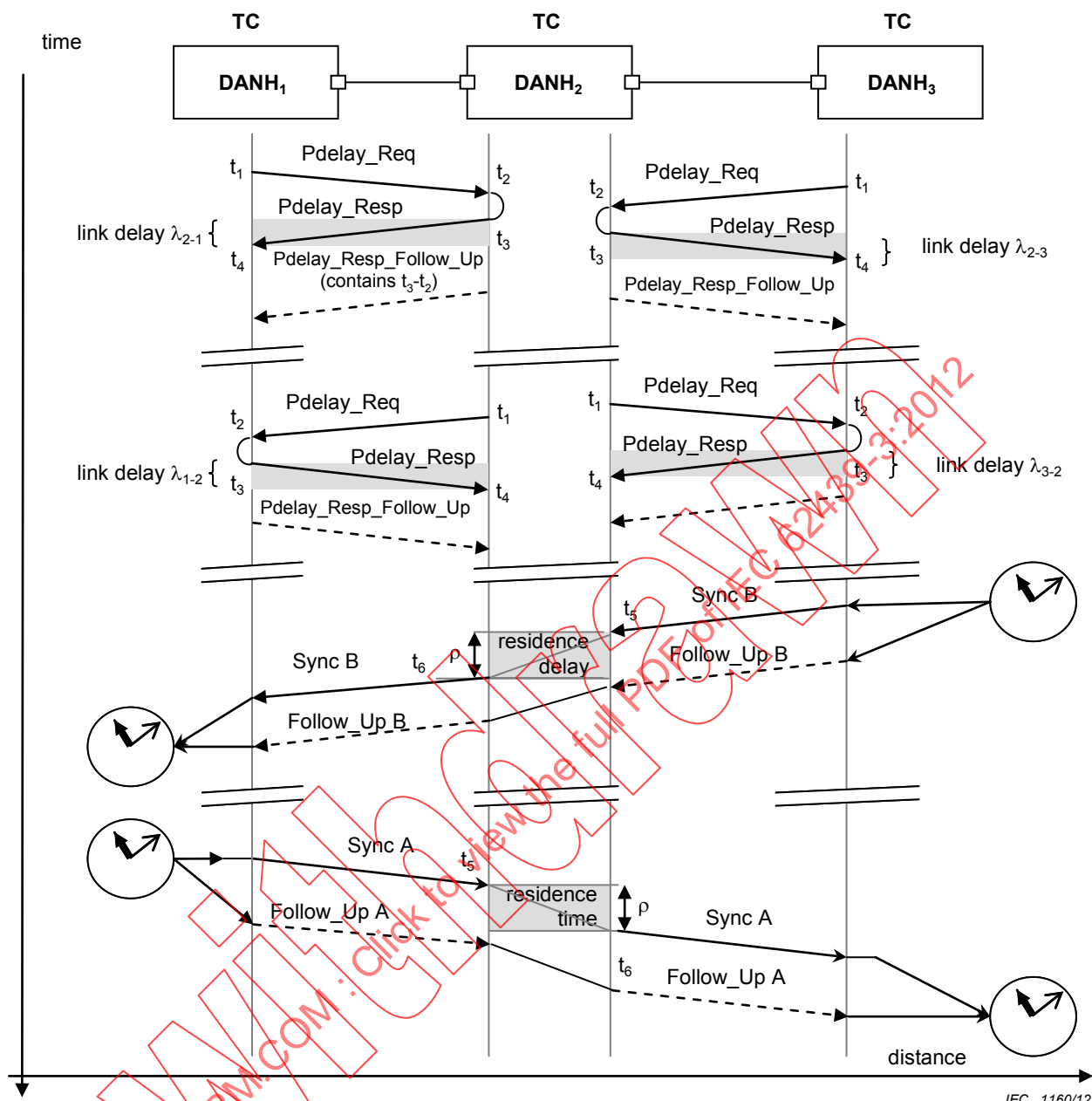


Figure A.8 – PTP messages sent and received by an HSR node (two-step)

A.5.2 HSR nodes

A DANH acting as grandmaster clock shall send the Announce and Sync messages in both directions with an HSR tag.

The Pdelay_Req, Pdelay_Resp, Pdelay_Resp_Follow_Up and Follow_Up messages shall not contain an HSR tag.

A DANH shall implement a Hybrid Clock, made of a Transparent Clock and an optional Ordinary Clock.

A DANH shall not introduce a delay of more than 125 μ s and a time inaccuracy of more than 50 ns when forwarding a Sync message.

A DANH shall consider both ports independently, as if there were independent clock sources.

A DANH shall handle all PTP messages for each port separately.

A DANH receives from each port two Announce messages coming from the same grandmaster with the same Clock Identity and different delays.

If it receives an Announce message on one port, a node shall await the Announce message on the other port (or proceed if Announce does not arrive within the Announce time-out) before taking a decision from which port to take its synchronization.

A port shall apply the Best Master Clock algorithm on port A and port B.

If the Announce messages from both ports have the same Clock Identity, a DANP shall use Syncs from both ports for synchronization, else a DANH shall listen to the port that provides the best clock quality.

A DANH receives from each port two Sync messages coming from the same grandmaster with different correction fields.

When it receives a two-step Sync, a port shall await the Follow_Up message from the same port before using the Sync timestamps to adjust its clock.

If it receives a two-step Pdelay_Resp, a port shall await the Pdelay_Resp_Follow_Up from that same direction to calculate the path delay over that port.

NOTE Both Sync can come apart with a delay of up to 5 ms in a large ring.

A.5.3 Redundant clocks in HSR

As Figure A.6 shows, there can be a redundant master clock in the ring. However, both cannot be active at the same time in PTP. Therefore, the grandmaster clock is selected among the master-capable clocks according to the Best Master Clock of PTP.

In case of loss of the master, the back-up master detects the loss and start broadcasting its own Announce messages.

A.5.4 Attachment of the GMC to an external LAN by a Transparent Clock

A GMC may be connected to an HSR ring through a RedBox (Figure A.9).

In its simplest form, this RedBox can be a three-port HSR node connected through an interlink port to an outside network.

The external network may operate either with a one-step or with a two-step clock.

The HSR node may be either slave or grandmaster. Such an HSR node should implement a Transparent Clock between the interlink port and the ring. Figure A.9 shows that the RedBox at the same time translates from 2-step to one-step clocks.

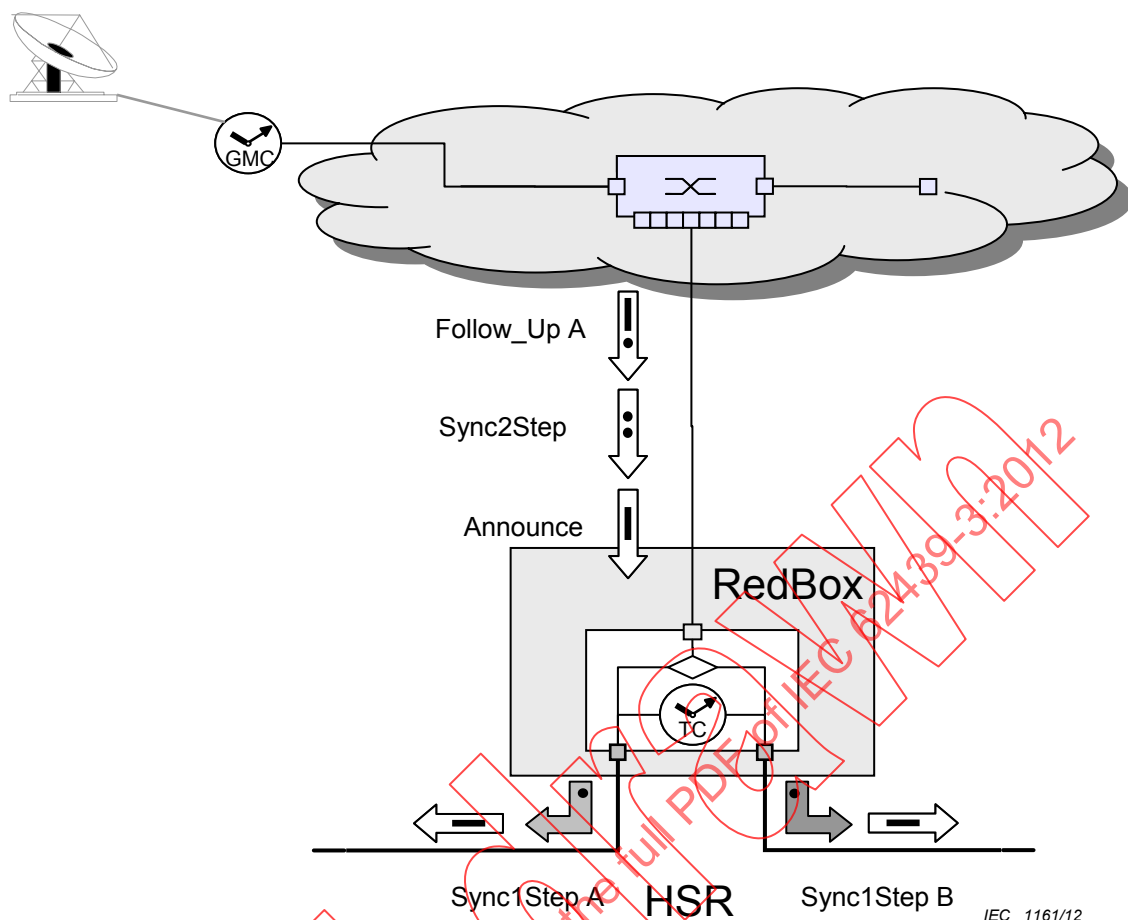


Figure A.9 – Attachment of a GMC to an HSR ring through a RedBox

A.6 PRP to HSR Mapping

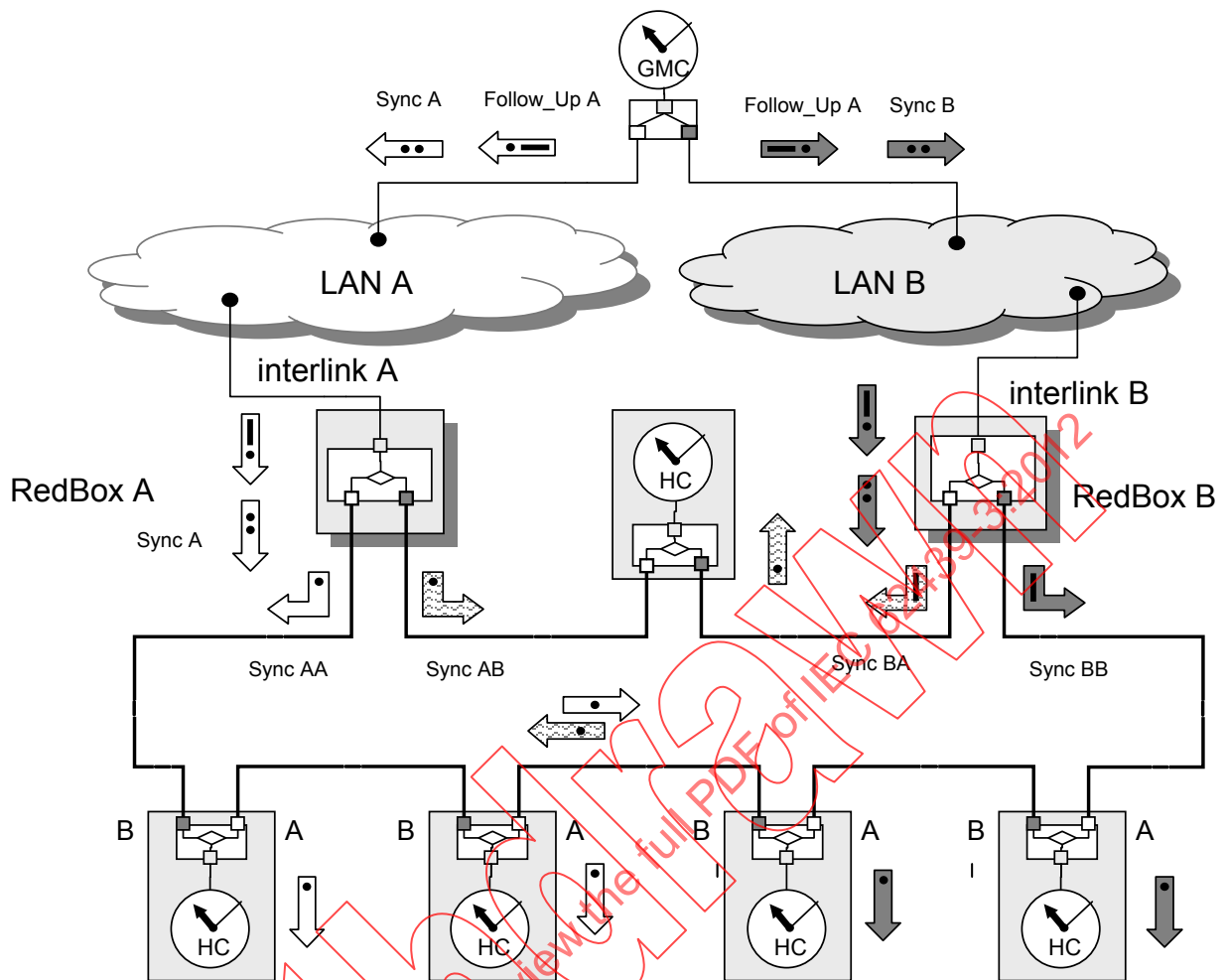
A.6.1 Connection methods

A PRP network is connected to an HSR ring through two RedBoxes. There are two different ways of proceeding for connecting the networks: through Transparent Clocks and through Boundary Clocks.

A.6.2 Transparent Clocks connection

When the two RedBoxes implement Transparent Clocks, they inject four Syncs into the ring. All four Syncs have the same sequence number, inherited from the GMC. Therefore, this method works only if the PRP LANs network elements are PRP-aware and do not remove the RCT when forwarding Sync or Announce. As in A.4.1, this rules out Boundary Clocks in the PRP LANs.

This way, the nodes can filter out the duplicates, under the assumption that the clocks have nearly the same time and that taking Syncs from different Boundary Clocks can reduce jitter.



IEC 1162/12

Figure A.10 – PRP to HSR coupling by Transparent Clocks

A.6.3 PRP-HSR connection by Boundary Block

In this solution, the RedBoxes implement a Boundary Clock. In this case, the two BCs are treated as redundant clocks on HSR (see Figure A.11). The original PRP RCT is lost. Only one clock is actually sending Syncs, the other sends Announces only in case it ceases to sense the other clock. Since both BCs reference the same GMC, they are only distinguished by their sourcePortIdentity. For an HSR node, this situation is not distinguishable from a GMC in the HSR ring.

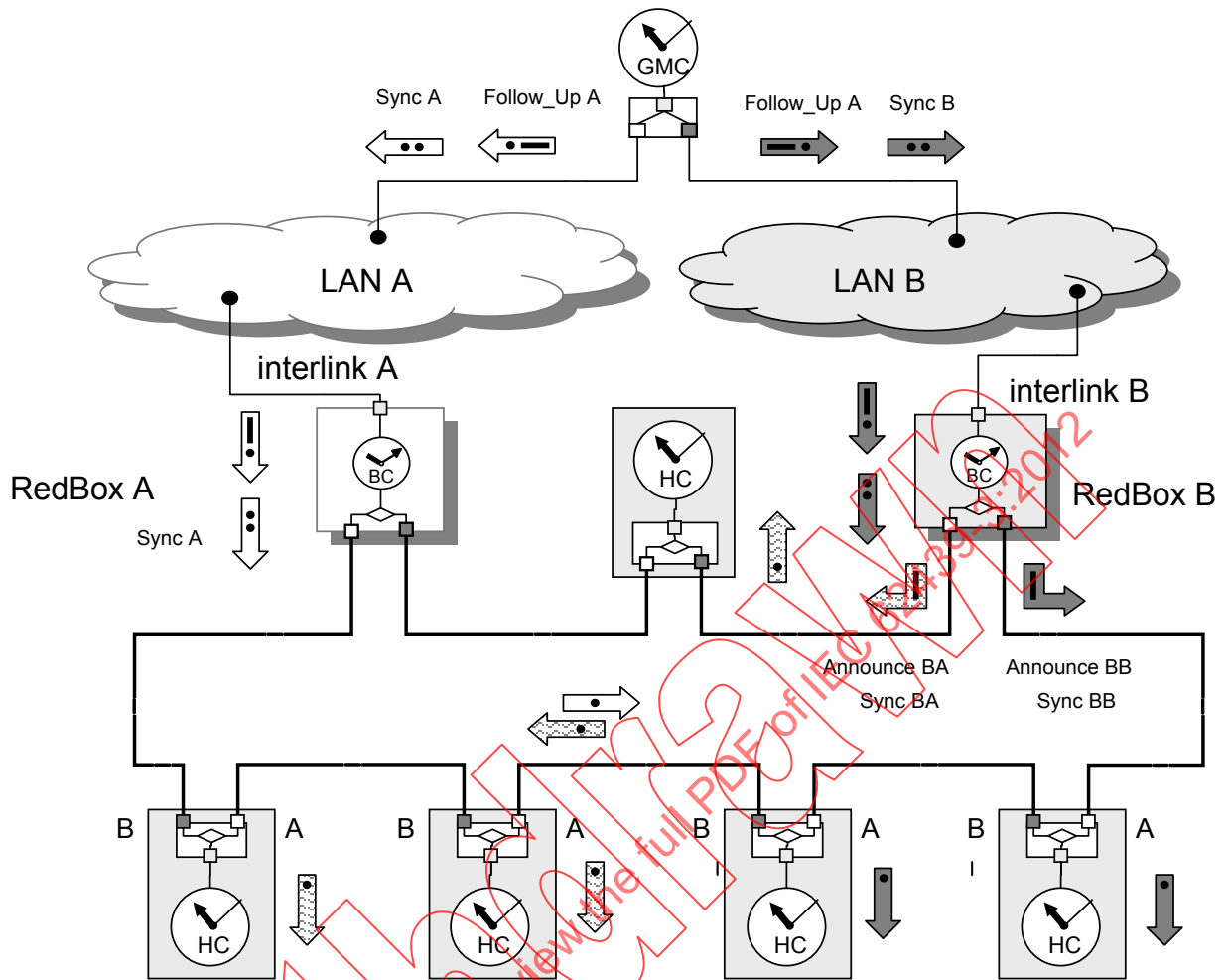


Figure A.11 – PRP to HSR coupling by BCs

IEC 1163/12

Annex B (informative)

Deterministic medium access in HSR

This is a placeholder for further development.

HSR does not specify the traffic control that has to be used for deterministic, real-time operation.

However, it is a recommended practice to buffer the hard real-time, high priority frame, wait until the clock reaches a certain time, the same in all devices with the same period, and let all these nodes send this traffic at that time, in order to leave sufficient contiguous free space for the non-real-time traffic.

IECNORM.COM :: Click to view the full PDF of IEC 62439-3:2012

Bibliography

IEC 61580 (all parts), *Communication networks and systems for power utility automation*

IEC 61850-90-4, *Communication networks and systems for power utility automation – Part 90-4: Network engineering guidelines for substations*¹

¹ To be published.

IECNORM.COM :: Click to view the full PDF of IEC 62439-3:2012

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	89
0 INTRODUCTION	91
0.1 Généralités.....	91
0.2 Modifications par rapport à l'édition précédente.....	91
0.3 Déclaration de brevet	92
1 Domaine d'application	93
2 Références normatives.....	93
3 Termes, définitions, abréviations, acronymes et conventions.....	94
3.1 Termes et définitions	94
3.2 Abréviations et acronymes	94
3.3 Conventions	94
4 Protocole de redondance en parallèle (PRP)	95
4.1 Principe de fonctionnement du PRP	95
4.1.1 Topologie du réseau PRP	95
4.1.2 Réseaux locaux PRP avec topologie linéaire ou en bus.....	96
4.1.3 Réseaux locaux PRP avec topologie en anneau.....	96
4.1.4 Structure des DANP	97
4.1.5 Connexion PRP de nœuds à une connexion.....	98
4.1.6 Compatibilité entre les nœuds à une et deux connexions.....	99
4.1.7 Gestion du réseau	99
4.1.8 Implication sur la configuration.....	99
4.1.9 Transition vers des réseaux non redondants.....	99
4.1.10 Traitement des doublons.....	100
4.1.11 Supervision du réseau.....	105
4.1.12 Interface de gestion de la redondance	105
4.2 Spécifications du protocole PRP.....	105
4.2.1 Instructions d'installation, de configuration et de réparation.....	105
4.2.2 Adresses MAC.....	106
4.2.3 Adresses MAC multicast.....	106
4.2.4 Adresses IP	106
4.2.5 Nœuds	107
4.2.6 Mode d'acceptation des doublons (essai uniquement)	107
4.2.7 Mode de rejet des doublons.....	107
4.3 Trame PRP_Supervision	111
4.3.1 Trame de supervision de DANP.....	111
4.3.2 Contenu de la trame PRP_Supervision	113
4.3.3 Trame PRP_Supervision pour RedBox	113
4.3.4 Réception d'une trame PRP_Supervision et NodesTable	114
4.4 Nœud de pontage.....	114
4.5 Constantes	114
4.6 Spécification de service PRP.....	114
5 Redondance transparente de haute disponibilité (HSR).....	115
5.1 Objectifs de la HSR.....	115
5.2 Principe de fonctionnement de la HSR	115
5.2.1 Fonctionnement de base avec une topologie en anneau.....	115
5.2.2 Structure d'un nœud DANH	117

5.2.3	Topologie	119
5.2.4	Structure d'une RedBox.....	127
5.3	Spécifications du nœud HSR.....	129
5.3.1	Fonctionnement HSR.....	129
5.3.2	Réception de données par le DANH depuis son interface de couche de liaison.....	130
5.3.3	Réception de données par le DANH depuis un port HSR	130
5.3.4	Règles de transfert du DANH.....	131
5.3.5	CoS	132
5.3.6	Synchronisation de l'horloge.....	132
5.3.7	Accès déterministe au support.....	132
5.4	Spécifications de la RedBox HSR.....	132
5.4.1	Propriétés de la RedBox	132
5.4.2	Réception par la RedBox de données à partir de l'interconnexion.....	133
5.4.3	Transfert RedBox sur l'anneau	134
5.4.4	Réception de données par la RedBox depuis un port HSR.....	134
5.4.5	Réception de données par la RedBox depuis son interface de couche de liaison.....	135
5.4.6	Gestion de ProxyNodeTable de la RedBox	136
5.4.7	RedBox CoS.....	136
5.4.8	Synchronisation de l'horloge RedBox	136
5.4.9	Accès au support RedBox.....	136
5.5	Spécification de la QuadBox.....	136
5.6	Méthode de rejet de doublons	136
5.7	Format de trame pour HSR.....	137
5.7.1	Format de trame pour toutes les trames	137
5.7.2	Trame HSR_Supervision	139
5.8	Constantes.....	141
5.9	Spécification de service HSR	142
6	Déclaration de conformité de mise en œuvre du protocole (Protocol Implementation Conformance Statement, PICS)	144
7	Base d'informations de gestion (MIB) PRP/HSR	145
Annexe A (normative) Utilisation de la CEI 61588 et de l'IEEE C37.238 pour la CEI 62439-3		160
Annexe B (informative) Accès déterministe au support dans HSR.....		176
Bibliographie.....		177
Figure 1 – Exemple PRP de réseau redondant général		95
Figure 2 – Exemple PRP de réseau redondant constitué de deux réseaux locaux (topologie en bus).....		96
Figure 3 – Exemple PRP d'anneau redondant avec des SAN et des DANP		97
Figure 4 – PRP avec deux DANP qui communiquent.....		98
Figure 5 – RedBox PRP, transition d'un réseau local simple vers un réseau local double		100
Figure 6 – Trame PRP étendue par une RCT		101
Figure 7 – Trame PRP à étiquette VLAN étendue par une RCT.....		102
Figure 8 – Trame remplie PRP fermée par une RCT		103
Figure 9 – Limites de l'algorithme de rejet de doublons.....		104

Figure 10 – Exemple HSR d'une configuration en anneau pour le trafic multicast.....	116
Figure 11 – Exemple HSR d'une configuration en anneau pour le trafic unicast	117
Figure 12 – Structure HSR d'un DANH.....	118
Figure 13 – Exemple HSR de topologie utilisant deux réseaux indépendants	119
Figure 14 – Exemple HSR du couplage par paires de deux anneaux.....	121
Figure 15 – Exemple HSR d'anneaux connectés	122
Figure 16 – Exemple HSR du couplage de deux réseaux locaux PRP redondants à un anneau	123
Figure 17 – Exemple HSR de couplage du nœud d'un anneau à des réseaux locaux PRP redondants	125
Figure 18 – Exemple HSR de couplage d'un anneau à deux réseaux locaux PRP	125
Figure 19 – Exemple HSR de couplage de trois anneaux à un réseau local PRP.....	126
Figure 20 – Exemple HSR d'une topologie en maillage	127
Figure 21 – Structure HSR d'une RedBox	128
Figure 22 – Trame HSR sans étiquette VLAN	137
Figure 23 – Trame HSR avec étiquette VLAN	138
Figure 24 – Nœud HSR avec compteurs de gestion	143
Figure 25 – RedBox HSR avec compteurs de gestion	144
Figure A.1 – Synchronisation d'horloge PTP en une étape et mesure du retard	162
Figure A.2 – Synchronisation d'horloge PTP en deux étapes et mesure du retard	164
Figure A.3 – Traducteur d'horloges transparentes en deux étapes en horloges transparentes en une étape	165
Figure A.4 – Passage d'un système en deux étapes à un système en une étape	166
Figure A.5 – Connexion d'une horloge GMC à une horloge OC sur PRP	167
Figure A.6 – HSR avec une horloge GMC	169
Figure A.7 – Messages PTP envoyés et reçus par un nœud HSR (une étape)	170
Figure A.8 – Messages PTP envoyés et reçus par un nœud HSR (deux étapes)	171
Figure A.9 – Connexion d'une horloge GMC à un anneau HSR par l'intermédiaire d'une RedBox	173
Figure A.10 – Couplage PRP à HSR par des horloges TC.....	174
Figure A.11 – Couplage PRP à HSR par des horloges BC	175
Tableau 1 – Attributs de NodesTable	108
Tableau 2 – Trame PRP_Supervision sans étiquette VLAN.....	111
Tableau 3 – Trame PRP_Supervision avec étiquette VLAN (facultative).....	112
Tableau 4 – Constantes PRP	114
Tableau 5 – Trame HSR_Supervision sans étiquette VLAN.....	139
Tableau 6 – Trame HSR_Supervision avec étiquette VLAN facultative.....	140
Tableau 7 – Constantes HSR.....	142

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**RÉSEAUX INDUSTRIELS DE COMMUNICATION –
RÉSEAUX D'AUTOMATISME À HAUTE DISPONIBILITÉ –****Partie 3: Protocole de redondance parallèle (PRP)
et redondance transparente de haute disponibilité (HSR)**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de la CEI. La CEI n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 62439-3 a été établie par le sous-comité 65C: Réseaux industriels, du comité d'études 65 de la CEI: Mesure, commande et automation dans les processus industriels.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2010. Cette édition constitue une révision technique. Les principales modifications apportées à l'édition précédente sont les suivantes:

- spécification de l'interconnexion des réseaux PRP et HSR;
- introduction d'un suffixe pour les trames PRP;
- clarification et modification des spécifications pour garantir l'interopérabilité;
- assouplissement des spécifications pour permettre des mises en œuvre différentes;
- prise en compte de la synchronisation des horloges conformément à la CEI 61588;

- introduction de modes d'essai visant à simplifier les essais et la maintenance.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
65C/687/FDIS	65C/705/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

La présente Norme internationale doit être lue conjointement avec la CEI 62439-1:2011.

Une liste des séries CEI 62439 est disponible, sous le titre général *Réseaux industriels de communication – Réseaux d'automatisme à haute disponibilité*, sur le site Web de la CEI.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

0 INTRODUCTION

0.1 Généralités

La CEI 62439-3 appartient à la série CEI 62439, *Réseaux industriels de communication – Réseaux d'automatisme à haute disponibilité*, qui spécifie les protocoles de redondance HSR et PRP, et a été adoptée par le TC57 WG10 comme méthode de redondance pour les réseaux d'automatisme de poste exigeants d'après la série CEI 61850, en introduisant de nouvelles exigences.

0.2 Modifications par rapport à l'édition précédente

Les principales modifications par rapport à la CEI 62439-3:2010 sont listées ci-après.

Alignement des numéros de séquence entre PRP et HSR pour permettre le couplage de réseaux HSR et PRP et simplifier la mise en œuvre de nœuds à mode double dans le matériel. En parallèle, introduire un suffixe dans la queue de contrôle de redondance PRP pour permettre une meilleure identification, des extensions et une coexistence ultérieures avec d'autres protocoles qui utilisent une queue. Cette modification n'est pas compatible vers le bas, des moyens sont donc prévus pour identifier la version et s'assurer de l'homogénéité des réseaux.

Elimination de toutes les restrictions de mise en œuvre sur l'algorithme de rejet des doublons (en particulier les références à l'algorithme de fenêtre de suppression et les références à l'orientation de la connexion) car d'autres méthodes telles que les tables de hachage peuvent être utilisées.

Suppression de la purge de la table de doublons. Remplacer cette méthode spécifique en exigeant qu'un algorithme de rejet des doublons offre un mécanisme de suppression des anciennes entrées, et donc s'assurer qu'un nœud peut être correctement réinitialisé.

Rendre les tables de nœuds facultatives pour les nœuds simples afin de simplifier la mise en œuvre matérielle.

Suppression de la mention explicite du mode HSR-PRP (PRP avec étiquettes HSR), mais l'autoriser via le mode N (pas de transmission).

Introduction du mode T (transmission) pour permettre aux ordinateurs portables de maintenance de configurer un anneau ouvert lorsqu'ils sont connectés à une extrémité, et du mode M (mélange) pour permettre la transmission de trames sans étiquette HSR dans un anneau fermé.

Recommandation de la position des connecteurs, plutôt que de l'imposer.

Définition du comportement d'un nœud HSR lorsqu'il rencontre des trames non HSR sans exiger l'enregistrement des adresses source et spécifier la manière dont les trames du Tableau 7-10 de l'IEEE 802.1D:2004 sont traitées.

Placement d'un préfixe devant les trames de supervision sur HSR par une étiquette HSR, afin de simplifier la mise en œuvre matérielle et d'introduire un EtherType unique pour HSR en vue de simplifier le traitement.

Modification de la règle pour que la RedBox autorise plusieurs réseaux PRP à se connecter à un anneau HSR et introduire un identificateur par paire de RedBox.

Spécification de l'étiquetage des trames de la CEI 61588 pour suivre les recommandations de l'IEEE C37.238 (informel)

Suppression de la substitution de l'adresse MAC.

Adaptation du MIB aux modifications ci-dessus.

0.3 Déclaration de brevet

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) attire l'attention sur le fait qu'il est déclaré que la conformité avec les dispositions du présent document peut impliquer l'utilisation d'un brevet intéressant le Filtrage de trames redondantes dans le nœud d'un réseau traité au 5.2.3.3.

La CEI ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à la portée de ces droits de propriété.

Le détenteur de ces droits de propriété a donné l'assurance à la CEI qu'il consent à négocier des licences avec des demandeurs du monde entier, à des termes et conditions raisonnables et non discriminatoires. À ce propos, la déclaration du détenteur des droits de propriété est enregistrée à la CEI. Des informations peuvent être demandées à:

Siemens Aktiengesellschaft
80333 München, Germany

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) attire l'attention sur le fait qu'il est déclaré que la conformité avec les dispositions du présent document peut impliquer l'utilisation d'un brevet intéressant la Réception de trames redondantes et non-redondantes (ABB Schweiz AG – WO 2006/053459 A1, EP 1825657, US 20070223533, CN 101057483) traitée au 4.2.7, intéressant l'Identification impropre du calage de dispositifs (ABB Schweiz AG – EP 2 015 501 A1) traitée au 4.3, intéressant le Dispositif critique avec disponibilité accrue (ABB Schweiz AG – EP 2 090 950 A1) traité au 4.4 et intéressant le Couplage de nœud d'un anneau pour réseaux de haute disponibilité (ABB Schweiz AG – WO 2010/010120 A1) traité au 5.2.3.

La CEI ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à la portée de ces droits de propriété.

Le détenteur de ces droits de propriété a donné l'assurance à la CEI qu'il consent à négocier des licences avec des demandeurs du monde entier, à des termes et conditions raisonnables et non discriminatoires. À ce propos, la déclaration du détenteur des droits de propriété est enregistrée à la CEI. Des informations peuvent être demandées à:

ABB Schweiz AG
Brown Boveri Strasse 6
5400 Baden, Switzerland

L'attention est d'autre part attirée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété autres que ceux qui ont été mentionnés ci-dessus. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de l'identification de ces droits de propriété en tout ou partie.

L'ISO (www.iso.org/patents) et la CEI (<http://patents.iec.ch>) maintiennent des bases de données, consultables en ligne, des droits de propriété pertinents à leurs normes. Les utilisateurs sont encouragés à consulter ces bases de données pour obtenir l'information la plus récente concernant les droits de propriété.

RÉSEAUX INDUSTRIELS DE COMMUNICATION – RÉSEAUX D'AUTOMATISME À HAUTE DISPONIBILITÉ –

Partie 3: Protocole de redondance parallèle (PRP) et redondance transparente de haute disponibilité (HSR)

1 Domaine d'application

La série CEI 62439 s'applique aux réseaux d'automatisme à haute disponibilité basés sur la technologie ISO/CEI 8802-3 (Ethernet).

La présente partie de la CEI 62439 spécifie deux protocoles de redondance conçus pour assurer une reprise transparente en cas de défaillance unique d'une maille inter-étage ou d'un pont au sein du réseau, qui reposent sur le même schéma: duplication du réseau local, duplication des informations transmises.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60050-191, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 191 : Sécurité de fonctionnement et qualité de service*

CEI 61588, *Precision clock synchronization protocol for networked measurement and control systems* (disponible en anglais seulement)

CEI 62439-1, *Industrial communication networks – High availability automation networks – Part 1: General concepts and calculation methods* (disponible en anglais seulement)

CEI 62439-2, *Industrial communication networks – High availability automation networks – Part 2: Media Redundancy Protocol (MRP)* (disponible en anglais seulement)

CEI 62439-6, *Industrial communication networks – High availability automation networks – Part 6: Distributed Redundancy Protocol (DRP)* (disponible en anglais seulement)

CEI 62439-7, *Réseaux de communication industriels – Réseaux de haute disponibilité pour l'automation – Partie 7: Protocole de redondance pour réseau en anneau (RRP)*

ISO/CEI 8802-3:2000, *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 3: Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications* (disponible en anglais seulement)

IEEE 802.1D:2004, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks – Media Access Control (MAC) Bridges* (disponible en anglais seulement)

IEEE 802.1Q:2011, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks –Media Access Control (MAC) Bridges and Virtual Bridge Local Area Network* (disponible en anglais seulement)

3 Termes, définitions, abréviations, acronymes et conventions

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans la CEI 60050-191 et dans la CEI 62439-1 ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1.1

interconnexion

liaison entre deux hiérarchies de réseaux

3.1.2

RedBox

dispositif permettant de connecter des nœuds simples à un réseau redondant

3.1.3

QuadBox

dispositif à quatre ports permettant de connecter deux anneaux HSR homologues, qui se comporte comme un nœud HSR dans chaque anneau et peut filtrer le trafic et le transmettre d'anneau en anneau

3.1.4

trame HSR

trame qui transporte EtherType en tant que HSR_ethertype

3.1.5

logique de commutation

matériel qui transmet une trame de port en port, en fournissant éventuellement une recoupe

Note 1 à l'article: Dans le présent document, les mots "ponts" et "pontage" sont respectivement synonymes des mots "commutateurs" et "commutation" lorsqu'ils s'appliquent à une connectivité de couche 2.

3.2 Abréviations et acronymes

Pour les besoins du présent document, les abréviations et acronymes suivants donnés dans la CEI 62439-1, ainsi que les suivants, s'appliquent.

CoS	Classe de Service (qualité de service de couche 2) (<i>Class of Service</i>)
DANH	Nœud à deux connexions mettant en œuvre la HSR (<i>Double attached node implementing HSR</i>)
DANP	Nœud à deux connexions mettant en œuvre le PRP (<i>Double attached node implementing PRP</i>)
RCT	Queue de contrôle de redondance (<i>Redundancy Check Trailer</i>)
VDAN	Nœud à deux connexions virtuelles (SAN du point de vue d'une RedBox) (<i>Virtual Doubly Attached Node</i>)

3.3 Conventions

Cette partie de la série CEI 62439 applique les conventions définies dans la CEI 62439-1.

4 Protocole de redondance en parallèle (PRP)

4.1 Principe de fonctionnement du PRP

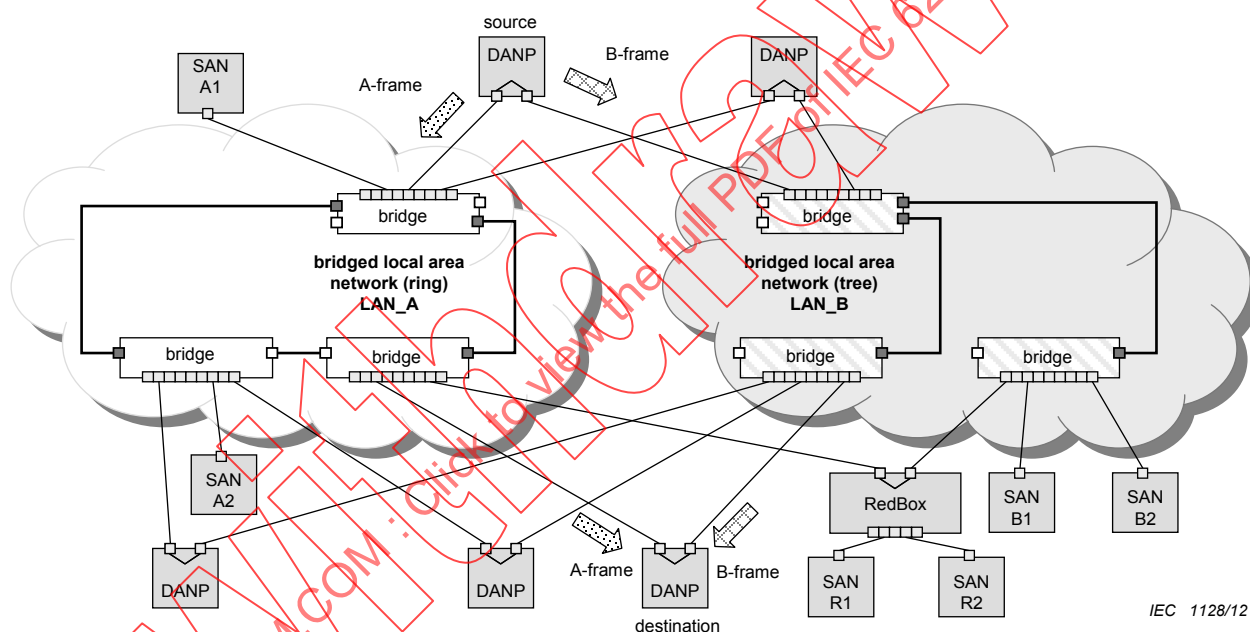
4.1.1 Topologie du réseau PRP

Ce protocole de redondance met en œuvre la redondance dans les nœuds plutôt que dans le réseau, à l'aide de nœuds obéissant à PRP (DANP).

Un DANP est connecté à deux réseaux locaux (LAN) indépendants de topologie similaire, nommés LAN_A et LAN_B, qui fonctionnent en parallèle. Un DANP source envoie la même trame sur les deux réseaux locaux et un DANP de destination la reçoit des deux réseaux locaux dans un délai donné, utilise la première trame et rejette le doublon.

La

Figure 1 présente un réseau redondant composé de deux réseaux locaux qui peuvent avoir une topologie quelconque (en arbre, en anneau ou maillée, par exemple).



Légende

Anglais	Français
A-frame	trame A
B-frame	trame B
bridge	pont
bridged local area network (ring)	réseau local en parallèle (anneau)
bridged local area network (tree)	réseau local en parallèle (arborescence)
Source	source
DANP	DANP
SAN	SAN
destination	destination
Redbox	Redbox

Figure 1 – Exemple PRP de réseau redondant général

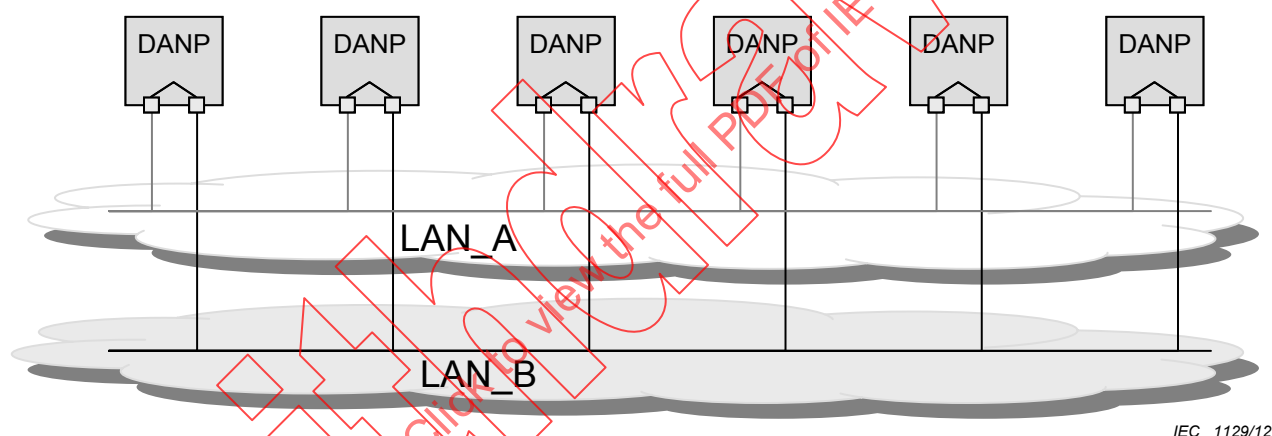
Les protocoles des deux réseaux locaux sont identiques au niveau MAC-LLC, mais ils peuvent différer en termes de performances et de topologie. Les retards de transmission peuvent également être différents, en particulier si l'un des réseaux se reconfigure (à l'aide du protocole RSTP, pour remédier à une défaillance interne, par exemple).

Les deux réseaux locaux suivent des règles de configuration qui permettent le bon fonctionnement des protocoles de gestion de réseau tels que les protocoles ARP et SNMP.

Les deux réseaux locaux ne sont pas connectés entre eux et sont considérés comme indépendants en cas de défaillance. La redondance peut être compromise par des points de défaillance uniques, tels qu'une alimentation commune ou une connexion directe dont la défaillance provoque la panne des deux réseaux. Les instructions d'installation du présent document donnent à l'installateur des informations permettant d'assurer l'indépendance en cas de défaillance.

4.1.2 Réseaux locaux PRP avec topologie linéaire ou en bus

Pour illustrer une topologie plus simple, la Figure 2 présente un réseau PRP constitué de deux réseaux locaux avec une topologie linéaire, qui peut également être une topologie en bus.



IEC 1129/12

Figure 2 – Exemple PRP de réseau redondant constitué de deux réseaux locaux (topologie en bus)

4.1.3 Réseaux locaux PRP avec topologie en anneau

Les deux réseaux locaux peuvent présenter une topologie en anneau (voir Figure 3).

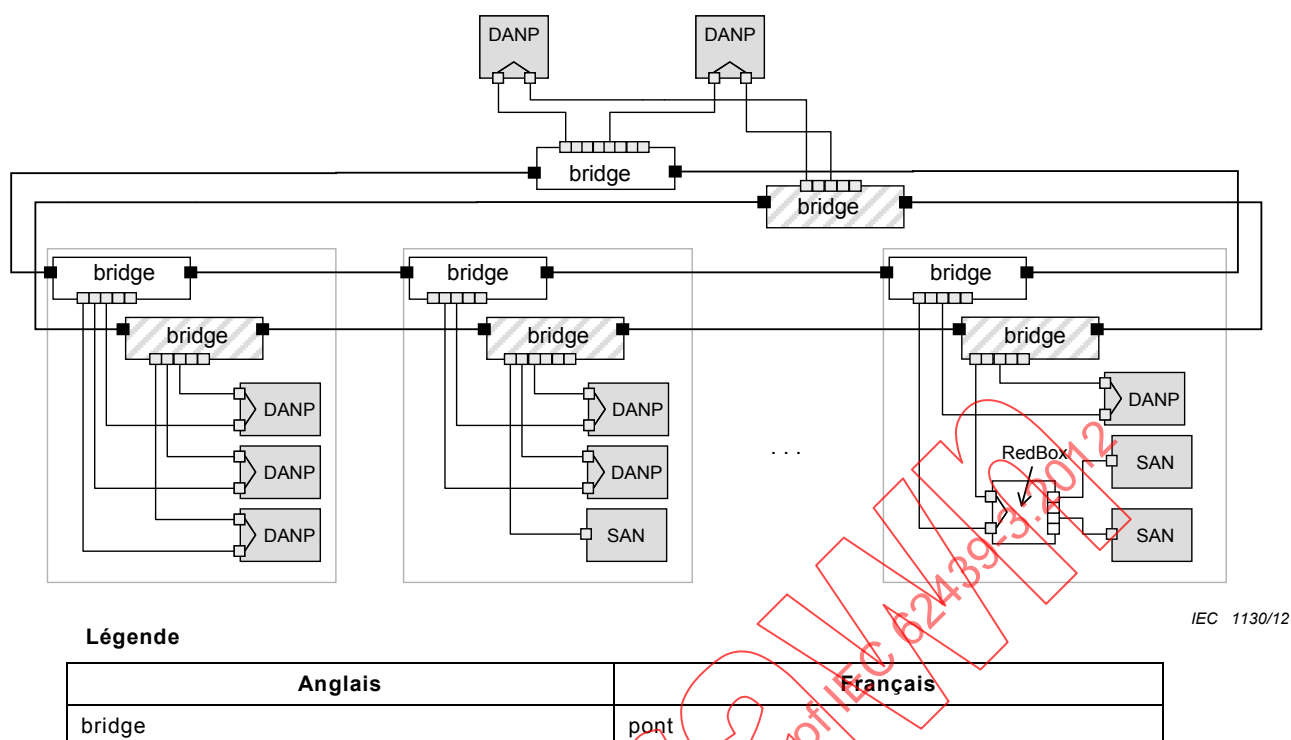
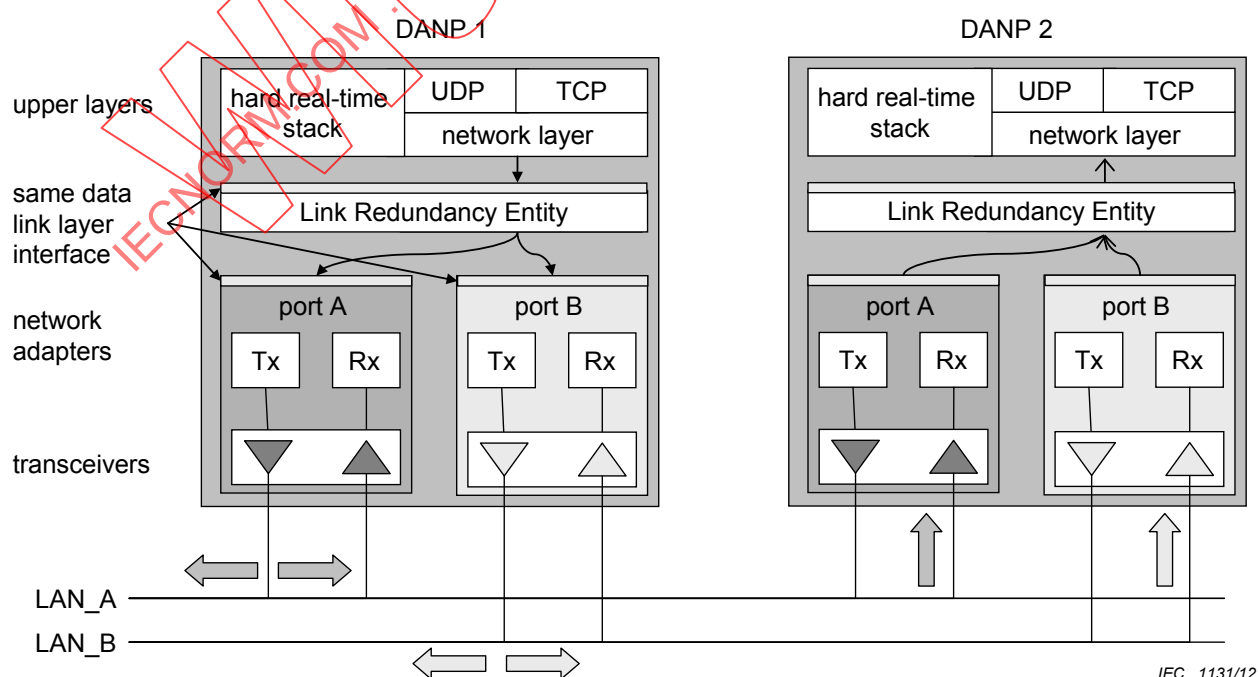


Figure 3 – Exemple PRP d'anneau redondant avec des SAN et des DANP

NOTE Dans ce cas, la redondance en anneau est assurée par un mécanisme différent (celui défini dans IEEE 802.1D ou dans d'autres protocoles CEI 62439, c'est-à-dire MRP, par exemple).

4.1.4 Structure des DANP

Chaque nœud dispose de deux ports qui fonctionnent en parallèle et sont connectés aux mêmes couches supérieures de la pile de communication via l'entité Link Redundancy Entity (LRE), voir Figure 4.



Légende

Anglais	Français
upper layers	couches supérieures
hard real-time stack	pile en temps réel dur
network layer	couche réseau
same data link layer interface	même interface de couche de liaison de données
Link Redundancy Entity	LRE
network adapters	cartes réseau
transceivers	émetteurs-récepteurs

Figure 4 – PRP avec deux DANP qui communiquent

Pour la communication de base, l'entité LRE présente avec ses couches supérieures la même interface que l'adaptateur réseau non redondant. Par conséquent, les couches supérieures ne peuvent être redondantes.

L'entité LRE a deux fonctions: le traitement des doublons et la gestion de la redondance.

Lorsqu'elle reçoit une trame des couches supérieures du nœud, l'entité LRE lui ajoute une queue de contrôle de redondance (RCT) contenant un numéro de séquence, puis envoie la trame par ses deux ports pratiquement en même temps. Les deux trames sont pratiquement identiques, sauf leur identificateur LAN (et la somme de contrôle).

Les deux trames transitent par les deux réseaux locaux avec des délais différents et arrivent pratiquement au même moment au nœud de destination.

Lorsqu'elle reçoit des trames du réseau, l'entité LRE transmet la première trame reçue d'une paire aux couches supérieures de son nœud et rejette le doublon (s'il arrive). Elle supprime la queue de contrôle de redondance, le cas échéant.

Pour gérer la redondance et vérifier la présence d'autres DANP, une entité LRE envoie régulièrement des trames PRP_Supervision et peut évaluer celles envoyées par d'autres DANP.

4.1.5 Connexion PRP de nœuds à une connexion

Les nœuds à une connexion (SAN) peuvent être connectés de deux manières:

Les SAN peuvent être connectés directement à un seul réseau local. Ce type de SAN peut communiquer uniquement avec d'autres SAN sur le même réseau local. Par exemple, à la

Figure 1, SAN A1 peut communiquer avec SAN A2, mais pas avec SAN B1 ou SAN B2. Les SAN peuvent communiquer (de manière non redondante) avec tous les DANP.

Les SAN peuvent être connectés par l'intermédiaire d'une RedBox (boîtier de redondance) aux deux réseaux locaux, comme l'illustre la

Figure 1 pour SAN R1 et SAN R2 (voir également 4.1.9). Ces SAN peuvent communiquer avec tous les DANP et SAN (SAN A1 et SAN R1 peuvent communiquer, par exemple).

NOTE Les SAN ne reconnaissent pas la présence de PRP. Il peut s'agir d'ordinateurs ou d'imprimantes prêts à l'emploi.

Dans certaines applications, seuls les dispositifs essentiels pour la disponibilité nécessitent deux connexions (les postes de travail des opérateurs, par exemple) tandis que la majorité des dispositifs sont des SAN. En tirant parti de l'infrastructure de base du protocole PRP, un DANP peut être connecté à deux ponts différents du même réseau local (un anneau, par

exemple) et utiliser des protocoles autres que PRP pour reconfigurer le réseau en cas de défaillance. Le DANP se comporte alors comme un pont, conformément à l'IEEE 802.1D. Par exemple, l'élément de pont peut mettre en œuvre le protocole RSTP ou un sous-ensemble de RSTP, où aucun trafic n'est transmis entre les ports. Ces capacités sont facultatives et ne sont pas détaillées dans la présente Norme internationale. Le mode pris en charge est spécifié dans la déclaration de conformité d'implémentation de protocole (voir 5.9).

4.1.6 Compatibilité entre les nœuds à une et deux connexions

Les nœuds à une connexion (SAN), par exemple, les ordinateurs portables de maintenance ou les imprimantes appartenant à un réseau local, peuvent être connectés à n'importe quel réseau local. Les ponts sont toujours des SAN. Un SAN connecté à un réseau local ne peut pas communiquer directement avec un SAN connecté à l'autre réseau local. Ces SAN ne reconnaissent pas la redondance PRP, mais les DANP génèrent un trafic que ces SAN comprennent. Toutefois, la condition est que les SAN ignorent la RCT dans les trames, et il convient que cela soit le cas, étant donné qu'un SAN ne peut pas distinguer la RCT du remplissage Ethernet. Inversement, les DANP comprennent le trafic généré par les SAN, puisque ceux-ci n'ajoutent pas de RCT. Ils transmettent uniquement une trame à leurs couches supérieures car le trafic des SAN utilise un seul réseau local.

4.1.7 Gestion du réseau

Un nœud possède la même adresse MAC sur les deux ports et un seul ensemble d'adresses IP est affecté à cette adresse. La redondance est donc transparente pour les couches supérieures et permet en particulier au protocole Address Resolution Protocol (ARP) de fonctionner de la même manière qu'un SAN. Les ponts d'un réseau local ne sont pas des dispositifs à deux connexions, c'est pourquoi tous les ponts gérés possèdent des adresses IP (et MAC) différentes. De préférence, un outil de gestion de réseau est un DANP et peut accéder aux nœuds et aux ponts des deux réseaux locaux.

4.1.8 Implication sur la configuration

Étant donné que la même trame peut provenir des deux ports avec une différence de temps significative, une trame peut être rejetée par erreur comme étant un doublon dans des cas exceptionnels. Par conséquent, il existe des mécanismes permettant de vieillir les trames, ces cas rares permettant d'accepter les doublons (situation que les applications tolèrent). Le trafic le plus élevé provient de données échantillonnées, dont il convient de choisir la période en considérant la différence du cas le moins favorable dans les retards de propagation.

4.1.9 Transition vers des réseaux non redondants

Le mécanisme de rejet des doublons peut être mis en œuvre par une RedBox qui assure la transition entre un SAN et les réseaux locaux doublés (voir Figure 5). La RedBox simule les SAN connectés derrière elle (VDAN ou DAN virtuels) et diffuse en multicast des trames de supervision en leur nom. La RedBox est elle-même un DANP et possède sa propre adresse IP à des fins de gestion, mais elle peut également exécuter des fonctions d'application.

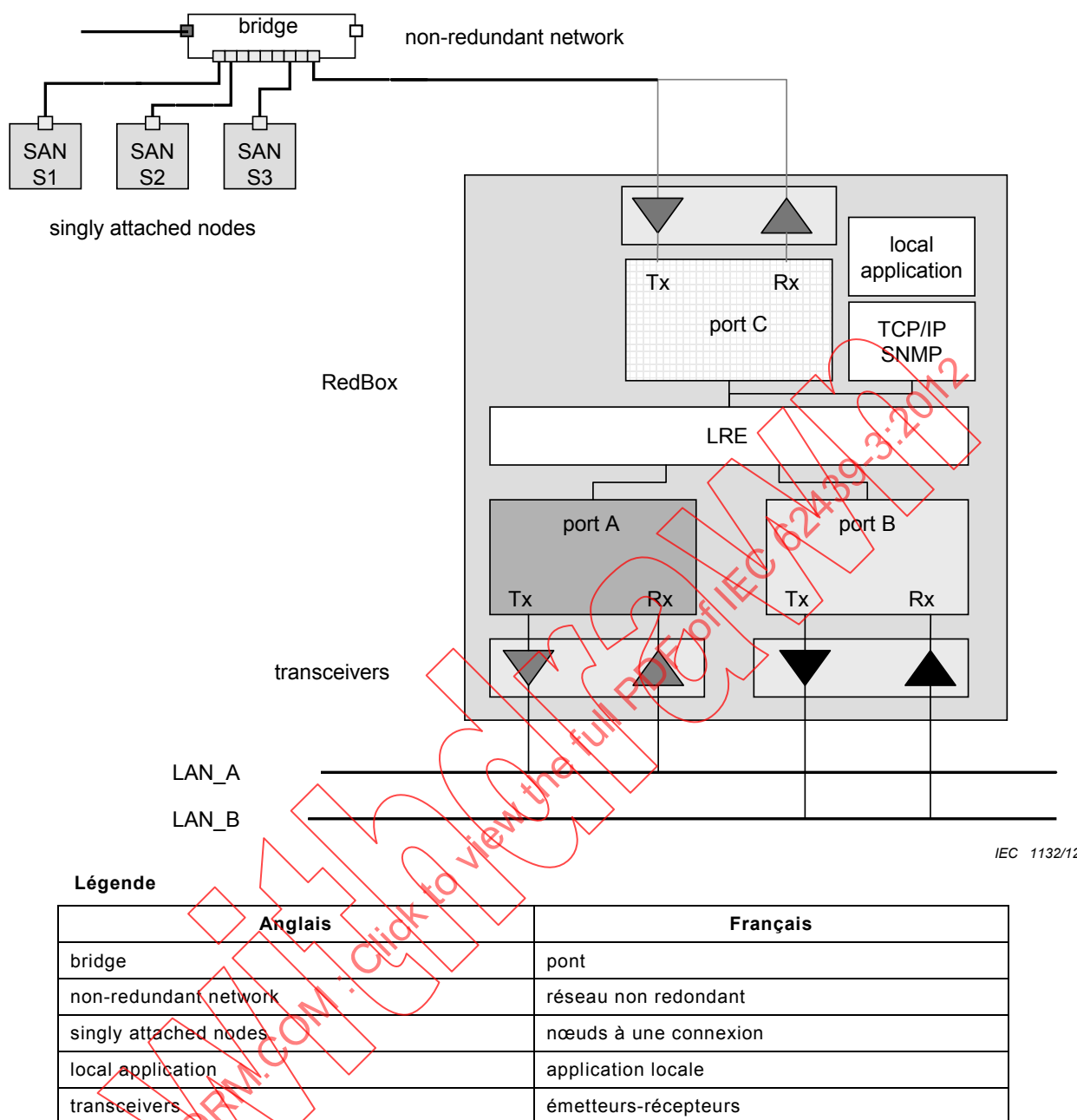


Figure 5 – RedBox PRP, transition d'un réseau local simple vers un réseau local double

4.1.10 Traitement des doublons

4.1.10.1 Mode d'acceptation des doublons (essai uniquement)

Le mode d'acceptation des doublons est utilisé pour les besoins de l'essai. Il s'agit de vérifier que les doublons sont écartés par la couche de liaison et pas par les protocoles de couche supérieure.

Dans ce mode, un émetteur est configuré pour envoyer les deux trames sans RCT.

Dans ce mode, un récepteur est configuré pour accepter et transférer les deux trames (si elles sont arrivées) à ses couches supérieures.

Un nœud indique son mode (acceptation des doublons/rejet des doublons) dans ses trames de supervision.

NOTE Les couches supérieures écartent également les doublons, mais de manière moins efficace que la couche de liaison.

4.1.10.2 Mode de rejet des doublons

4.1.10.2.1 Principe

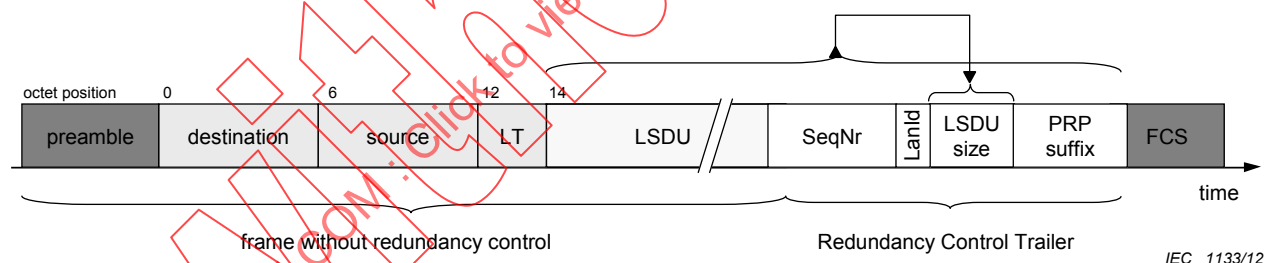
Pour permettre aux récepteurs de détecter les doublons, la LRE émettrice ajoute un champ à six octets contenant un numéro de séquence, la queue de contrôle de redondance (RCT), aux deux trames qu'elle envoie (voir Figure 6).

La LRE réceptrice utilise le numéro de séquence du RCT et l'adresse MAC source pour détecter les doublons. Elle transfère uniquement la première trame d'une paire à ses couches supérieures. Pour délester le processeur d'application, la LRE peut être dotée d'un préprocesseur indépendant, d'un contrôleur Ethernet intelligent ou d'un matériel.

Assurer le suivi des doublons permet également d'améliorer la supervision de la redondance. Le récepteur peut éventuellement supprimer la RCT avant de transférer la (première) trame à sa couche supérieure.

La RCT est composée des champs suivants:

- numéro de séquence 16 bits (SeqNr);
- identificateur de réseau local 4 bits (LanId);
- taille de trame 12 bits (LSDUsize).
- suffixe de 16 bits (PRPsuffix).



Légende

Anglais	Français
octet position	position d'octet
preamble	préambule
LSDU size	taille LSDU
PRP suffix	suffixe PRP
time	durée
frame without redundancy control	trame sans contrôle de redondance
Redundancy Control Trailer	queue de contrôle de redondance

Figure 6 – Trame PRP étendue par une RCT

La LRE envoie les deux trames (pratiquement identiques) sur les deux réseaux locaux.

La LRE de réception peut ensuite détecter les doublons en fonction de la RCT.

NOTE 1 Cette méthode considère que des SAN sont également présents sur le réseau et que les trames envoyées par les SAN peuvent être rejetées par erreur en tant que doublons, car leur champ de fin affiche le suffixe PRP correct, le même numéro de séquence et la même taille. Cependant, les SAN envoient les trames sur un seul réseau local et la source ne sera pas identique à celle d'une autre trame, donc une trame provenant d'un SAN ne sera jamais rejetée.

NOTE 2 La réception d'une RCT bien formée ne prouve pas que le nœud source est un DANP. Le DANP accepte la trame même si le chemin est incorrect.

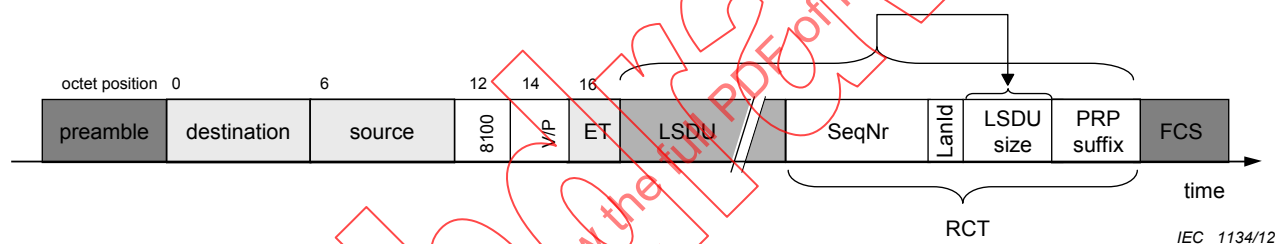
4.1.10.2.2 Utilisation de PRPsuffix

PRPsuffix identifie les trames PRP et les distingue des autres protocoles qui ajoutent également une queue à leurs données utiles.

4.1.10.2.3 Utilisation de LSDUsize

Le champ LSDUsize à 12 bits contient la longueur de l'unité de données de service de liaison (LSDU) en octets. Ce champ permet au récepteur de distinguer les trames PRP des trames non redondantes aléatoires dans le cadre d'un contrôle supplémentaire.

Dans les VLAN, des étiquettes VLAN de trame peuvent être ajoutées ou supprimées pendant le transit via un pont. Pour que le champ de longueur soit indépendant de l'étiquetage VLAN, seules la LSDU et la RCT sont prises en compte dans LSDUsize (voir Figure 7).



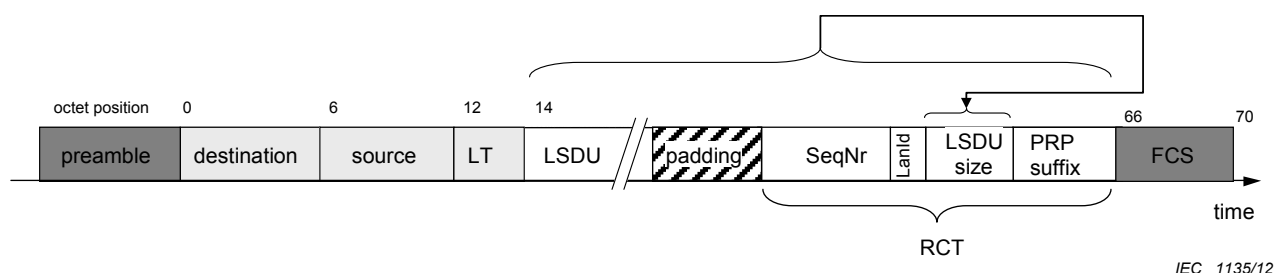
Légende

Anglais	Français
octet position	position d'octet
LSDU size	taille LSDU
PRP suffix	suffixe PRP
time	durée
preamble	préambule

Figure 7 – Trame PRP à étiquette VLAN étendue par une RCT

Si le récepteur détecte que la trame est fermée par le suffixe PRP correct, que les 12 bits qui précèdent le suffixe PRP correspondent à la taille LSDU et que l'identificateur de réseau local correspond à celui du port destinataire, la trame est candidate au rejet.

Etant donné que les trames courtes nécessitent un remplissage pour atteindre la taille de trame minimale de 64 octets, l'émetteur inclut déjà le remplissage pour éviter d'analyser la trame à partir de la fin (voir Figure 8). La taille de trame minimale est étendue à 70 octets étant donné que la LRE ou qu'une RedBox peut supprimer la RCT.



Légende

Anglais	Français
octet position	position d'octet
LSDU size	taille LSDU
PRP suffix	suffixe PRP
time	durée
preamble	préambule
padding	remplissage

Figure 8 – Trame remplie PRP fermée par une RCT

La taille du remplissage est augmentée à 74 octets si une étiquette VLAN est utilisée.

NOTE Une trame à étiquette VLAN peut passer par plusieurs ponts, ce qui supprime ou insère des étiquettes VLAN. Si l'émetteur respecte la règle de l'ISO/CEI 8802-3 sur l'envoi de trames d'une taille minimale de 68 octets pour une trame à étiquette VLAN et de 64 octets pour une trame sans étiquette VLAN, il n'y aura pas de situations dans lesquelles il existe un remplissage avant et après la RCT.

4.1.10.2.4 Utilisation de LanId

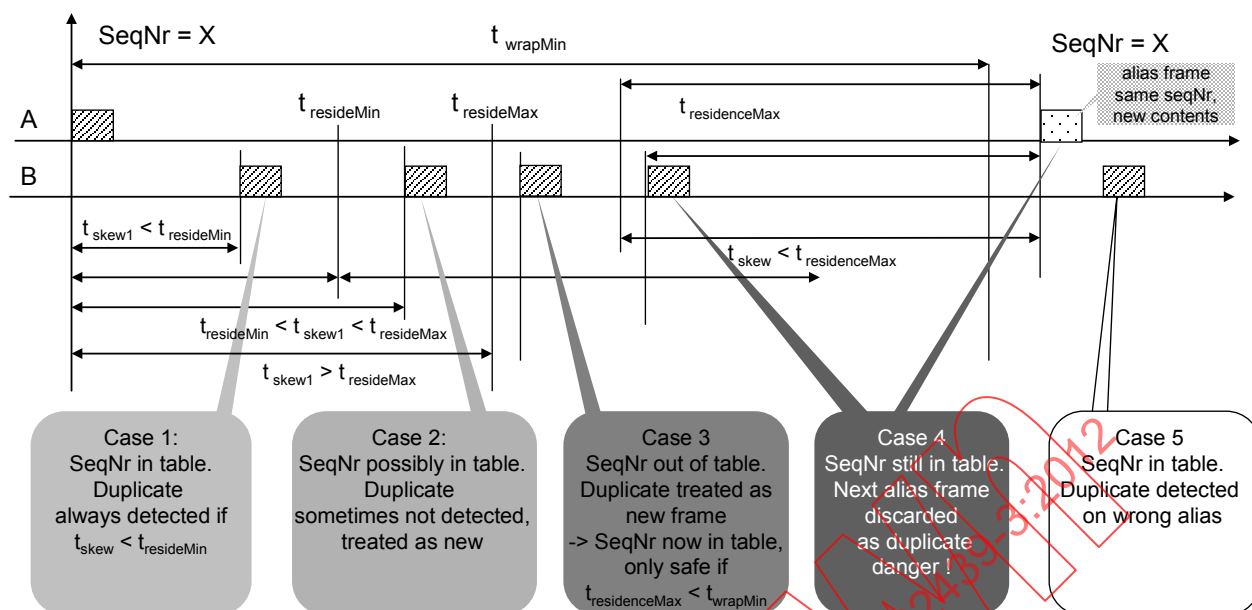
Le champ LanId 4 bits de la RCT transporte un identificateur différent pour LAN_A ou LAN_B, notamment les codes 1010 ("A") et 1011 ("B"). La trame A et la trame B diffèrent donc d'un bit (et au niveau de la FCS). Le récepteur vérifie que la trame provient du réseau local approprié. Il ne rejette pas une trame qui provient du mauvais réseau local, car il pourrait s'agir d'une trame légitime dont le suffixe PRP et les informations de longueur se trouvent dans les 28 derniers bits, mais il incrémente le compteur d'erreurs CntErrWrongLanA ou CntErrWrongLanB, cela pouvant révéler une erreur de configuration. Ce type d'erreur étant permanent, il est rapidement détecté.

4.1.10.2.5 Utilisation de SeqNr

Le champ SeqNr à 16 bits est incrémenté de un pour chaque trame qu'un DANP envoie. Le doublet {adresse MAC source, numéro de séquence} identifie de manière unique les différentes copies d'une même trame.

L'algorithme de rejet des doublons n'est pas spécifié. Par exemple, des tables de nœuds, des tables de hachage, le principe de FIFO ou le suivi des numéros de séquence peuvent être utilisés. Quel que soit l'algorithme, il est conçu de manière à ne jamais rejeter une trame légitime alors que l'acceptation occasionnelle d'un doublon peut être tolérée. Étant donné que SeqNr à 16 bits est remis à zéro après 65 536 trames et que les numéros de séquence ne sont pas nécessairement contigus, les entrées ayant dépassé une durée EntryForgetTime spécifiée sont purgées. Cela permet également un redémarrage de nœud à n'importe quel numéro de séquence.

La Figure 9 illustre les conditions de rejet des trames.



Légende

IEC 1136/12

Anglais	Français
alias frame same SeqNr, new contents	même SeqNr de trame d'alias, nouveau contenu
Case 1: SeqNr in table. Duplicate always detected if	Cas 1: SeqNr dans le tableau. Doublet toujours détecté si
Case 2: SeqNr possibly in table. Duplicate sometimes not detected, treated as new	Cas 2: SeqNr éventuellement dans le tableau. Doublet parfois non détecté, traité comme nouveau
Cas 3: SeqNr out of table. Duplicate treated as new frame -> SeqNr now in table, only safe if	Cas 3: SeqNr absent du tableau. Doublet traité comme une nouvelle trame -> SeqNr désormais dans le tableau, sûr uniquement si
Case 4: SeqNr still in table. Next alias frame discarded as duplicate danger !	Cas 4: SeqNr toujours dans le tableau. Trame d'alias suivante rejetée comme doublet dangereux!
Cas 5: SeqNr in table. Duplicate detected on wrong alias	Cas 5: SeqNr dans le tableau. Doublet détecté sur le mauvais alias

Figure 9 – Limites de l'algorithme de rejet de doublons

La durée $t_{wrapMin}$ correspond au délai minimum possible entre deux répétitions du même numéro de séquence par des trames légitimes après 65 536 incréments (dictée par l'application et les contraintes de réseau).

Dans un réseau 100 Mbit/s, la durée $t_{wrapMin}$ est d'environ 400 ms à la vitesse de répétition de trame maximale théorique de la même source.

La durée t_{skew} correspond à la différence de temps entre l'arrivée de deux copies de la même trame.

La durée $t_{resideMax}$ correspond à la durée maximale pendant laquelle une entrée est conservée dans la table de doublons. Elle est inférieure à EntryForgetTime.

Règles de rejet fiable: $t_{skew} < t_{resideMin}$

Règle d'acceptation sûre: $t_{resideMax} < t_{aliasRepMin}$

Un nœud qui redémarre évite de générer des alias en n'envoyant pas de trames pendant une durée plus longue qu'EntryForgetTime (voir Tableau 4) à la mise en marche. Pendant cette durée, les récepteurs vieillissent l'entrée des tables de doublons.

4.1.10.2.6 Restriction concernant la taille des trames

L'ajout de la RCT peut générer des trames surdimensionnées qui dépassent la valeur maxValidSize prévue par l'ISO/CEI 8802-3 (1 522 octets).

Par conséquent, il est prévu que chaque composant de réseau des LAN prenne en charge les trames surdimensionnées jusqu'au maxValidSize prévu par l'ISO/CEI 8802-3 plus 6 octets de la RCT (1 528 octets).

NOTE La plupart des ponts sont dimensionnés pour des trames à double étiquette VLAN (non conformes à l'ISO/CEI 8802-3) d'une taille maximale de 1 526 octets. La plupart des contrôleurs Ethernet sont certifiés jusqu'à 1 528 octets. Les ponts transfèrent correctement les trames de 1 536 octets au maximum.

4.1.11 Supervision du réseau

L'état de chaque réseau local et des dispositifs qui y sont connectés (nœuds et ponts) est surveillé, sans quoi la redondance a peu d'utilité.

Le récepteur vérifie que les trames sont correctement reçues sur les deux canaux. Il gère les compteurs d'erreurs que la gestion de réseau peut lire.

A cette fin, les émetteurs et les récepteurs peuvent gérer des tables qui enregistrent l'heure de réception de la dernière trame en provenance d'un autre nœud, l'heure d'envoi d'une trame de multicast ou de diffusion et d'autres informations de protocole.

La supervision repose sur chaque DANP qui envoie régulièrement une trame PRP_Supervision permettant de vérifier l'intégrité du réseau et la présence des nœuds. En parallèle, ces trames permettent de vérifier quels dispositifs sont des DANP, les adresses MAC qu'ils utilisent et le mode de fonctionnement qu'ils prennent en charge (acceptation ou rejet des doublons).

4.1.12 Interface de gestion de la redondance

Les dispositifs et les liaisons redondants sont inutiles en l'absence d'une gestion de réseau qui supervise cette redondance et exige des actions de maintenance.

La LRE présente une interface de gestion de réseau qui permet de suivre l'état de chaque réseau local, et en particulier de détecter rapidement les défaillances lorsque le taux d'erreur augmente. A cette fin, la LRE gère pour chaque port un compteur des messages reçus et des messages reçus avec une erreur.

Le statut des réseaux locaux apparaît sous la forme d'objet SNMPv1 ou SNMPv2/v3. Cela permet d'utiliser les mêmes outils pour gérer les nœuds et les ponts.

NOTE SNMP fait partie de la suite de protocoles IP.

4.2 Spécifications du protocole PRP

4.2.1 Instructions d'installation, de configuration et de réparation

4.2.1.1 Généralités

Les instructions suivantes s'appliquent lors de l'installation. Elles ne s'appliquent pas aux essais de conformité des dispositifs.

4.2.1.2 Disposition des réseaux locaux

Le réseau doit être composé de deux réseaux locaux présentant des propriétés similaires, c'est-à-dire que chacun peut transporter le trafic qui existerait en l'absence de redondance.

Le DANP doit être connecté aux réseaux locaux.

Les SAN qui ont besoin de communiquer entre eux doivent être connectés au même réseau local ou aux deux réseaux locaux via une RedBox.

4.2.1.3 Etiquetage des câbles

Les deux réseaux locaux doivent utiliser des câbles clairement identifiés A et B.

Si des couleurs sont utilisées pour identifier les câbles, il convient d'utiliser la couleur rouge pour A et la couleur bleue pour B.

NOTE L'objectif est de permettre aux personnes ne percevant pas les couleurs de les distinguer.

4.2.1.4 Identification des ponts

Il convient que les ponts des deux réseaux locaux portent une étiquette ou une couleur distincte pour A et B.

4.2.1.5 Fonctionnement indépendant

La disposition des deux réseaux locaux doit être adaptée à l'hypothèse d'indépendance en cas de défaillance.

4.2.1.6 Configuration

Tous les DANP doivent être configurés avec la même valeur LifeCheckInterval (voir 4.5).

4.2.2 Adresses MAC

Les ports A et B d'un DANP doivent être configurés avec la même adresse MAC.

Cette adresse doit être unique au sein du réseau.

Les SAN connectés à un seul réseau local ne doivent pas avoir la même adresse MAC qu'un autre nœud du réseau global (LAN_A + LAN_B).

4.2.3 Adresses MAC multicast

Tous les nœuds du réseau doivent être configurés de manière à utiliser la même adresse multicast pour la supervision du réseau (voir 4.3).

4.2.4 Adresses IP

La ou les adresses IP d'un nœud ou d'un pont du réseau global (LAN_A + LAN_B) doivent être uniques.

NOTE 1 Un dispositif peut avoir plusieurs adresses IP.

Un DANP doit avoir la ou les mêmes adresses IP du point de vue de LAN_A ou LAN_B.

Les ponts sur LAN_A et LAN_B sont considérés comme des SAN et doivent avoir des adresses IP différentes pour la gestion du réseau, même s'ils occupent le même emplacement.

NOTE 2 Un schéma possible consiste à distinguer les adresses IP d'un bit (allouer les adresses IP paires aux dispositifs LAN_A et les adresses IP impaires aux dispositifs LAN_B, par exemple).

4.2.5 Nœuds

4.2.5.1 Types de nœuds

Les nœuds à deux connexions selon le protocole de redondance parallèle (DANP) doivent avoir deux ports (port A et port B) dotés des mêmes capacités, et pourraient notamment être utilisés seuls si un seul réseau local était connecté, le port A étant connecté à LAN_A et le port B à LAN_B.

Les nœuds à une connexion (SAN) ne disposent que d'un seul port pour ce protocole, aucune exigence particulière ne s'appliquant à eux.

4.2.5.2 Etiquetage des connecteurs

Ce paragraphe s'applique à un DANP qui utilise deux réseaux locaux de nature similaire.

Les connecteurs de chaque réseau local doivent être étiquetés explicitement comme A et B.

Lorsque les connecteurs sont placés verticalement, il convient que LAN_A soit le connecteur supérieur et LAN_B le connecteur inférieur en position normale.

Lorsque les connecteurs sont placés horizontalement, il convient que le connecteur de gauche soit le LAN_A et que le connecteur de droite soit le LAN_B, comme cela est visible depuis le côté où les câbles ou les fibres sont branchés.

Les connecteurs redondants doivent pouvoir être retirés et mis en place indépendamment.

4.2.6 Mode d'acceptation des doublons (essai uniquement)

4.2.6.1 Envoi

Un émetteur en mode d'acceptation des doublons doit envoyer la trame qu'il reçoit de ses couches supérieures sans la modifier sur ses deux ports, afin que les deux trames apparaissent sur les réseaux locaux respectifs.

4.2.6.2 Réception

Un récepteur en mode d'acceptation des doublons doit transférer les trames reçues d'un port vers ses couches supérieures.

NOTE L'acceptation des doublons est un paramètre qui n'est pas utilisé pour le fonctionnement.

4.2.7 Mode de rejet des doublons

4.2.7.1 Surveillance de l'ensemble de données

Un nœud doit gérer un ensemble de données constitué des éléments suivants:

SendSeq	obligatoire	Numéro de séquence à 16 bits utilisé par ce nœud pour l'envoi
CntErrorA et CntErrorB	facultatif	Pour chaque port A et B, compteur 32 bits indiquant le nombre de trames erronées reçues
CntReceivedA et CntReceivedB	facultatif	Pour chaque port A et B, compteur 32 bits indiquant le nombre de trames reçues
CntErrWrongLanA et CntErrWrongLanB	facultatif	Pour chaque port A et B, compteur 32 bits indiquant le nombre de discordances
ActiveA et ActiveB	facultatif	Pour chaque port A et B, statut de la liaison de communication
NodesTable	facultatif	Table de tous les autres nœuds que ce nœud détecte

4.2.7.2 NodesTable

Un nœud peut gérer un NodesTable pour le besoin de la supervision du réseau. Si un NodesTable est utilisé, il doit contenir les éléments donnés au Tableau 1 pour chaque entrée.

Tableau 1 – Attributs de NodesTable

Argument	Définition	Type de données
MacAddress	Adresse MAC du nœud source distant (6 octets)	OctetString6
CntReceivedA	Nombre de trames reçues de ce nœud sur LAN_A	Unsigned32
CntReceivedB	Nombre de trames reçues de ce nœud sur LAN_B	Unsigned32
CntErrWrongLanA	Nombre de trames reçues de ce nœud avec un identificateur LAN incorrect sur LAN_A	Unsigned32
CntErrWrongLanB	Nombre de trames reçues de ce nœud avec un identificateur LAN incorrect sur LAN_B	Unsigned32
TimeLastSeenA	Heure de réception de la dernière trame depuis ce nœud sur LAN_A	TimeTicks
TimeLastSeenB	Heure de réception de la dernière trame depuis ce nœud sur LAN_B	TimeTicks
SanA	True si le nœud distant est très probablement un SAN accessible sur le port A	Boolean1
SanB	True si le nœud distant est très probablement un SAN accessible sur le port B	Boolean1

Un nœud doit supprimer une entrée NodesTable lorsque le délai écoulé depuis la réception d'une trame de ce nœud donné sur TimeLastSeenA et TimeLastSeenB dépasse NodeForgetTime (voir 4.5).

NOTE 1 NodesTable est rempli par les trames reçues et permet de distinguer les SAN des DANP. Un nœud peut envoyer des trames sans RCT et sur un port uniquement s'il peut identifier la destination en tant que SAN. Un nœud sans NodesTable envoie toujours toutes les trames avec une RCT sur deux ports, même si la destination est un SAN. Dans des applications présentant principalement du trafic de diffusion, l'impact sur le réseau est limité.

NOTE 2 L'attribut clé de NodesTable est MacAddress reçu dans la trame PRP_Supervision envoyée par un DANP ou une trame reçue d'un SAN.

NOTE 3 La plupart de ces attributs existent non seulement en un exemplaire par nœud physique distant, mais également en tant qu'exemplaires distincts pour chaque adresse de diffusion/multicast utilisée par ce nœud. Dans certains cas, ils existent également pour chaque adresse de diffusion/multicast utilisée par ce nœud (local).

NOTE 4 TimeTicks est l'unité de temps locale, pas un temps global.

4.2.7.3 Queue de contrôle de redondance (RCT)

La queue de contrôle de redondance (RCT, Redundancy Control Trailer) ajoutée aux trames DANP doit être composée de six octets, structurés de la manière suivante (dans l'ordre de transmission):

- un numéro de séquence de 16 bits (SeqNr) transmis avec les 8 bits de poids fort du premier octet, qui reflète le compteur SendSeq (voir 4.2.7.1);
- un identificateur de réseau local de 4 bits (LanId) transmis comme les 4 bits de poids fort du troisième octet, qui transporte respectivement la séquence 1010 pour LAN_A et 1011 pour LAN_B;
- une taille de LSDU de 12 bits (LSDUsize) dont les 4 bits de poids fort sont transmis dans les 4 bits de poids faible du troisième octet, et les 8 bits de poids faible dans le quatrième octet, qui indique la taille en octets de la LSDU entre la fin du champ Protocol Type (PT) comme défini dans l'ISO/CEI 8802-3 et l'IEEE 802.1Q (décalage d'octets 12-13 sans en-tête LAN ou 16-17 avec en-tête VLAN) et la RCT, à l'exclusion du PT le remplissage possible et la RCT elle-même;
- un PRPsuffix de 16 bits, défini sur 0x88FB.

NOTE 1 Le remplissage inséré avant la RCT est inclus dans la taille de LSDU.

NOTE 2 L'objectif est de faire en sorte que LSDUsize soit identique dans PRP et HSR.

4.2.7.4 Envoi (mode de rejet des doublons)

4.2.7.4.1 Envoi

Lorsqu'il envoie une trame provenant de ses couches supérieures, un nœud doit:

If the destination node is not registered as a SAN in the NodesTable

If the frame carries a IEEE 802.1Q tag and has a size smaller than 64 octets (without FCS)

pad the frame to 64 octets as specified in ISO/IEC 8802-3

If the frame does not carry a IEEE 802.1Q tag and has a size smaller than 60 octets (without FCS)

pad the frame to 60 octets as specified in ISO/IEC 8802-3

increment SendSeq (see 4.2.7.1), wrapping over through 0;

append the 6-octet RCT with a LanId "A" for portA and LanId "B" for portB;

append the 4-octet FCS;

send the frame with LanId "A" through portA and the frame with LanId "B" through portB;

Else

send the frame to the port(s) where the SAN is registered;

NOTE 1 Des nœuds simples ne disposent pas de NodesTable et n'enregistrent pas les nœuds distants en tant que DANP ou SAN. Ils ajoutent toujours la RCT et l'envoient sur les deux ports.

NOTE 2 Le remplissage total à 70 octets (pas d'étiquette VLAN) considère que la LRE ou une RedBox a pu supprimer la RCT à 6 octets. Le remplissage à 74 (avec étiquette VLAN) considère en outre qu'un port d'extrémité a pu supprimer l'étiquette de priorité à 4 octets. De cette manière, la trame donnée à la destination respecte la taille de trame minimale de 64 octets, et la RCT est toujours placée juste avant la FCS.

4.2.7.4.2 Echéancement

Il convient que le laps de temps entre l'émission des deux trames d'une paire soit réduit au minimum pour réduire l'asymétrie entre les délais de transmission.

En particulier, il convient que des trames en attente d'émission soient retirées de la file d'émission si le port correspondant n'est pas opérationnel.

4.2.7.5 Récepteur (mode de rejet des doublons)

4.2.7.5.1 Réception

Lors de la réception d'une trame sur un port, le récepteur doit:

If the frame is erroneous,

increment the error counter of the respective port CntErrorsA or CntErrorsB (see 4.2.7.1) and ignore the frame;

Else if the destination MAC address belongs to the reserved addresses in IEEE 802.1Q -2004 Table 7-10, treat the frame at the link layer;

Else if the frame is a duplicate (see 4.2.7.5.2 and 4.2.7.5.3), discard it;

Else forward the frame to the upper layers.

NOTE Les trames avec une adresse MAC de destination conforme à l'IEEE 802.1Q -2004 Tableau 7-10 sont traitées au niveau de la couche de liaison et supposées ne pas transporter de RCT, même envoyée par un DANP.

4.2.7.5.2 Identification des trames associées au mode de rejet des doublons

Un récepteur doit identifier un doublon potentiel comme étant une trame valide:

- dont les 16 derniers bits avant la somme de contrôle correspondent au PRPsuffix de 16 bits,
- dont les 12 bits avant le PRPsuffix correspondent à la taille physique de la LSDU (à l'exclusion de ProtocolType PT, mais avec la RCT) et
- dont le LanId correspond à l'identité LAN du port de réception, 1010 (A) ou 1011 (B)

4.2.7.5.3 Méthode de rejet de doublons

La méthode de rejet de doublons ne doit pas rejeter une trame envoyée seule ou les deux trames d'une paire, alors qu'exceptionnellement, les deux trames d'une paire peuvent être transmises aux couches de protocole supérieures.

La méthode de rejet des doublons doit oublier une entrée après EntryForgetTime (voir Tableau 4).

4.2.7.5.4 Réception transparente

Un récepteur configuré pour TransparentReception (par défaut) ne doit pas supprimer la RCT avant de transférer la trame à ses couches supérieures.

Un récepteur non configuré pour TransparentReception doit supprimer la RCT sur les trames s'il a détecté la présence de la RCT.

4.2.7.5.5 Réception et NodesTable

Si le nœud prend en charge un NodesTable, il doit, à la réception d'une trame:

If this frame is not a PRP_Supervision frame and its source MAC address is not yet in the NodesTable,
create an entry in the NodesTable for that source MAC address assuming it is a SanA or a SanB, depending which LAN the frame arrives on;

Else if this frame is a PRP_Supervision frame, and its source is not yet in the NodesTable,
create an entry in the NodesTable for that source assuming DANP Duplicate Accept or Duplicate Discard according to the PRP_Supervision frame contents. If the source is already in the NodesTable, update its status to DANP Duplicate Accept or Duplicate Discard;

record the local time at which the frame was received in the TimeLastSeenA, respectively TimeLastSeenB fields of the NodesTable for that source;

increment by one (wrapping through 0) the counters CntReceivedA, respectively CntReceivedB of the NodesTable for that source.

If it receives the frame from LAN_B from a node registered as SanA, or over LAN_A from a node registered as SanB,

set $\text{SanA} = \text{SanB} = 1$ for that source:

If the LanId does not match the identity of the port,

increment the CntErrWrongLanA, respective CntErrWrongLanB counter of the source device.

NOTE 1 La mise à jour de SanA et SanB permet de déplacer un SAN de LAN_A vers LAN_B et inversement. Dans ce cas, le DANP envoie les données sur les deux réseaux locaux et, après NodeForgetTime, limite l'envoi au réseau local approprié.

NOTE 2 La réception d'une RCT bien formée n'est pas un critère suffisant pour déclarer sa source en tant que DANP, certains protocoles répondant avec une trame identique à celle reçue.

4.3 Trame PRP_Supervision

4.3.1 Trame de supervision de DANP

Chaque DANP doit diffuser en multicast une trame PRP_Supervision sur chacun de ses deux ports au format spécifié au Tableau 2 (pas de VLAN) respectivement Tableau 3 (avec VLAN) à une fréquence déterminée par LifeCheckInterval (voir 4.5).

Tableau 2 – Trame PRP_Supervision sans étiquette VLAN

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0						msb	U/L	I/G								
2	PRP_DestinationAddress = multicast (01-15-4E-00-01-XX)															
4									lsb							
6						msb	U/L	0								
8	SourceAddress (adresse MAC du nœud)															
10									lsb							
12	SupEtherType = 0x88FB															
14	SupPath				SupVersion < 64											
16	SupSequenceNumber															
18	TLV1.Type = 20 ou 21								TLV1.Length = 6							
20						msb	U/L	0								
22	MacAddress (adresse MAC du DANP)															
24									lsb							
26	TLV2.Type = 30								TLV2.Length = 6							
28						msb	U/L	0								
30	RedBoxMacAddress															
32									lsb							
34	TLV0.Type = 0								TLV0.Length = 0							
36																
	Remplissage à 70 octets (pas de VLAN)															
60	SeqNr															
62	LanId (0x1010 ou 0x1011)				LSDUsize = 52											
64	PRPsuffix = 0x88FB															
66	FCS															
68																
70																

Tableau 3 – Trame PRP_Supervision avec étiquette VLAN (facultative)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0						msb	U/L	I/G								
2																
4									lsb							
6						msb	U/L	0								
8																
10									lsb							
12																
14																
16																
18																
20																
22																
24						msb	U/L	0								
26																
28									lsb							
30																
32						msb	U/L	0								
34																
36									lsb							
38																
40																
42																
44																
46																
48																
50																
52																
54																
56																
58																
60																
62																
64																
66																
68																
70																
72																
74																

NOTE Dans cet exemple, la longueur des adresses MAC est supposée être de 6 octets.

4.3.2 Contenu de la trame PRP_Supervision

Le contenu d'une trame PRP_Supervision est défini comme suit:

PRP_DestinationAddress	Adresse multidiffusion 01-15-4E-00-01-XX réservée pour ce protocole. Par défaut, XX est "00", mais si des conflits se produisent, XX peut être configuré pour prendre n'importe quelle valeur comprise entre 0x00 et 0xFF.
SourceAddress	Adresse MAC du nœud
SupEtherType	EtherType 0x88FB réservé pour le protocole PRP.
SupPath	Réservé, défini sur 0
SupVersion	Version du protocole, définie sur "1" pour PRP. La mise en œuvre de la version X du protocole doit interpréter une version supérieure à X comme s'il s'agissait de la version X, en ignorant tous les paramètres et/ou indicateurs ajoutés par la version plus récente, et interpréter les trames PRP_Supervision de la version inférieure ou égale à X exactement comme spécifié pour la version concernée.
SupSequenceNumber	Numéro de séquence incrémenté d'une unité pour chaque trame de supervision envoyée
TLV1.Type	Mode de fonctionnement. Les valeurs 20 et 21 indiquent respectivement que le nœud prend en charge le rejet de doublons et qu'il met en œuvre l'acceptation des doublons. Les autres valeurs sont réservées.
TLV1.Length	Longueur de l'adresse MAC suivante, en octets
MacAddress	Adresses MAC utilisées par les deux ports du nœud
TLV2.Type	Absent si le nœud n'est pas une RedBox
TLV2.Length	Absent si le nœud n'est pas une RedBox
RedBoxMacAddress	Absent si le nœud n'est pas une RedBox
TLV0.Type	Fermeture de TLV, définie sur 0
TLV0.Length	Fermeture de TLV, définie sur 0

NOTE 1 Les octets avec un décalage de 14 à 17 sont insérés uniquement si une étiquette VLAN conforme à la norme IEEE 802.1Q est utilisée.

NOTE 2 La taille de la trame est de 70 (pas de VLAN) resp. 74 octets (avec étiquetage VLAN) afin d'éviter le remplissage si une entité retire l'étiquette VLAN ou la RCT.

NOTE 3 SeqNr, LanId et LSDUsize sont réutilisés lorsque la trame est transmise à un réseau HSR. SupEtherType est identique au suffixe PRP. Il est également utilisé pour HSR.

4.3.3 Trame PRP_Supervision pour RedBox

Une RedBox, c'est-à-dire un nœud faisant office de proxy pour un ou plusieurs SAN (appelés VDAN ou DAN virtuels) doit ajouter au champ TLV1 d'autres champs TLV2 avec le contenu suivant:

TLV1.Type	Mode de fonctionnement, la valeur 20 indiquant que le nœud prend en charge le mode de rejet de doublons, puisqu'il s'agit du seul mode qu'une RedBox prend en charge. Les autres valeurs sont réservées
TLV1.Length	Longueur de l'adresse MAC suivante, en octets
MacAddress	Adresse MAC du VDAN
TLV2.Type	Identificateur de la RedBox, la valeur 30 indiquant que le nœud est une RedBox
TLV2.Length	Longueur de l'adresse MAC suivante, en octets
RedBoxMacAddress	Adresse MAC de la RedBox qui fait office de proxy pour l'autre dispositif (VDAN)
TLV0.Type	Fermeture de TLV, définie sur 0
TLV0.Length	Fermeture de TLV, définie sur 0

4.3.4 Réception d'une trame PRP_Supervision et NodesTable

Lors de la réception d'une trame PRP_Supervision sur un réseau local, un nœud doit créer une entrée dans le NodesTable correspondant au MacAddress de cette source, comme indiqué dans le corps du message et non dans l'adresse source, avec le mode d'acceptation ou de rejet des doublons, comme indiqué dans la trame.

Si un nœud cesse de recevoir des trames PRP_Supervision d'une source pendant une période supérieure à NodeForgetTime, mais reçoit des trames de cette source sur un seul réseau local, il doit modifier le statut de ce nœud en SanA ou SanB, selon le réseau local d'origine des trames reçues.

NOTE 1 Cette règle permet de déplacer un SAN entre LAN_A et LAN_B et d'obtenir le mode de fonctionnement pour un SAN s'il a d'abord été enregistré à l'envoi et non à la réception, car un DANP commence par effectuer des envois sur les deux réseaux locaux.

NOTE 2 Cette règle permet de faire la distinction entre un SAN et un DANP en mode d'acceptation des doublons lorsqu'une ligne est déconnectée.

4.4 Nœud de pontage

Si ce paramètre est activé, le nœud doit faire office de nœud de pontage pour ses deux ports, conformément à un protocole non spécifié, c'est-à-dire HSR, RSTP ou MRP.

NOTE 1 Le paramètre de nœud de pontage prend en charge la connexion d'un DANP à deux ponts du même réseau local pour mettre en œuvre une topologie à redondance partielle. Il n'est pas exigé d'établir un pont entre des trames normales en cas de défaillance double, mais les personnes chargées de la mise en œuvre sont libres d'ajouter cette fonctionnalité.

NOTE 2 Aucune RCT n'est ajoutée lorsque le paramètre de nœud de pontage est activé.

NOTE 3 La présence de nœuds en mode de pontage présente un danger potentiel pour un réseau PRP étant donné qu'il va à l'encontre de l'hypothèse d'indépendance en cas de défaillance des deux réseaux locaux.

4.5 Constantes

Les paramètres de constantes apparaissent au Tableau 4.

Les autres valeurs peuvent être définies par l'utilisateur.

Tableau 4 – Constantes PRP

Constante	Description	Valeur par défaut
LifeCheckInterval	Fréquence d'envoi par un nœud d'une trame PRP_Supervision	2 000 ms
NodeForgetTime	Délai après lequel une entrée de nœud est effacée	60 000 ms
EntryForgetTime	Délai après lequel une entrée est supprimée de la table de doublons	400 ms
NodeRebootInterval	Durée minimale pendant laquelle un nœud reste silencieux	500 ms

4.6 Spécification de service PRP

On peut accéder aux objets de la LRE (les compteurs d'erreurs, par exemple) à partir d'une application fonctionnant sur le même nœud utilisant les appels directs, ou à partir d'une application présente sur un autre nœud utilisant un protocole de gestion (SNMP, par exemple) ou un protocole particulier (CEI 61850, par exemple).

Tous les objets LRE sont décrits dans l'Article 7 comme une base d'informations de gestion (MIB) conforme à SNMP, commune pour PRP et HSR.

5 Redondance transparente de haute disponibilité (HSR)

5.1 Objectifs de la HSR

Le présent Article décrit l'application des principes du PRP (Article 4) de mise en œuvre d'une redondance transparente de haute disponibilité, en conservant la propriété PRP de récupération instantanée, applicable à toute topologie, notamment dans les anneaux et les anneaux d'anneaux.

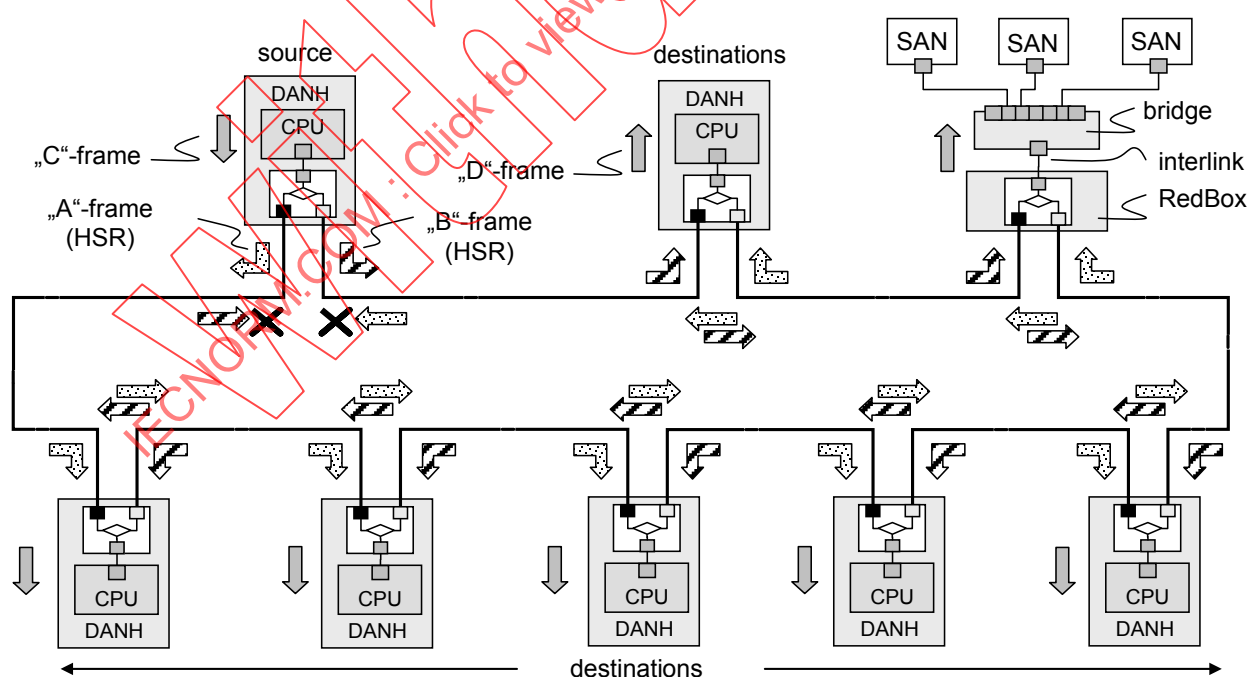
Par rapport au PRP, la HSR permet de réduire d'environ de moitié l'infrastructure réseau. Par rapport aux anneaux reposant sur les normes IEEE 802.1D (RSTP), CEI 62439-2 (MRP), CEI 62439-6 (DRP) ou CEI 62439-7 (RRP), la bande passante disponible pour le trafic réseau est quelque peu réduite selon le type de trafic. Les nœuds de l'anneau ne sont que des nœuds de pontage compatibles HSR, ce qui permet d'éviter l'utilisation de ponts dédiés. Les nœuds à une connexion (SAN), tels que les ordinateurs portables ou les imprimantes, ne peuvent pas être connectés directement à l'anneau et il faut les connecter à une RedBox (boîtier de redondance).

5.2 Principe de fonctionnement de la HSR

5.2.1 Fonctionnement de base avec une topologie en anneau

Comme dans le PRP, un nœud dispose de deux ports qui fonctionnent en parallèle. Il s'agit d'un DANH (nœud à deux connexions dans le protocole HSR).

Un réseau HSR simple se compose de nœuds de pontage à deux connexions, chacun disposant de deux ports d'anneau, interconnectés par des liaisons full duplex, comme présenté dans l'exemple de la Figure 10 (multicast) et de la Figure 11 (unicast) pour une topologie en anneau.



IEC 1137/12

Légende

flèches en pointillés
flèches hachurées
flèches grisées
croix

frames "A"
frames "B"
frames non-HSR échangées entre l'anneau et l'hôte
la frame est supprimée de l'anneau par le nœud suivant

Anglais	Français
bridge	pont
"A" frame	trame "A"
"B" frame	trame "B"
"C" frame	trame "C"
"D" frame	trame "D"
interlink	interconnexion

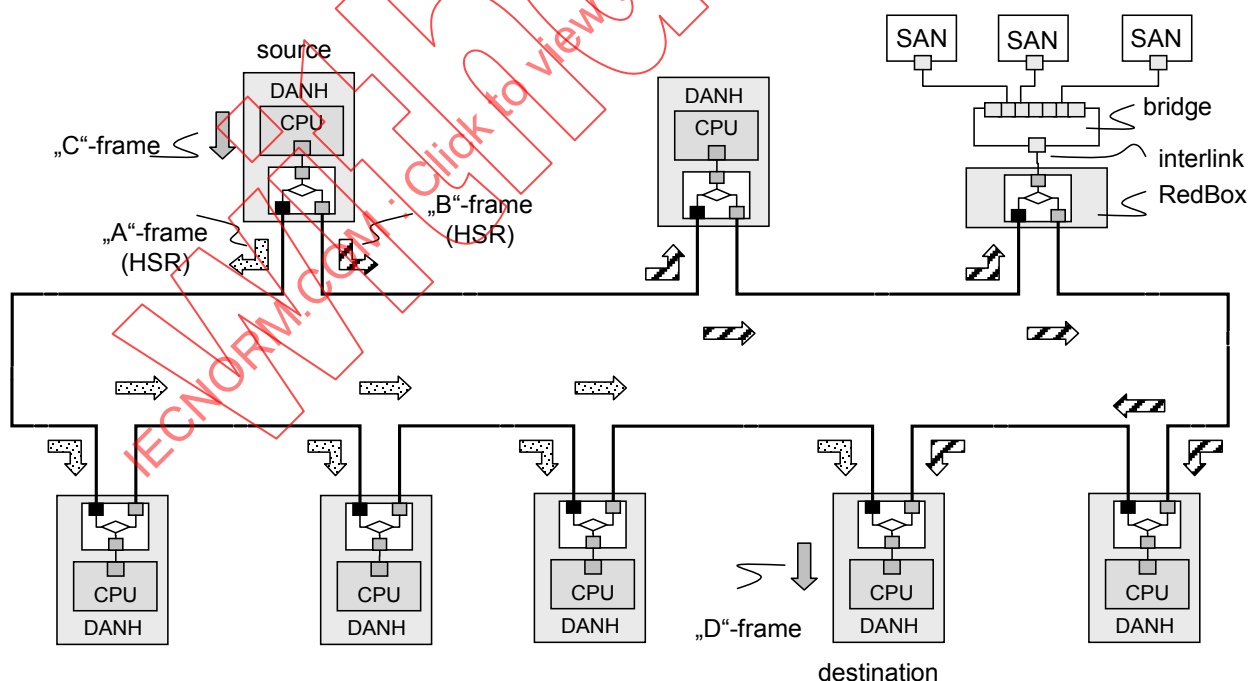
Figure 10 – Exemple HSR d'une configuration en anneau pour le trafic multicast

Un DANH source envoie une trame transmise depuis ses couches supérieures (trame "C"), la préfixe avec une étiquette HSR pour identifier les trames en double, puis envoie la trame vers chaque port (trame "A" et trame "B").

Un DANH de destination reçoit, dans un état sans défaut, deux trames identiques de chaque port dans un intervalle donné, supprime l'étiquette HSR de la première trame avant de la transmettre aux couches supérieures (trame "D") et rejette tout doublon.

Les nœuds prennent en charge la fonctionnalité de pont IEEE 802.1D et transfèrent les trames d'un port à l'autre, sauf s'ils ont déjà envoyé la même trame dans cette même direction.

En particulier, le nœud ne transfère pas une trame qu'il a injectée dans l'anneau.



IEC 1138/12

Légende

flèches en pointillés
flèches hachurées
flèches grisées
croix

trames "A"
trames "B"
trames non-HSR échangées entre l'anneau et l'hôte
la trame est supprimée de l'anneau par le nœud suivant

Anglais	Français
bridge	pont
"A" frame	trame "A"
"B" frame	trame "B"
"C" frame	trame "C"
"D" frame	trame "D"
interlink	interconnexion

Figure 11 – Exemple HSR d'une configuration en anneau pour le trafic unicast

Un nœud de destination d'une trame unicast ne transfère pas une trame dont il est la seule destination, sauf dans le cadre d'un essai.

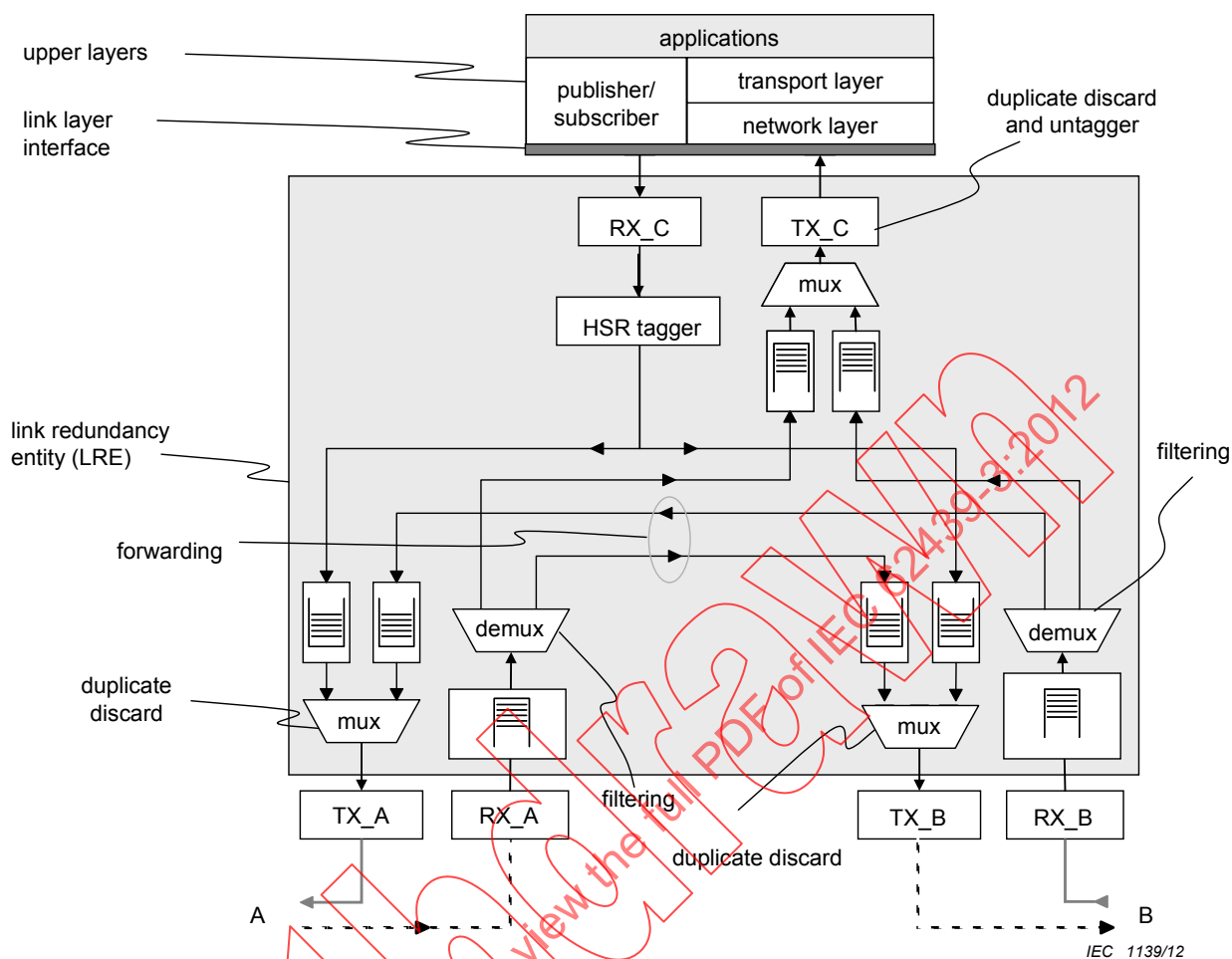
Les trames circulant dans l'anneau portent l'étiquette HSR insérée par la source, qui contient un numéro de séquence. Le doublet {adresse MAC source, numéro de séquence} identifie de manière unique les différentes copies d'une même trame.

NOTE Le déphasage existant entre deux trames d'une paire dépend des positions relatives du nœud de réception et du nœud d'émission. Dans la situation la plus défavorable dans laquelle chaque nœud de l'anneau transmet au même moment sa propre trame d'une taille égale à la taille maximale de 1 536 octets (longueur maximale prise en charge par EtherType défini dans IEEE 802.2), chaque nœud pourrait introduire un délai de 125 µs à 100 Mbit/s. Avec 50 nœuds, le déphasage peut dépasser 6 ms.

5.2.2 Structure d'un nœud DANH

La Figure 12 présente une vue conceptuelle de la structure d'un DANH mise en œuvre matériellement, les mises en œuvre pratiques peuvent être différentes. Les deux ports HSR A et B et le port du dispositif C sont connectés par la LRE, qui inclut une matrice de commutation permettant de transférer des trames d'un port à l'autre. La matrice de commutation permet un pontage en pseudo-transit. La LRE présente aux couches supérieures la même interface qu'un émetteur-récepteur Ethernet normalisé.

Le circuit d'entrée vérifie si ce nœud est la destination de la trame et procède éventuellement à un filtrage VLAN et multicast pour décharger le processeur. Le rejet des doublons est mis en œuvre dans les files d'attente de sortie.



Légende

Anglais	Français
upper layers	couches supérieures
applications	applications
publisher/subscriber	fournisseur/abonné
link layer interface	interface avec la couche de liaison
transport layer	couche de transport
network layer	couche réseau
HSR tagger	étiqueteur HSR
link redundancy entity (LRE)	LRE
forwarding	transfert
filtering	filtrage
demux	démultiplexeur
mux	multiplexeur
duplicate discard	rejet de doublons
duplicate discard and untagger	rejet de doublons et annulateur d'étiquettes

Figure 12 – Structure HSR d'un DANH

5.2.3 Topologie

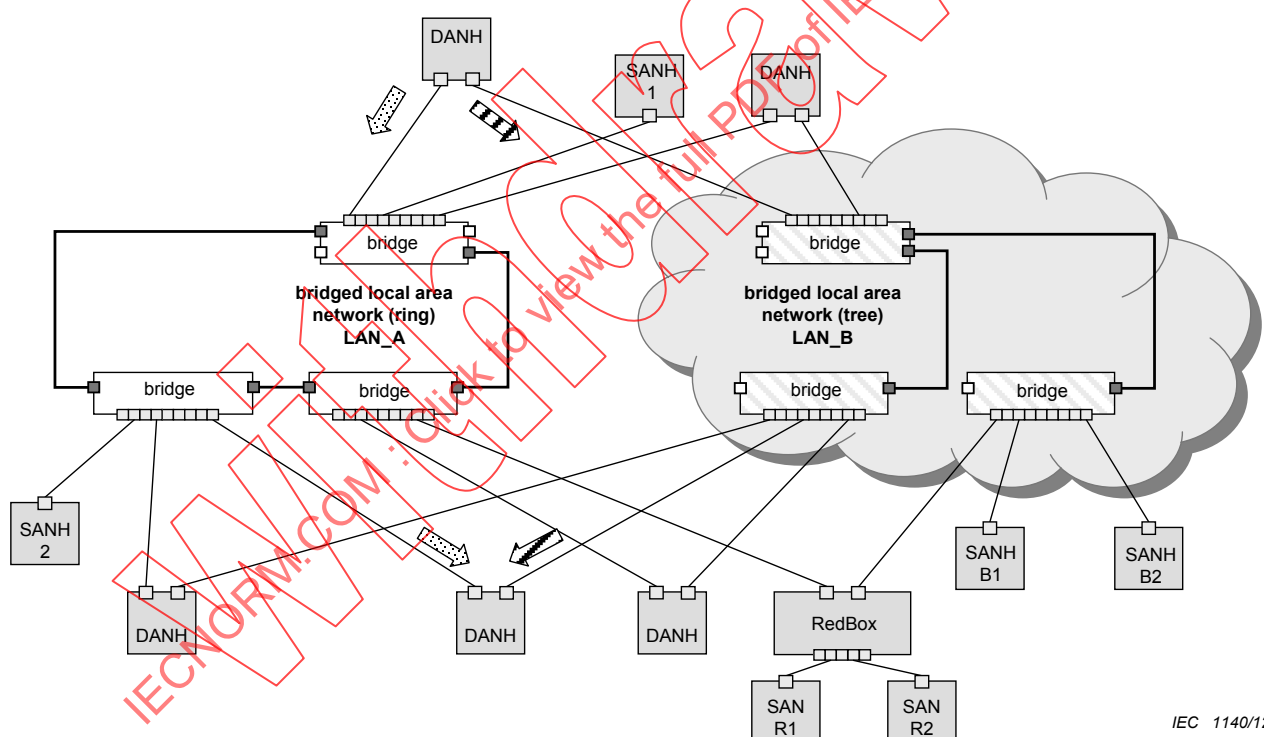
5.2.3.1 Connexion de nœuds à une connexion

Les nœuds à une connexion (SAN), par exemple les ordinateurs portables de maintenance ou les imprimantes ne peuvent pas être insérés directement dans l'anneau, car ils ne disposent que d'un port et ne peuvent interpréter l'étiquette HSR contenue dans les trames. Les SAN communiquent avec les dispositifs de l'anneau par le biais d'une RedBox (boîtier de redondance) qui sert de serveur mandataire aux SAN qui lui sont connectés, comme présenté à Figure 10 et la Figure 11. La RedBox est détaillée en 5.2.3.8.

La connexion de nœuds non-HSR, qui ouvre l'anneau, peut permettre la configuration. Le trafic non-HSR dans un anneau fermé est pris en charge dans un mode facultatif.

5.2.3.2 Utilisation de la HSR avec des réseaux locaux distincts

Les nœuds HSR peuvent être connectés de la même manière que les nœuds PRP. A cet effet, un nœud HSR peut être défini sur "pas de transfert" (mode N). A la différence du PRP, les SAN ne peuvent pas être connectés directement à ce type de réseau dupliqué, sauf s'ils peuvent interpréter l'étiquette HSR. Les détails de ce mode de fonctionnement ne sont pas couverts dans la présente version de cette norme.



IEC 1140/12

Légende

Anglais	Français
bridge	pont
bridged local area network (ring) LAN_A	réseau local (anneau) LAN_A mis en parallèle
bridged local area network (tree) LAN_B	réseau local (arborescence) LAN_B mis en parallèle

Figure 13 – Exemple HSR de topologie utilisant deux réseaux indépendants

5.2.3.3 Couplage par paires d'anneaux

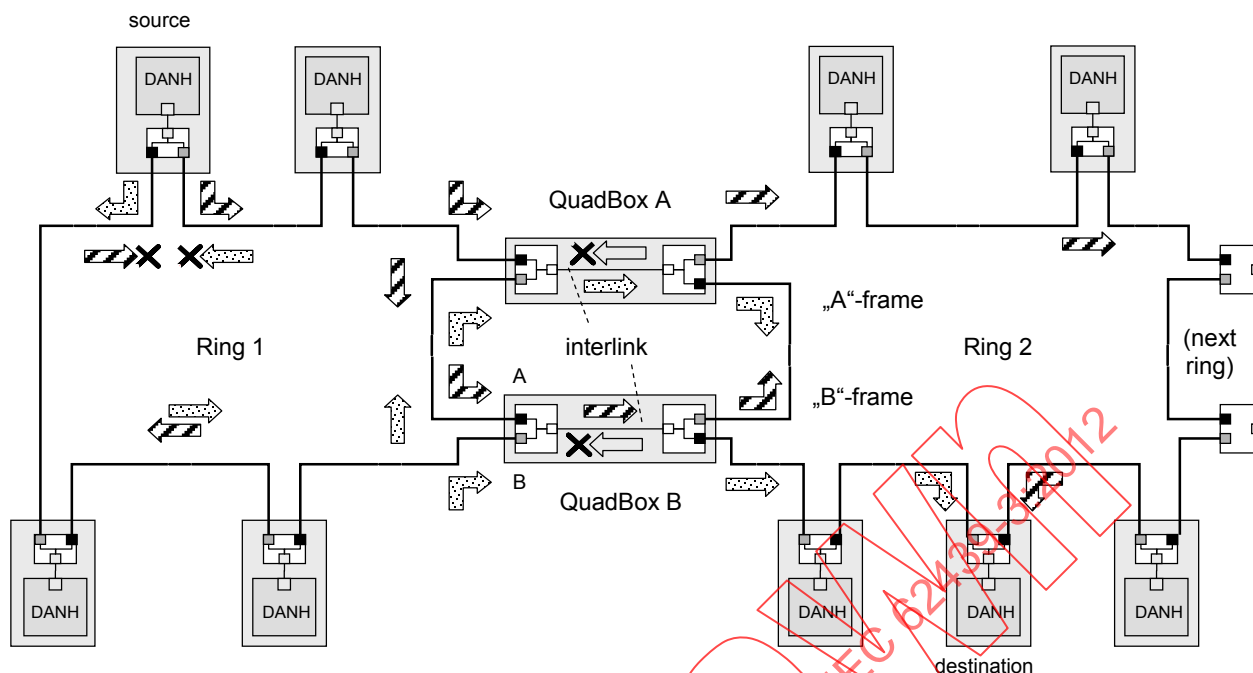
Deux anneaux HSR peuvent être connectés par des dispositifs à quatre ports disposant de capacités de transfert et nommés QuadBoxes (voir la Figure 14). Cette méthode présente des avantages lorsque le flux de trafic dépasse les capacités d'un seul anneau. Toutefois, elle ne permet pas d'améliorer les délais de transmission d'une extrémité à l'autre.

Bien qu'une QuadBox suffise pour amener le trafic sans défaut au réseau, deux QuadBoxes permettent de prévenir les points de panne unique.

Une Quadbox transfère les trames sur chaque anneau comme un nœud HSR et transmet les trames non modifiées à l'autre anneau, sauf si la trame peut être identifiée comme trame ne devant pas être transférée à l'autre anneau. A cet effet, une Quadbox est censée filtrer le trafic en fonction, par exemple, d'un filtrage multicast ou d'un filtrage VLAN. Toutefois, il n'y a pas d'apprentissage des adresses MAC dans une QuadBox, car l'apprentissage des adresses MAC sur des ports spécifiques d'un dispositif QuadBox pourrait entraîner une brève interruption des communications en cas de panne de la QuadBox qui a appris une adresse et transfère le trafic réseau.

Avec des QuadBoxes réalisées en tant qu'entités physiques uniques, les deux anneaux interconnectés partagent le même domaine de redondance concernant la tolérance aux pannes. Si une QuadBox tombe en panne, les deux anneaux interconnectés sont dans un état dégradé et ne peuvent pas tolérer une autre panne.

C'est pourquoi la conception de QuadBoxes comme une RedBox peut contribuer à maintenir l'indépendance de la redondance. La Quadbox est alors composée de deux dispositifs liés par une interconnexion. C'est la raison pour laquelle les spécifications de la RedBox incluent la connexion HSR.



Légende

IEC 1141/12

Anglais	Français
Ring 1	anneau 1
interlink	interconnexion
A-frame	trame A
B-frame	trame B
(next ring)	(anneau suivant)
Ring 2	anneau 2

Figure 14 – Exemple HSR du couplage par paires de deux anneaux

En présence de deux QuadBoxes sur le même anneau, deux copies de la même trame sont transférées du premier anneau jusqu'au second, chacun générant deux autres copies.

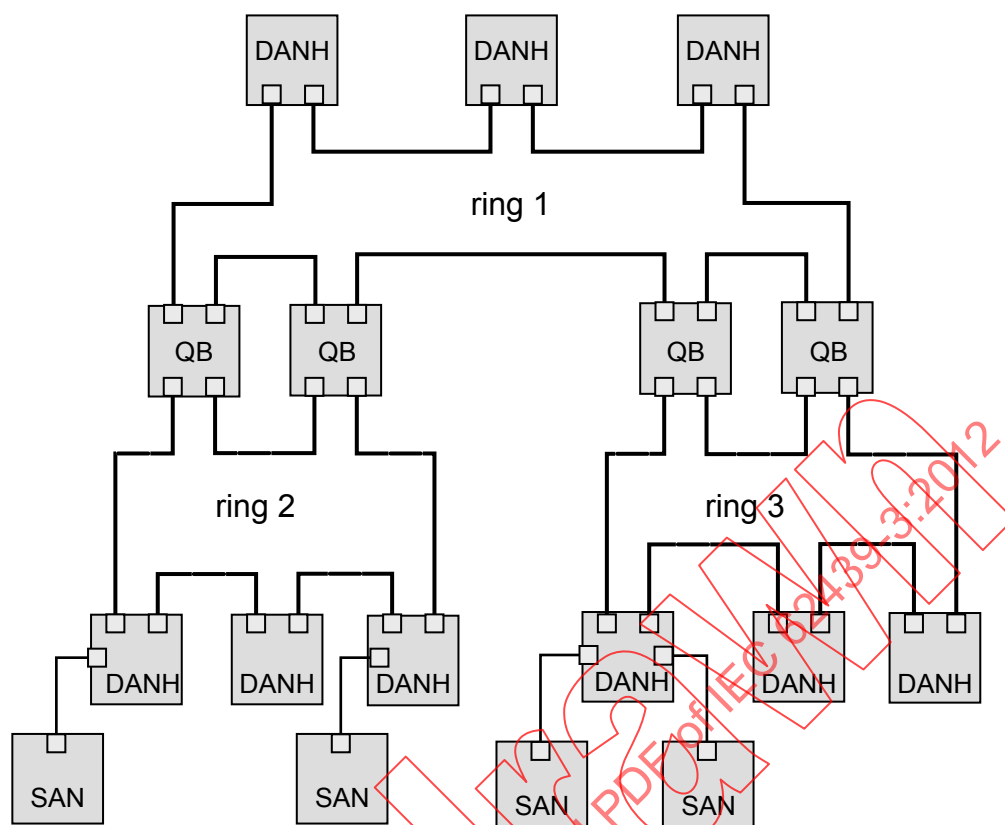
Ceci n'entraîne pas la circulation de quatre trames sur le deuxième anneau, car lorsqu'une copie issue d'une première QuadBox atteint la deuxième QuadBox sur le même deuxième anneau, la deuxième QuadBox ne la transfère pas si elle a déjà envoyé une copie provenant de son interconnexion. Inversement, si la deuxième QuadBox n'a pas encore reçu de copie de son interconnexion, elle transfère la trame, mais pas la copie qui provient par la suite de l'interconnexion.

Lorsqu'une QuadBox reçoit une trame qui est elle-même injectée dans l'anneau ou une trame que l'autre QuadBox a insérée dans l'anneau, elle la transfère à l'interconnexion et à son autre port si elle n'a pas déjà envoyé une copie. Ce doublon sera rejeté à l'autre extrémité de l'interconnexion. Ce schéma peut entraîner du trafic supplémentaire sur l'interconnexion, mais il permet de simplifier la conception de la logique.

NOTE Le déphasage maximum entre deux trames d'une paire est à peu près identique au déphasage maximum produit si tous les nœuds sont sur le même anneau.

5.2.3.4 Topologie d'anneau hiérarchique

Un réseau HSR peut se composer d'anneaux connectés par des QuadBoxes (voir la Figure 15).



IEC 1142/12

Légende

Anglais	Français
ring 1	anneau 1
ring 2	anneau 2
ring 3	anneau 3

Figure 15 – Exemple HSR d'anneaux connectés

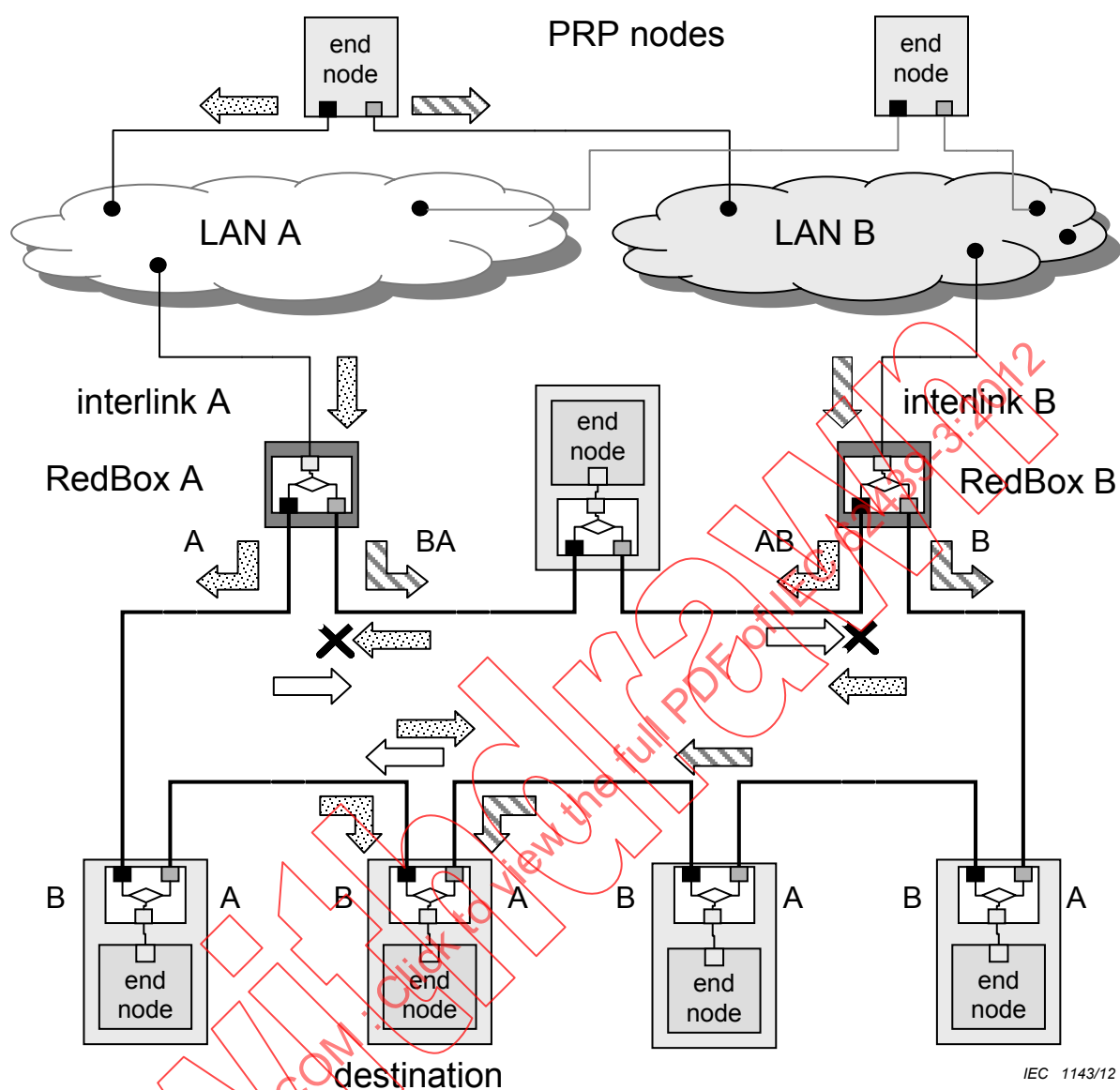
Bien qu'une seule QuadBox suffise pour maintenir le trafic, deux QuadBoxes indépendantes sont nécessaires pour éviter un point de panne unique.

Certains SAN sont connectés directement au DANH qui fonctionne comme une RedBox simplifiée.

5.2.3.5 Connexion d'un anneau HSR à un réseau PRP

Un HSR peut être couplé à un réseau PRP par le biais de deux RedBoxes, une pour chaque réseau local (voir Figure 16). Dans ce cas, les RedBoxes sont configurées pour prendre en charge le trafic PRP sur l'interconnexion et le trafic HSR sur les ports de l'anneau.

Le numéro de séquence de la RCT PRP est réutilisé pour l'étiquette HSR, et inversement, pour permettre l'identification de la trame d'un réseau à l'autre et identifier les paires et doublons sur l'anneau HSR, introduits par une injection double dans l'anneau par le biais de deux RedBoxes HSR.



IEC 1143/12

Légende

Anglais	Français
PRP nodes	nœuds PRP
end node	nœud terminal
interlink A	interconnexion A
interlink B	interconnexion B

Figure 16 – Exemple HSR du couplage de deux réseaux locaux PRP redondants à un anneau

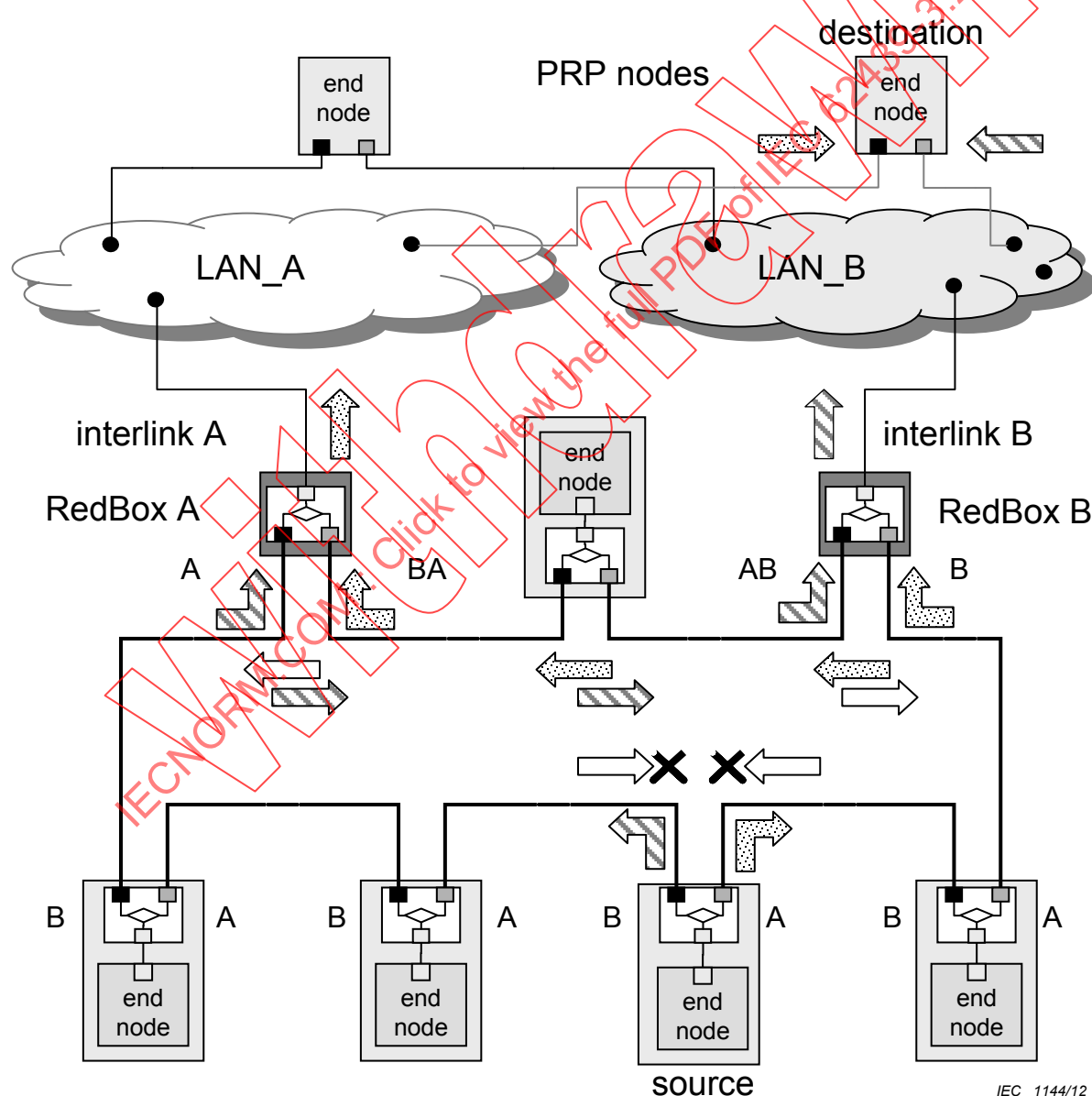
Les RedBoxes HSR permettant de connecter l'anneau à un réseau PRP fonctionnent de la même manière que les RedBoxes utilisées pour connecter des SAN décrites en 5.2.3.1, à l'exception du fait qu'elles sont configurées en tant que RedBox "A" ou RedBox "B" pour accepter les trames PRP sur leur interconnexion.

A la Figure 16, les RedBox A et B enverraient la même trame (respectivement A et AB, et B et BA), mais si une RedBox reçoit la trame avant qu'elle n'ait pu l'envoyer elle-même, elle ne l'envoie pas.

Dans l'exemple de la Figure 16, la RedBox A ne génère pas de trame "A" au nom du LAN A si elle a précédemment reçu de l'anneau la même trame "AB". Inversement, la RedBox "B" génère une trame "AB" si elle n'a pas précédemment reçu de l'anneau une trame "A", ce qui se produit dès que la trame "A" n'est pas une trame multicast.

Les trames multicast ou unicast sans récepteur dans l'anneau (flèches vides dans la Figure 16) sont supprimées par la RedBox qui les a insérées dans l'anneau si elles provenaient de l'extérieur de l'anneau.

La Figure 17 présente le même couplage pour une source située dans l'anneau.



Légende

Anglais	Français
PRP nodes	nœuds PRP
end node	nœud terminal

Anglais	Français
interlink A	interconnexion A
interlink B	interconnexion B

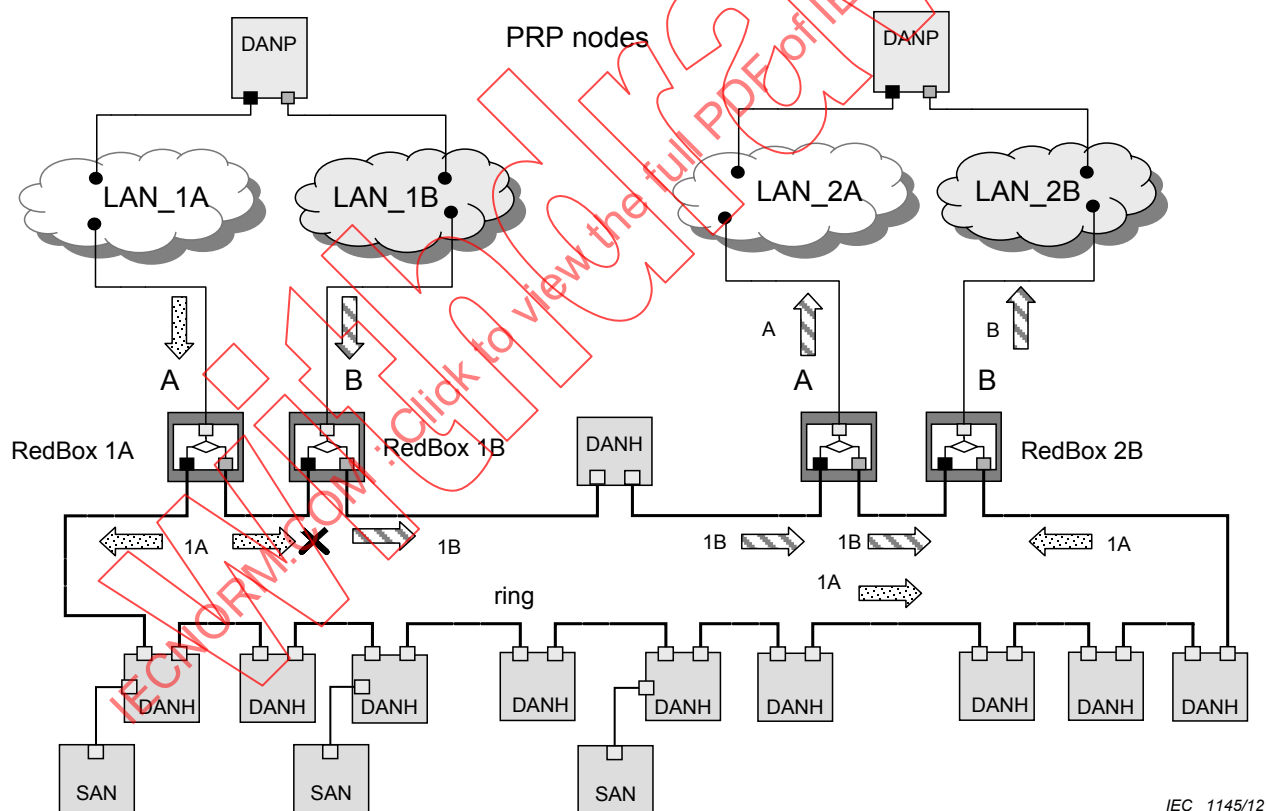
Figure 17 – Exemple HSR de couplage du nœud d'un anneau à des réseaux locaux PRP redondants

Pour éviter de réinjecter une trame dans le réseau PRP par l'intermédiaire de l'autre RedBox, chaque trame HSR transporte l'identificateur du réseau PRP d'origine de la trame. Par conséquent, les RedBoxes doivent être configurées avec le NetId du réseau PRP auquel elles sont connectées.

5.2.3.6 Connexion de plusieurs réseaux PRP à un anneau HSR

Jusqu'à 7 réseaux PRP peuvent être connectés au même anneau HSR, chacun d'eux étant identifié par un NetId à 3 bits.

Les deux RedBoxes qui connectent un réseau PRP à un anneau HSR sont configurées avec le NetId (1..7) et le LanId (A=0/B=1) (voir Figure 18).



IEC 1145/12

Légende

Anglais	Français
PRP nodes	nœuds PRP
ring	anneau

Figure 18 – Exemple HSR de couplage d'un anneau à deux réseaux locaux PRP

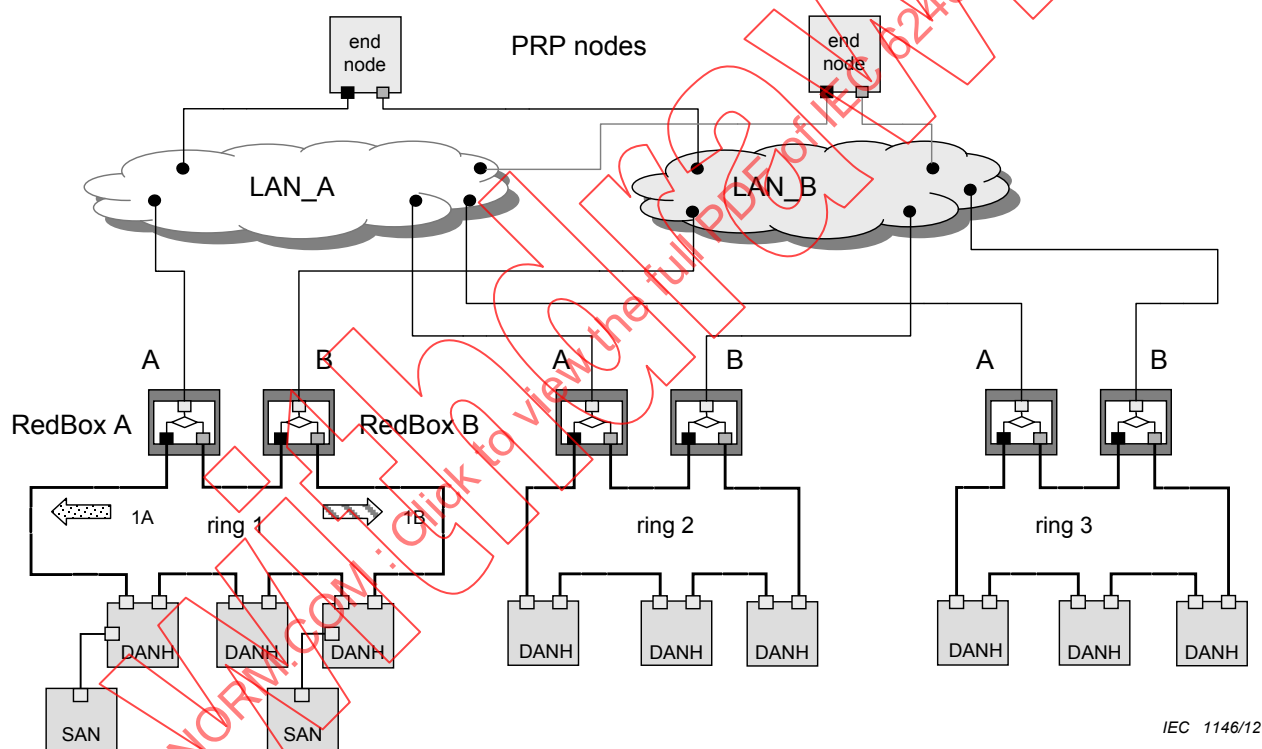
Pour éviter de réinjecter des trames provenant d'un réseau PRP dans un autre réseau PRP ou du même réseau, une RedBox assure uniquement le transfert à partir des trames de l'anneau HSR qui ne contiennent pas son propre NetId.

Lors de l'insertion dans l'anneau d'une trame PRP en provenance d'un LAN A ou d'un LAN B d'un réseau PRP avec un NetId donné, une RedBox insère dans le PathId de l'étiquette HSR son propre NetId et le LanId. C'est-à-dire un parmi "2"/"3", "4"/"5", "6"/"7", "8"/"9", "A"/"B", "C"/"D" ou "E"/"F", en fonction de si c'est une RedBox A ou B.

Inversement lors du transfert d'une trame de l'anneau à un réseau PRP, une RedBox insère le LanId « A » ou « B » dans le RCT en fonction de si c'est une RedBox A ou B.

5.2.3.7 Connexion d'un réseau PRP à plusieurs anneaux HSR

Un réseau PRP peut être connecté à un certain nombre d'anneaux HSR, lesquels ne pouvant pas être connectés entre eux, ni par des QuadBoxes, ni par un autre réseau PRP, étant donné que cela pourrait créer des boucles (Figure 19).



IEC 1146/12

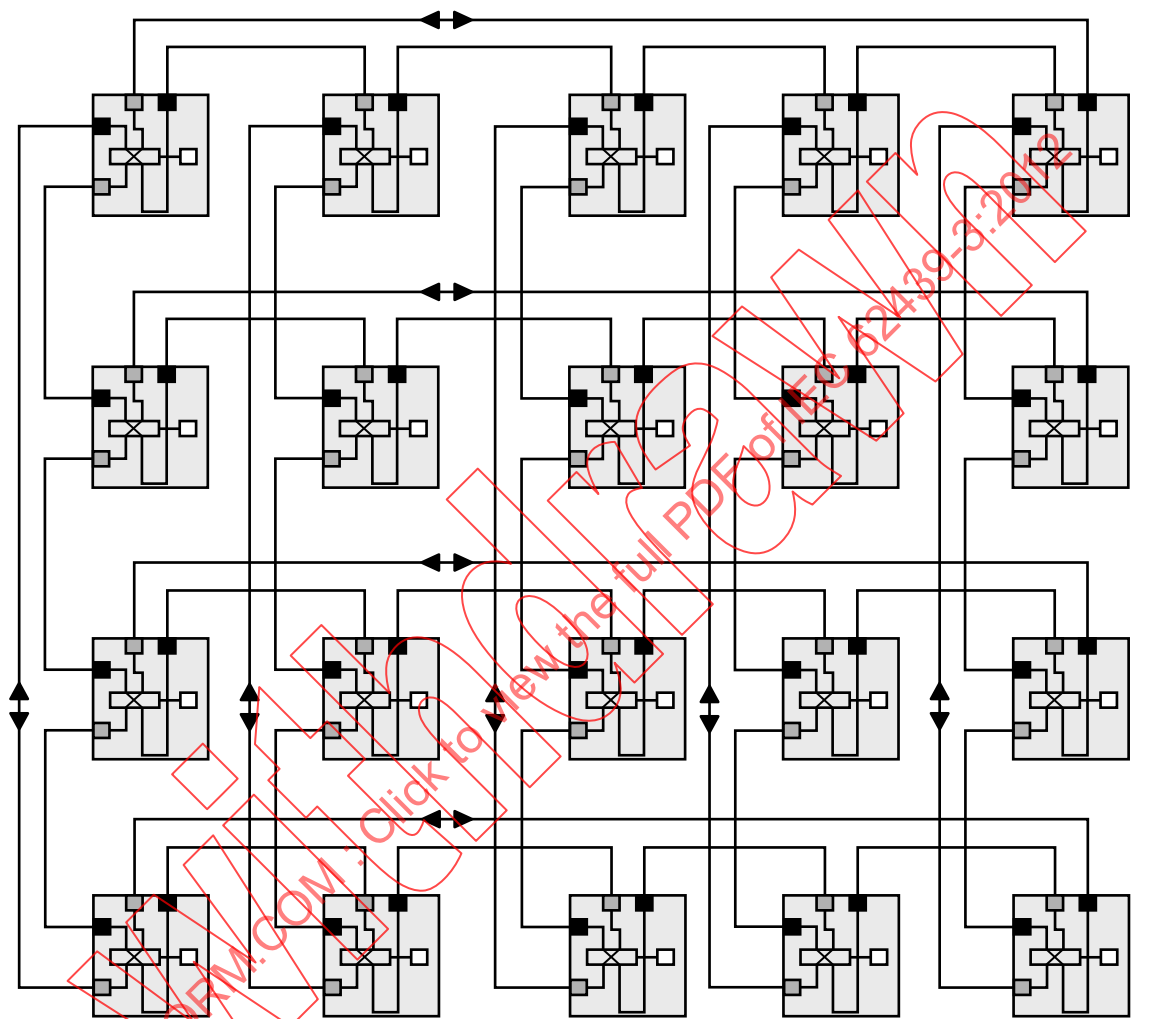
Légende

Anglais	Français
PRP nodes	nœuds PRP
end node	nœud terminal
ring 1	anneau 1
ring 2	anneau 2
ring 3	anneau 3

Figure 19 – Exemple HSR de couplage de trois anneaux à un réseau local PRP

5.2.3.8 Topologie en maillage

La HSR permet toutes sortes de maillages et fournit une redondance tant que la structure ne contient aucun point de panne unique. Par exemple, la Figure 20 présente une disposition en matrice des nœuds. Dans ce cas, les nœuds disposent de plus de deux ports fonctionnant en parallèle et qui fonctionnent comme les QuadBoxes. Une trame reçue de l'un des ports est transférée à tous les autres ports, à l'exception de celui qui l'a reçue, et chaque port transfère la trame (sauf s'il a déjà envoyé un doublon).

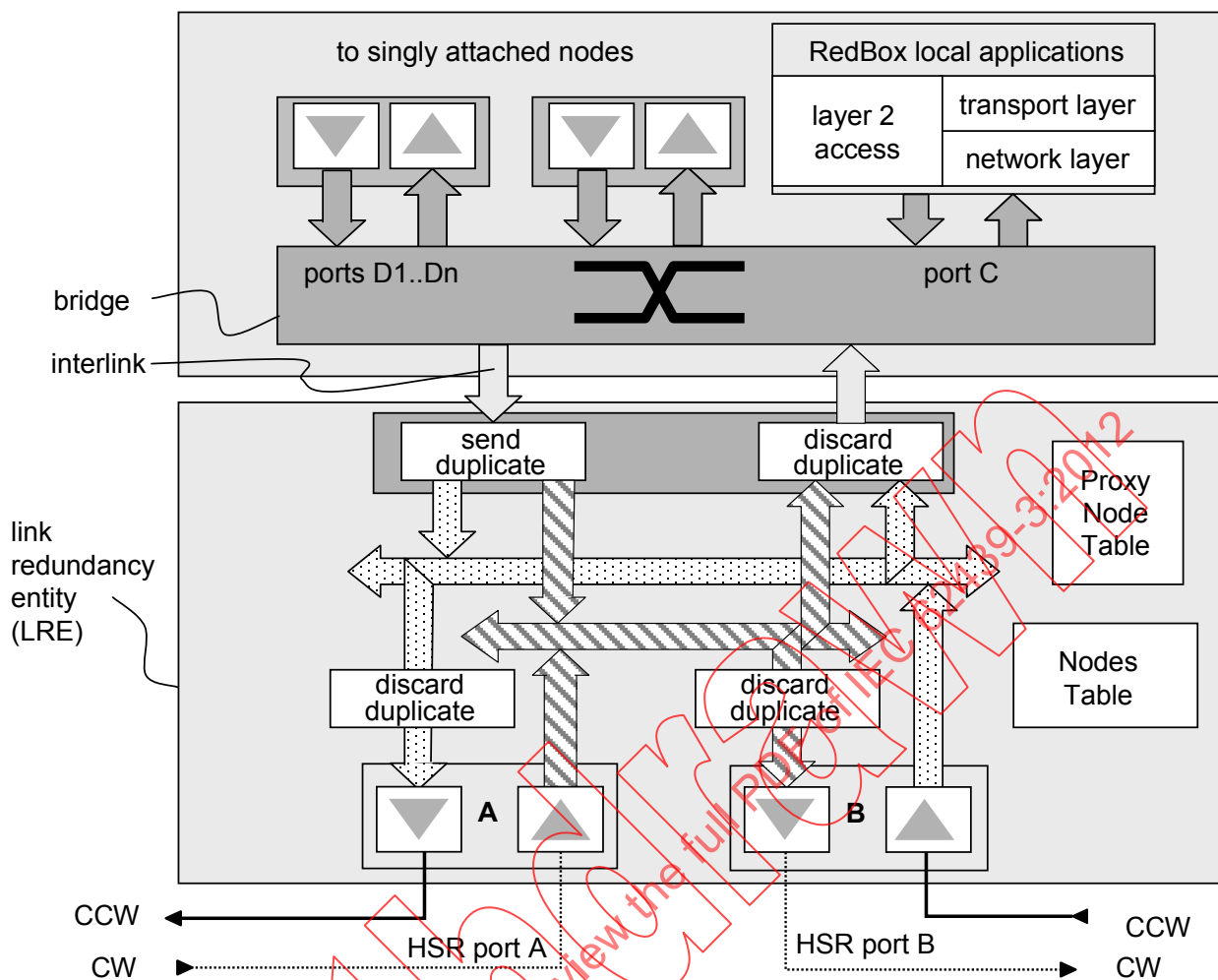


IEC 1147/12

Figure 20 – Exemple HSR d'une topologie en maillage

5.2.4 Structure d'une RedBox

La Figure 21 présente la structure générale d'une RedBox:



IEC 1148/12

Légende

Anglais	Français
to singly attached nodes	vers les nœuds à une connexion (SAN)
RedBox local applications	applications locales RedBox
layer 2 access	accès à la couche 2
transport layer	couche de transport
network layer	couche réseau
bridge	pont
interlink	interconnexion
send duplicate	envoi de doublon
discard duplicate	rejet de doublon
Proxy Node Table	table de nœud proxy
link redundancy entity (LRE)	LRE
Nodes Table	table de nœuds
HSR port A	port HSR A
HSR port B	port HSR B

Figure 21 – Structure HSR d'une RedBox

La RedBox dispose d'une LRE qui accomplit les fonctions du protocole HSR, en particulier:

- elle transfère les trames reçues d'un port HSR à l'autre port HSR, sauf si la trame a déjà été envoyée;
- elle reçoit les trames adressées à ses propres protocoles supérieurs;
- elle préfixe les trames envoyées par ses propres couches supérieures avec l'étiquette HSR correspondante avant d'envoyer deux copies aux ports HSR.

Une RedBox peut être utilisée dans l'un des trois modes suivants: en tant que connexion SAN, que connexion PRP ou que connexion HSR (moitié d'une QuadBox). Selon le mode de fonctionnement, la gestion des trames au niveau de l'interface d'interconnexion de la RedBox diffère (voir 5.4.2 et 5.4.4).

La logique de commutation de la Figure 21 peut être intégrée à la RedBox, de sorte que l'interconnexion devienne une connexion interne.

Une RedBox simple est présente dans chaque nœud, car la LRE fait une transition vers un hôte unique non-HSR. De plus, il est courant de disposer de plusieurs hôtes dans un nœud, car il existe souvent un port de maintenance.

5.3 Spécifications du nœud HSR

5.3.1 Fonctionnement HSR

5.3.1.1 Propriétés du nœud

Un DANH doit pouvoir fonctionner dans l'un des modes suivants, qui doit pouvoir être changé lors de l'exécution à l'aide de commandes de gestion:

- Mode H (obligatoire, mode par défaut): transfert avec l'étiquette HSR – dans ce mode, le DANH doit insérer l'étiquette HSR au nom de son hôte et transfère le trafic de l'anneau, à l'exception des trames envoyées par le nœud lui-même. Les trames dupliquées et les trames pour lesquelles le nœud est la destination unicast ne doivent pas être transférées.
- Mode N (facultatif): pas de transfert – dans ce mode, le nœud doit se comporter comme en mode H, sauf qu'il ne doit pas transférer le trafic de l'anneau entre les ports.
- Mode T (facultatif): transfert transparent – dans ce mode, le DANH doit supprimer l'étiquette HSR avant de transférer la trame vers l'autre port et envoyer une trame de l'hôte aux deux ports, sans étiquette et sans rejeter les doublons.
- Mode M (facultatif): transfert mixte avec étiquette HSR et non-HSR - dans ce mode, le DANH doit insérer l'étiquette HSR en fonction de critères locaux lors de l'injection des trames dans l'anneau. Les trames disposant d'une étiquette HSR et provenant des ports de l'anneau sont gérées comme dans le Mode H. Les trames disposant d'une étiquette non-HSR et provenant des ports de l'anneau sont gérées conformément aux règles de transfert de la norme IEEE 802.1D.
- Mode U (facultatif): transfert unicast – dans ce mode, le nœud doit se comporter comme en mode H, sauf qu'il doit transférer le trafic dont il est la destination, comme pour le trafic multicast.

5.3.1.2 Numéro de séquence de l'hôte

Un nœud HSR doit maintenir un numéro de séquence pour chaque adresse MAC utilisée par l'hôte. Le numéro de séquence commence à 0.

NOTE La LRE est censée détecter l'adresse MAC de l'hôte en écoutant les trames que ce dernier lui envoie. L'adresse MAC de l'hôte peut également être configurée dans la LRE. Si elle ne connaît pas l'adresse MAC de l'hôte, la LRE transmet tout le trafic HSR à l'hôte en traitant les trames unicast comme des trames multicast.

5.3.1.3 Adresse multicast de l'hôte

Un nœud doit avoir la possibilité de filtrer au moins des adresses multicast MulticastFilterSize (voir Tableau 7) ou des groupes d'adresses multicast. Si la table n'est pas configurée, la LRE doit transférer toutes les trames multicast à l'hôte et à l'autre port, à l'exception des doublons.

5.3.1.4 Adresse unicast de l'hôte

Un nœud doit pouvoir communiquer son ou ses adresse(s) MAC à la LRE. Si l'adresse MAC n'est pas configurée, la LRE doit transférer toutes les trames unicast à l'hôte et à l'autre port, à l'exception des doublons.

5.3.1.5 Réinitialisation de l'hôte

Lors de sa réinitialisation, un nœud doit éviter d'envoyer des trames vers ses ports HSR pendant une durée égale à NodeRebootTime (voir Tableau 7) et de préférence commencer la transmission en envoyant une trame de supervision.

5.3.2 Réception de données par le DANH depuis son interface de couche de liaison

Pour chaque trame à envoyer au nom de son interface de couche de liaison, un nœud source doit:

If the node is in Mode T

Do not modify the frame;

Duplicate the frame, enqueue it for sending into both HSR ports

Else if the node is in Mode M

If the local criteria is not met

Insert the HSR tag and increment the sequence number depending on local criteria;

Duplicate the frame, enqueue it for sending into both HSR ports

Else

Do not insert the HSR tag;

Process the frame according to IEEE 802.1D rules

Else

Insert the HSR tag with the sequence number of the host;

Increment the sequence number, wrapping through 0;

Duplicate the frame, enqueue it for sending into both HSR ports

NOTE 1 La mise en file d'attente signifie que la trame est envoyée dès lors que la file d'attente ne contient plus de trame ou de trame à priorité plus élevée, et que le support est prêt.

NOTE 2 Il convient que l'envoi d'une trame non-HSR aux deux ports n'entraîne pas la circulation de trames, car ces trames ne sont pas transférées par le nœud HSR adjacent. Ce mécanisme est destiné à la configuration hors de l'anneau d'un nœud HSR via un PC classique.

5.3.3 Réception de données par le DANH depuis un port HSR

Un nœud recevant une trame depuis l'un de ses ports HSR doit:

If this frame is not HSR-tagged:

If the frame is a link local traffic (IEEE 802.1D Table 7-10)

Consume the frame and do not forward it.

Else if the node is in Mode M

Forward according to 802.1D forwarding rules

Else if the node is in Mode T

Enqueue the unchanged frame for passing to its link layer interface.

Enqueue the unmodified frame for sending over the second port.

Else

Enqueue the unchanged frame for passing to its link layer interface.

Do not forward this frame

Else (HSR-tagged frame):

If the node is in Mode T

Remove the HSR tag

Send the modified frame over the second port

Send the modified frame to its link layer interface

Else

If this node is a destination:

If this is the first occurrence of the frame over the link layer interface:

Remove the HSR tag and pass the modified frame to its link layer interface.

Else (this is not the first occurrence of the frame over the link layer interface):

Do not pass the frame to the link layer interface.

Else (if this node is not a destination):

Do not pass the frame to the link layer interface.

If this node is not the only destination (multicast or unicast for another node or the node is in Mode U):

If this is the first occurrence of the frame and the node is not in Mode N:

Enqueue the unmodified frame for sending over the second port

Else (this is not the first occurrence of the frame):

Discard the frame.

Else (If this node is the only (unicast) destination) and the node is not in Mode U:

Discard the frame.

NOTE 1 Il est possible que plusieurs doublons arrivent, en particulier lorsque les anneaux sont couplés.

NOTE 2 Un nœud accepte également une trame avec une étiquette HSR si le LanId ne correspond pas au PortId et si le LSDUsize ne correspond pas à la taille de trame.

5.3.4 Règles de transfert du DANH

Un nœud ne doit pas envoyer vers un port une trame qui est un doublon d'une trame précédemment envoyée vers ce port dans la même direction. Cette règle peut également être consultée dans la description comportementale du 5.3.3.

Un nœud qui détecte, grâce à la supervision de la qualité du signal ou la FCS, que la trame est endommagée ou tronquée, ne doit pas transférer cette trame. Toutefois, si le nœud fonctionnant en pseudo-transit a déjà commencé le transfert, puis détecte que la trame est endommagée ou tronquée, il doit lui ajouter la séquence d'erreur décrite dans l'ISO/CEI 8802-3:2000, 27.3.1.2.2, puis arrêter la transmission de cette trame.

Si un port connecté précédemment est déconnecté du réseau, un nœud doit purger le tampon du port pour qu'il ne puisse pas envoyer une trame obsolète, puis reprendre la mise en tampon lorsque le port est de nouveau connecté.

NOTE 1 Ces règles suppriment les trames HSR en circulation et ouvrent l'anneau, comme le fait le RSTP ou un protocole similaire. Il s'applique aux trames provenant à l'origine du nœud et aux trames qui circulent suite à la suppression d'un dispositif après l'envoi d'une trame et à la fermeture de l'anneau (par un dispositif de pont mécanique ou lorsqu'un DANH est mis hors tension, par exemple). Dans un anneau de 50 nœuds, une trame retourne à son émetteur au bout de 6 ms.

NOTE 2 Ces conditions permettent à un nœud de fonctionner en mode enregistrement et retransmission ou en mode pseudo-transit. Le fait de retarder le transfert d'une trame n'affecte pas le délai d'anneau le plus défavorable.

NOTE 3 La méthode de rejet des doublons du PRP n'est pas une méthode préférentielle de rejet des doublons dans la HSR, car la HSR a pour objectif d'empêcher les doublons de circuler.

NOTE 4 Le fait que les numéros de séquence des trames envoyées par une source n'augmentent pas de façon monotone ne constitue pas une raison pour rejeter la trame. Cette observation peut toutefois être utilisée pour la surveillance du réseau.

NOTE 5 Dans le fonctionnement en pseudo-transit, la réception complète de l'étiquette HSR prend environ de 2,4 μ s à 100 Mbit/s, période à l'issue de laquelle le nœud décide de transférer ou pas la trame. En mode d'enregistrement et de retransmission, la réception complète d'une trame dure de 123 μ s à 100 Mbit/s pour une longueur de trame maximale (1 522 octets).

NOTE 6 Il convient que le nettoyage des entrées provenant de ce nœud dans les files d'attente de transmission ne soit pas nécessaire, car il convient qu'une file d'attente de transmission se vide elle-même, que la liaison associée soit opérationnelle ou non.

5.3.5 CoS

Des priorités et des VLAN ne sont pas nécessaires pour le fonctionnement du HSR.

Un nœud HSR est attendu, comme indiqué dans sa PICS:

- pour prendre en charge au moins deux niveaux de priorité, conformément à la norme IEEE 802.1D (IEEE 802.1p);
- pour filtrer le trafic du VLAN, conformément à la norme IEEE 802.1Q;
- pour filtrer le trafic multicast.

5.3.6 Synchronisation de l'horloge

La gestion des horloges CEI 61588 est présentée à l'Annexe A.

5.3.7 Accès déterministe au support

L'accès déterministe au support est présenté à l'Annexe B.

5.4 Spécifications de la RedBox HSR

5.4.1 Propriétés de la RedBox

Une RedBox est un dispositif possédant au moins trois ports, deux d'entre eux étant des ports d'anneau pour le protocole HSR, le troisième étant connecté à une interconnexion.

Une RedBox doit se comporter comme un DANH pour tout le trafic dont elle est la source ou la destination.

Outre le comportement du DANH, celui de l'interconnexion de la RedBox est décrit en 5.4.2. Etant donné que la RedBox fait la distinction, à la réception de trames provenant du réseau HSR, entre ses interfaces internes et son interconnexion, le comportement d'une RedBox à la réception de trames provenant du réseau HSR est décrit en 5.4.4.

Une RedBox doit comporter un NetId configurable composé de trois bits (voir 5.7.1). Il est utilisé dans l'étiquette HSR pour les trames reçues du port d'interconnexion de la RedBox. Une connexion RedBox HSR à un réseau local PRP ne transfère pas les trames HSR du NetId configuré dans ce même réseau local.

Le NetId de la RedBox ne doit pas être utilisé dans l'étiquette HSR des trames générées dans la RedBox. Ce type de trame doit plutôt utiliser un NetId de valeur nulle dans l'étiquette HSR ou un NetId d'anneau qui peut être configuré séparément, avec une valeur par défaut nulle.

Une RedBox doit être configurable pour un de ces trois modes:

- 1) HSR-SAN: le trafic sur l'interconnexion n'est ni HSR, ni PRP
- 2) HSR-PRP: le trafic sur l'interconnexion est PRP avec une étiquette "A" ou "B"
- 3) HSR-HSR: le trafic sur l'interconnexion a une étiquette HSR.

NOTE 1 Une RedBox elle-même met en œuvre au moins une interface de gestion.

NOTE 2 Une RedBox est censée disposer de sa propre adresse IP, en particulier pour les messages de configuration. On peut y accéder via l'interconnexion ou les ports HSR.

NOTE 3 L'interconnexion peut être une connexion interne si la RedBox fait également office de pont.

5.4.2 Réception par la RedBox de données à partir de l'interconnexion

Lorsqu'elle reçoit une trame via son port d'interconnexion, une RedBox doit:

If the frame carries a HSR tag:

If the node is in Mode T

Remove the HSR tag

Enqueue the modified frame to the link layer interface of the RedBox

Enqueue the modified frame into each HSR port

Else if the RedBox operates in HSR-HSR mode

If the RedBox is a destination of the frame

If this is not the first occurrence of the frame at the link layer interface

Discard the frame

Else (If this is the first occurrence of the frame at the link layer interface)

Remove the HSR tag

Enqueue to the link layer interface of the RedBox

If the frame is to be injected into the ring (RedBox is not only destination, Multicast/VLAN is ok)

If this is not the first occurrence of the frame

Discard the frame (already sent over that port)

Else (If this is the first occurrence of the frame)

Enqueue the unmodified frame into each HSR port

Else (If the RedBox does not operate in HSR-HSR mode)

Discard the frame

Else if the frame carries a PRP RCT and the RedBox is in HSR-PRP mode

If the node is in Mode T

Remove the PRP RCT

Enqueue the modified frame to the link layer interface of the RedBox

Enqueue the modified frame into each HSR port

Else

If the source MAC address is not already registered:

Create an entry in the ProxyNodeTable;

If the PRP tag does not correspond to the LanId of the RedBox "A" or "B"

Increment the error counter IrcCntWrongLanIdC;

If the RedBox is a destination of the frame

If this is not the first occurrence of the frame at the link layer interface

discard the frame

Else

Enqueue to the link layer interface of the RedBox (with the PRP RCT)

If the frame is to be injected into the ring (RedBox is not sole destination and multicast/VLAN is ok)

If this is not the first occurrence of the frame at each HSR port

Discard the frame (already sent over that port)

Else (If this is the first occurrence of the frame at each HSR port)

Reuse the PRP sequence number and the RedBox's path identifier to build the HSR tag

Enqueue the frame into each HSR port

Else (if the frame carries neither a HSR tag nor a PRP RCT)

If the node is in Mode T

Enqueue the unmodified frame to the link layer interface of the RedBox

Enqueue the unmodified frame into each HSR port

Else if the node is in Mode M

Forward according to 802.1D forwarding rules

Else

If the source MAC address is not already registered in the ProxyNodeTable:

Create an entry in the ProxyNodeTable;

Else (If the source is already registered)

If the RedBox is a destination of the frame:

Enqueue to the link layer interface of the RedBox

If the frame is to be injected into the ring (RedBox is not sole destination and multicast/VLAN is ok)

Append the HSR tag using the sequence number of that node

Increment the sequence number of that source;

Enqueue the tagged frame into each HSR port

NOTE La réception d'une trame HSR sur l'interconnexion est considérée comme étant une erreur de configuration dans le mode de connexion PRP. Si la RedBox est utilisée en tant que moitié d'une QuadBox en mode de connexion HSR, l'interconnexion ne transporte que du trafic HSR. En mode HSR-HSR, l'interconnexion est gérée comme un port HSR supplémentaire conçu pour le couplage de la QuadBox et n'utilise donc pas de ProxyNodeTable, à la différence des RedBoxes PRP-HSR et SAN-HSR. La RedBox met en œuvre une NodesTable pour enregistrer la présence de nœuds HSR.

5.4.3 Transfert RedBox sur l'anneau

En plus des règles de transfert de 5.3.4, une RedBox ne doit pas transférer dans l'anneau une trame unicast conçue pour l'un des nœuds enregistrés dans la ProxyNodeTable. Cette condition est activée par défaut et peut être désactivée en passant la RedBox en Mode U.

5.4.4 Réception de données par la RedBox depuis un port HSR

Une RedBox qui reçoit une trame valide sur un port HSR doit:

If this frame is not HSR-tagged:

If the frame is a link local traffic (IEEE 802.1D Table 7-10)

Consume the frame and do not forward it.

Else if the node is in Mode M

Enqueue the unchanged frame for passing to the interlink.

Forward according to 802.1D forwarding rules

Else if the node is in Mode T

Enqueue the unchanged frame for passing to its link layer interface.

Enqueue the unmodified frame for sending over the second port.

Else

Enqueue the unchanged frame for passing to its link layer interface.

Do not forward this frame

Else (frame is HSR-tagged):

If the node is in Mode T

Remove the HSR tag

Send the modified frame over the second port

Send the modified frame to its link layer interface

Else

If this node is a destination:

If this is the first occurrence of the frame over the link layer interface:

Remove the HSR tag and pass the modified frame to its link layer interface.

Else (this is not the first occurrence of the frame over the link layer interface):

Do not pass the frame to the link layer interface.

Else (if this node is not a destination):

Do not pass the frame to the link layer interface.

If this node is not the only destination (multicast or unicast for another node or the node is in Mode U):

If this is the first occurrence of the frame and the node is not in Mode N:

Enqueue the unmodified frame for sending over the second port

Else (this is not the first occurrence of the frame or the node is in Mode N):

Do not enqueue the unchanged frame to the second HSR port.

If this is the first occurrence of the frame in direction of the interlink:

If the RedBox is in SAN mode:

Remove the HSR tag;

If Source in the ProxyNodeTable

Discard the frame

Else

Enqueue frame for passing to the interlink.

Else if the RedBox is in PRP mode:

If the netId matches that of the RedBox

Discard the frame

Else

Remove the HSR tag and append the PRP RCT with LanId ("A" or "B") of the RedBox and reusing the HSR sequence number.

Enqueue frame for passing to the interlink.

Else (if the RedBox is in HSR mode)

Do not modify the frame.

Enqueue frame for passing to the interlink.

Else (If this is not the first occurrence of the frame in direction of the interlink):

Discard the frame

Else (If this node is the only (unicast) destination) and the node is not in Mode U:

Discard the frame.

NOTE Pour la connexion HSR-HSR uniquement, une RedBox ne vérifie pas si la trame a été envoyée par l'un des nœuds dont elle fait office de proxy, car elle ne peut pas déterminer si la trame a pu être envoyée par une RedBox redondante.

5.4.5 Réception de données par la RedBox depuis son interface de couche de liaison

Une RedBox qui reçoit une trame valide de son interface de couche de liaison doit:

If the node is in Mode T

Do not modify the frame;
 Duplicate the frame, enqueue it for sending into both HSR ports
 Else if the node is in Mode M
 Insert the HSR tag and increment the sequence number depending on local criteria
 Forward depending on local criteria
 Else
 If the RedBox is in SAN mode:
 Enqueue frame for passing to the interlink.
 Else if the RedBox is in PRP mode:
 Insert the PRP RCT with the sequence number of the host;
 Enqueue frame for passing to the interlink.
 Else (if the RedBox is in HSR mode)
 Insert the HSR tag with the sequence number of the host;
 Enqueue frame for passing to the interlink.
 Duplicate the frame, enqueue it for sending into both HSR ports

5.4.6 Gestion de ProxyNodeTable de la RedBox

Une RedBox doit disposer d'une ProxyNodeTable contenant une entrée pour chaque association représentée, et prenant en charge au moins les entrées ProxyNodeTableMaxEntries.

Une RedBox doit purger l'entrée d'un nœud dans ProxyNodeTable avec un délai d'expiration configurable (ProxyNodeTableForgetTime étant la valeur par défaut) lorsqu'elle ne reçoit pas de trames de ce nœud.

NOTE La taille réelle de ProxyNodeTable est indiquée dans la PICS.

5.4.7 RedBox CoS

Identique aux dispositions de 5.3.5, sauf que la RedBox est censée prendre en charge un plus grand nombre de VLAN et des options plus complexes et complètes en matière d'ingénierie du trafic dans le réseau sur les couches de protocole supérieures (les règles de filtrage multicast, par exemple) qu'un simple nœud.

5.4.8 Synchronisation de l'horloge RedBox

La gestion des horloges CEI 61588 est présentée à l'Annexe A.

5.4.9 Accès au support RedBox

Identique à 5.3.7, sauf que la RedBox doit pouvoir agréger plusieurs nœuds dont elle fait office de proxy.

5.5 Spécification de la QuadBox

Une QuadBox doit fonctionner conceptuellement comme deux RedBoxes adossées en mode HSR-HSR.

5.6 Méthode de rejet de doublons

Pour le rejet des doublons, une trame doit être identifiée par:

- son adresse MAC source;

- son numéro de séquence.

NOTE On peut utiliser d'autres champs de la trame (la somme de contrôle, par exemple) pour faciliter la détection des doublons.

La méthode de rejet des doublons n'est pas spécifiée.

Une méthode de rejet des doublons doit pouvoir omettre une entrée identifiée par <Adresse MAC source><Numéro de séquence> après une durée EntryForgetTime

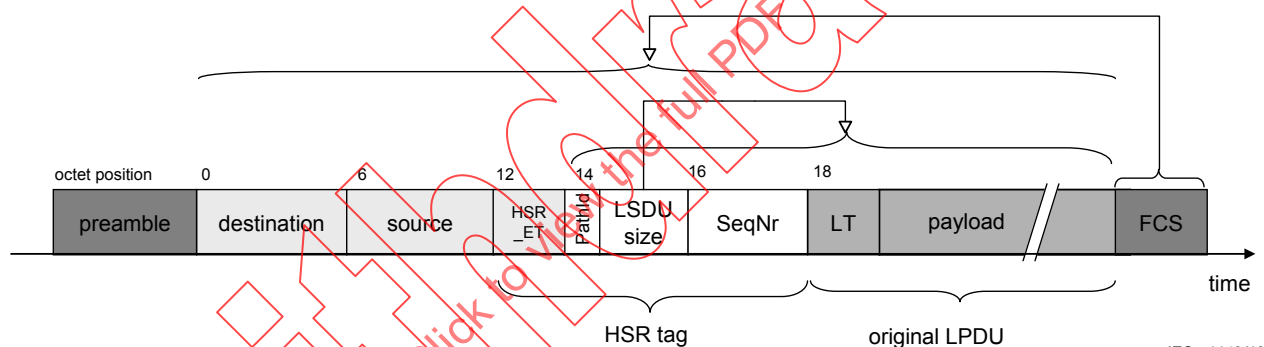
5.7 Format de trame pour HSR

5.7.1 Format de trame pour toutes les trames

Les trames HSR sont identifiées de manière unique par leur étiquette HSR.

L'étiquette HSR est composée:

- d'EtherType 16 bits (HSR_EtherType = 0x892F)
- d'un identificateur de chemin 4 bits (PathId)
- d'une taille de trame 12 bits (LSDUsize)
- d'un numéro de séquence 16 bits (SeqNr)



Légende

Anglais	Français
octet position	position d'octet
preamble	préambule
LSDU size	taille LSDU
payload	données utiles
HSR tag	étiquette HSR
original LPDU	LPDU d'origine
time	durée

Figure 22 – Trame HSR sans étiquette VLAN

Le champ PathId à 4 bits empêche le rejet de trames provenant d'un réseau PRP vers un autre réseau PRP.

Les 3 bits de poids fort du champ de chemin 4 bits sont le NetId avec des valeurs nulles pour les trames HSR normales, 1 à 6 pour les trames provenant d'un réseau PRP (6 réseaux pris en charge au maximum, pouvant également être ultérieurement utilisés pour d'autres réseaux HSR), 7 étant réservés.

Le bit de poids faible du champ de chemin 4 bits est le Laneld. Ce bit indique une trame provenant d'un réseau PRP s'il a été reçu sur le port A ou le port B d'une RedBox.

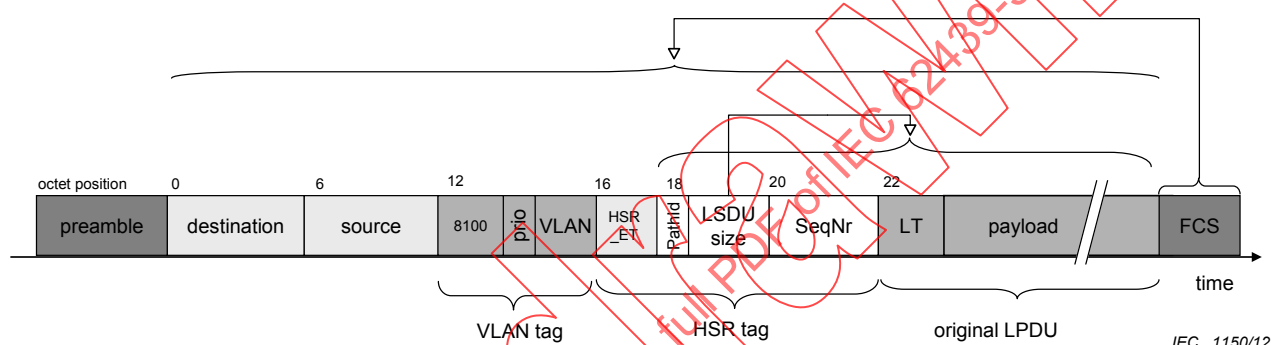
Pour les trames provenant de l'anneau HSR, la valeur 0 ou 1 peut être attribuée à Laneld pour indiquer le port d'envoi (A = 0, B = 1).

L'allocation du champ PathId 4 bits est la suivante:

- 0000 – 0001 trame provenant d'un nœud HSR (A/B)
- 0010 – 1111 trames provenant de 7 réseaux PRP (A/B)

Si la trame dispose d'une étiquette VLAN conforme à l'IEEE 802.1Q, l'étiquette HSR doit y être insérée.

La même trame avec une étiquette VLAN est présentée à la Figure 23.



Légende

Anglais	Français
octet position	position d'octet
preamble	préambule
LSDU size	taille LSDU
payload	données utiles
time	durée
VLAN tag	étiquette VLAN
HSR tag	étiquette HSR
original LPDU	LPDU d'origine

Figure 23 – Trame HSR avec étiquette VLAN

La taille de trame minimale (y compris l'adresse MAC de destination et la FCS) doit être de 70 octets sans étiquette VLAN et de 74 octets avec une étiquette VLAN. Le remplissage doit être inséré entre les données utiles et la FCS.

NOTE 1 LSDUsize comporte la même définition que dans PRP et contient un remplissage possible.

NOTE 2 L'étiquette HSR est insérée après l'étiquette VLAN pour permettre une recherche de l'adresse MAC plus rapide en cas d'utilisation de l'IVL (Independent VLAN learning, apprentissage VLAN indépendant, tel que défini dans la norme IEEE 802.1Q).

NOTE 3 La taille de trame minimale permet d'assurer la conformité de la trame à l'ISO/CEI 8802-3 de 64 octets après le retrait des étiquettes HSR et VLAN.

5.7.2 Trame HSR_Supervision

5.7.2.1 Envoi

Chaque DANH doit diffuser en multicast une trame HSR_Supervision sur ses deux ports au format spécifié au Tableau 5 ou au Tableau 6.

NOTE La trame a été remplie à 70 octets (pas de VLAN) et à 74 octets (avec VLAN), car la LRE peut supprimer l'étiquette HSR (6 octets) et l'étiquette VLAN (4 octets) lors de la transmission de la trame aux couches supérieures.

Tableau 5 – Trame HSR_Supervision sans étiquette VLAN

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0					msb		U/L		I/G							
2	HSR_DestinationAddress = multicast (01-15-4E-00-01-XX)															
4									lsb							
6					msb		U/L		0							
8	SourceAddress (adresse MAC du nœud)															
10									lsb							
12	HSR_EtherType															
14	pathId				HSR_LSDUsize = 52 (avec remplissage)											
16	SeqNr															
18	SupEthertype															
20	SupPath				SupVersion											
22	SupSequenceNumber															
24	TLV1.Type = 23								TLV1.Length = 6							
26					Msb		U/L		0							
28	MacAddress (adresse MAC du DANH)															
30																
32	TLV2.Type = 30								TLV2.Length = 6							
34					Msb		U/L		0							
36	RedBoxMacAddress															
38									lsb							
40	TLV0.Type = 0								TLV0.Length = 0							
64	Remplissage à 70 octets (64 + 6 + 0 VLAN)															
66	FCS															
68																
70																

Tableau 6 – Trame HSR_Supervision avec étiquette VLAN facultative

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0						msb	U/L	I/G								
2																
4									lsb							
6						msb	U/L	0								
8																
10									lsb							
12																
14																
16																
18																
20																
22																
24																
26																
28																
30						msb	U/L	0								
32																
34																
36																
38						msb	U/L	0								
40																
42									lsb							
44																
46																
68																
70																
72																
74																

NOTE 1 Le format de la trame est presque identique à celui des trames de supervision PRP.

NOTE 2 Les trames de supervision permettent à NodesTable de conserver une trace de la présence d'autres nœuds identifiés par leur adresse MAC. Lorsqu'un nœud n'envoie pas de trame de supervision pendant un délai d'expiration donné (de l'ordre d'une minute), son adresse est supprimée de NodesTables s'il est utilisé.

5.7.2.2 Contenu de la trame HSR_Supervision

Le contenu de la trame HSR_Supervision doit être défini comme suit:

HSR_DestinationAddress	Adresse multicast réservée 01-15-4E-00-01-XX. Par défaut, XX est "00", mais en cas de conflits, XX peut être configuré pour prendre n'importe quelle valeur comprise entre 0x00 et 0xFF.
SourceAddress	Adresse MAC du nœud.
Etiquette VLAN (facultative)	Etiquette 802.1Q en cas d'utilisation.
HSR_EtherType	Ethertype du protocole HSR, voir 5.7.1

PathId	Chemin sur lequel cette trame a été envoyée, en particulier, identification du réseau PRP.
LSDUsize	Taille de la LSDU, en octets.
SeqNr	SendSeq de l'émetteur.
SupEthertype	Ethertype des trames de supervision, doit être 0x88FB
SupPath	Non utilisé, défini sur 0
SupVersion	Version du protocole, définie sur "1" (un) pour cette version de la HSR.

La mise en œuvre de la version X du protocole doit interpréter une version supérieure à X comme s'il s'agissait de la version X, en ignorant tout paramètre et/ou indicateurs ajoutés par la version plus récente, et interpréter une version inférieure ou égale à X exactement comme spécifié par la version concernée. La version ne doit pas dépasser 64.

SupSequenceNumber	Numéro de séquence des trames de supervision
TLV1.Type	Prend la valeur 23 pour indiquer qu'il s'agit d'un nœud HSR en fonctionnement normal. Les autres valeurs sont réservées.
TLV1.Length	Indique la longueur de l'adresse MAC suivante.
MacAddress	Adresse MAC utilisée par l'émetteur.
TLV2.Type	Identificateur du nœud source défini sur 30 si le nœud source est une RedBox (voir 4.3.3)
TLV2.Length	Indique la longueur de l'adresse MAC suivante.
RedBoxMacAddress	Adresses MAC utilisées par la RedBox sur son interconnexion.
TLV0.Type	Fermeture de TLV, défini sur 0
TLV0.Length	Fermeture de TLV, défini sur 0

5.7.2.3 Réception d'une trame HSR_Supervision et NodesTable

Lors de la réception de la première trame HSR_Supervision sur un port de l'anneau, un nœud doit créer une entrée dans la NodesTable correspondant à la MacAddress de cette source, indiquée dans le corps du message et non dans l'adresse source de la trame, puis enregistrer le port d'origine de cette trame.

La réception des trames suivantes doit être enregistrée pour identifier les erreurs de réception.

5.7.2.4 Non réception d'une trame HSR_Supervision

Lorsqu'un dispositif détecte qu'un autre dispositif n'existe pas, il doit, si ce dispositif reprend la transmission, accepter ses trames comme s'il n'avait pas été connecté auparavant.

NOTE Le mécanisme de détection des dispositifs inexistants n'est pas spécifié, il peut être supposé que la lecture de NodesTable réinitialise ou lise un compteur de trames.

5.8 Constantes

Les paramètres de constantes apparaissent au Tableau 7.

NOTE Les autres valeurs peuvent être définies par l'utilisateur.

Tableau 7 – Constantes HSR

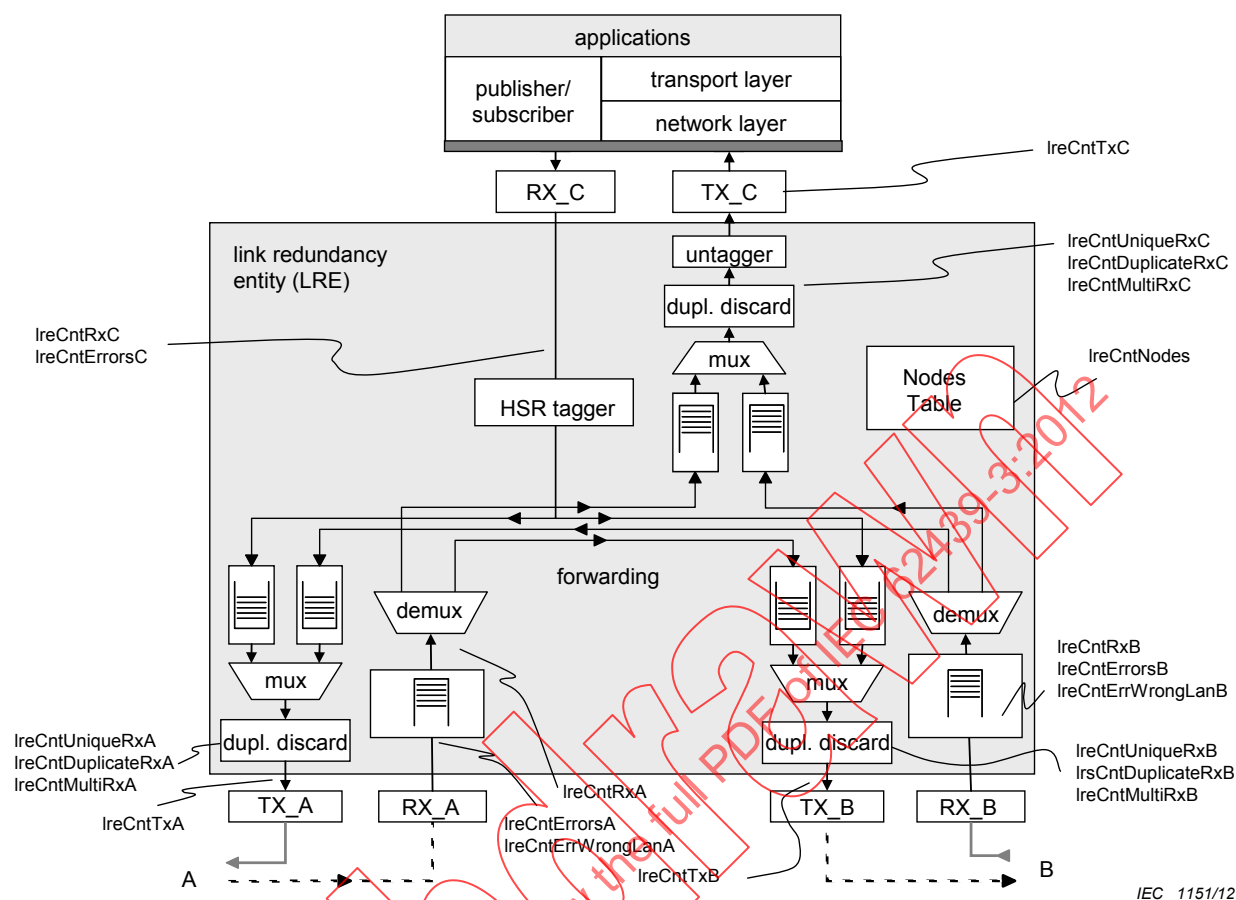
Constante	Description	Valeur par défaut
LifeCheckInterval	Fréquence d'envoi par un nœud d'une trame HSR_Supervision	2 000 ms
NodeForgetTime	Durée à l'issue de laquelle une entrée de nœud est effacée de NodesTable	60 000 ms
ProxyNodeTableForgetTime	Durée à l'issue de laquelle une entrée de nœud est effacée de ProxyNodeTable	60 000 ms
ProxyNodeTableMaxEntries	Nombre maximal d'entrées dans ProxyNodeTable	512
EntryForgetTime	Durée à l'issue de laquelle une entrée est supprimée des doublons	400 ms
NodeRebootInterval	Durée minimale pendant laquelle un nœud qui redémarre reste silencieux	500 ms
MulticastFilterSize	Nombre d'adresses multicast à filtrer	16

5.9 Spécification de service HSR

On peut accéder aux objets de la LRE (les compteurs d'erreurs, par exemple) à partir d'une application fonctionnant sur le même nœud utilisant les appels directs, ou à partir d'une application présente sur un autre nœud utilisant un protocole de gestion (SNMP, par exemple) ou un protocole particulier (CEI 61850, par exemple).

Tous les objets LRE sont décrits dans l'Article 7 comme une base d'informations de gestion (MIB) conforme à SNMP, commune pour PRP et HSR.

Pour mieux appréhender les compteurs MIB, la Figure 24 illustre la structure d'un nœud avec les entités qui restent dans le compteur.



Légende	
Anglais	Français
applications	applications
publisher/suscriber	fournisseur/abonné
transport layer	couche de transport
network layer	couche réseau
untagger	annulateur d'étiquettes
link redundancy entity (LRE)	LRE
forwarding	transfert
demux	démultiplexeur
mux	multiplexeur
dupl. discard	rejet de doublons
HSR tagger	étiqueteur HSR
nodes Table	table de nœuds

Figure 24 – Nœud HSR avec compteurs de gestion

La Figure 25 présente la base des informations de gestion d'une RedBox.