

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Industrial communication networks – High availability automation networks –
Part 5: Beacon Redundancy Protocol (BRP)**

**Réseaux de communication industriels – Réseaux d'automatisme à haute
disponibilité –
Partie 5: Protocole de redondance à balise (BRP)**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2016 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 l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC 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.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables 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 online and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions in English and French with equivalent terms in 15 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

65 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC 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 l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) 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 IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

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

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC 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.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. 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 de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 15 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

65 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

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 5: Beacon Redundancy Protocol (BRP)**

**Réseaux de communication industriels – Réseaux d'automatisme à haute
disponibilité –
Partie 5: Protocole de redondance à balise (BRP)**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 25.040; 35.040

ISBN 978-2-8322-3148-7

**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.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references.....	7
3 Terms, definitions, abbreviations, acronyms, and conventions	7
3.1 Terms and definitions	7
3.2 Abbreviations and acronyms.....	8
3.3 Conventions.....	8
4 BRP overview	8
5 BRP principle of operation	8
5.1 General.....	8
5.2 Network topology	8
5.3 Network components.....	11
5.4 Rapid reconfiguration of network traffic.....	12
6 BRP stack and fault detection features	12
7 BRP protocol specification	14
7.1 MAC addresses.....	14
7.2 EtherType	14
7.3 Fault detection mechanisms.....	14
7.4 BRP end device	14
7.4.1 State diagram	14
7.4.2 Start-up	15
7.4.3 Normal operation	15
7.4.4 Fault detection.....	16
7.4.5 State-Event-Action table.....	16
7.5 Beacon device	26
7.5.1 State diagram	26
7.5.2 Start-up	27
7.5.3 Normal operation	27
7.5.4 Fault detection	28
7.5.5 Changing BRP parameters	28
7.5.6 State-Event-Action table.....	29
8 BRP message structure	36
8.1 General.....	36
8.2 ISO/IEC/IEEE 8802-3 (IEEE 802.3) Tagged common message header	36
8.3 Beacon message.....	37
8.4 Path_Check_Request message	37
8.5 Path_Check_Response message.....	38
8.6 Learning_Update message	38
9 BRP fault recovery time	38
10 BRP service definition.....	39
10.1 Supported services	39
10.2 Common service parameters	39
10.3 Set_Node_Parameters service	40
10.4 Get_Node_Parameters service	41

10.5 Get_Node_Status service	43
11 BRP Management Information Base (MIB).....	44
Bibliography	47
Figure 1 – BRP star network example.....	9
Figure 2 – BRP linear network example	10
Figure 3 – BRP ring network example.....	11
Figure 4 – BRP stack architecture	12
Figure 5 – State diagram for end device	15
Figure 6 – State diagram for beacon device.....	27
Table 1 – Parameter values for end device.....	17
Table 2 – State-Event-Action table for end device.....	18
Table 3 – Parameter values for beacon device	29
Table 4 – State-Event-Action table for beacon device	30
Table 5 – Destination MAC addresses.....	36
Table 6 – Common message header	37
Table 7 – Beacon message format	37
Table 8 – Path_Check_Request message format.....	37
Table 9 – Path_Check_Response message format.....	38
Table 10 – Learning_Update message format.....	38
Table 11 – BRP Set_Node_Parameters service parameters.....	40
Table 12 – BRP Get_Node_Parameters service parameters.....	42
Table 13 – BRP Get_Node_Status service parameters	43

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**INDUSTRIAL COMMUNICATION NETWORKS –
HIGH AVAILABILITY AUTOMATION NETWORKS –****Part 5: Beacon Redundancy Protocol (BRP)**

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.

International Standard IEC 62439-5 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.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) The protocol is now independent of application (Path_Check_Request is sent periodically);
- b) Failure_Notify message has been removed;
- c) Frame format had been changed;
- d) New MAC address had been added.

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

FDIS	Report on voting
65C/834/FDIS	65C/841/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 publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

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

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

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.

IMPORTANT – The “colour inside” logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this publication using a colour printer.

INTRODUCTION

The IEC 62439 series specifies relevant principles for high availability networks that meet the requirements for industrial automation networks.

In the fault-free state of the network, the protocols of the IEC 62439 series provide ISO/IEC/IEEE 8802-3 (IEEE 802.3) compatible, reliable data communication, and preserve determinism of real-time data communication. In cases of fault, removal, and insertion of a component, they provide deterministic recovery times.

These protocols retain fully the typical Ethernet communication capabilities as used in the office world, so that the software involved remains applicable.

The market is in need of several network solutions, each with different performance characteristics and functional capabilities, matching diverse application requirements. These solutions support different redundancy topologies and mechanisms which are introduced in IEC 62439-1 and specified in the other parts of the IEC 62439 series. IEC 62439-1 also distinguishes between the different solutions, giving guidance to the user.

The IEC 62439 series follows the general structure and terms of the IEC 61158 series.

The International Electrotechnical Commission (IEC) draws attention to the fact that it is claimed that compliance with this document may involve the use of patents concerning fault-tolerant Ethernet provided through the use of special interfaces providing duplicate ports that may be alternatively enabled with the same network address. Switching between the ports corrects single faults in a two-way redundant system. This is given in Clauses 5 and 6.

These patents are listed in the table below, where the [xx] notation indicates the holder of the patent rights:

US 7,817,538 B2	[RA]	Fault-tolerant Ethernet network
US 8,493,840	[RA]	Fault-tolerant Ethernet network

IEC takes no position concerning the evidence, validity and scope of these patent rights.

The holder of this patent right has assured the IEC that he/she is willing to negotiate licences either free of charge or 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:

[RA] Rockwell Automation Technologies, Inc.
1 Allen-Bradley Drive
Mayfield Heights
Ohio 44124, USA

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 5: Beacon Redundancy Protocol (BRP)

1 Scope

The IEC 62439 series is applicable to high-availability automation networks based on the ISO/IEC/IEEE 8802-3 (IEEE 802.3) Ethernet technology.

This part of the IEC 62439 series specifies a redundancy protocol that is based on the duplication of the network, the redundancy protocol being executed within the end nodes, as opposed to a redundancy protocol built in the switches. Fast error detection is provided by two beacon nodes, the switchover decision is taken in every node individually. The cross-network connection capability enables singly attached end nodes to be connected on either of the two networks.

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

ISO/IEC TR 8802-1, *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 1: Overview of Local Area Network Standards*

ISO/IEC/IEEE 8802-3:2014, *Standard for Ethernet*

ISO/IEC 10164-1, *Information technology – Open Systems Interconnection – Systems Management: Object Management Function*

IEEE 802.1D, *IEEE Standard for Local and metropolitan area networks: Media Access Control (MAC) Bridges*

IEEE 802.1Q, *IEEE Standard for Local and metropolitan area networks: Media Access Control (MAC) Bridges and Virtual Bridged Local Area Networks*

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, apply.

3.2 Abbreviations and acronyms

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

BRP Beacon Redundancy Protocol
DANB doubly attached node implementing BRP

3.3 Conventions

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

4 BRP overview

This part of the IEC 62439 series specifies a protocol for an Ethernet network tolerant to all single point failures. This protocol is called Beacon Redundancy Protocol or BRP. A network based on the BRP is called a BRP network. The BRP network is based on switched ISO/IEC/IEEE 8802-3 (IEEE 802.3) (Ethernet) and ISO/IEC/TR 8802-1 (IEEE 802.1) technologies and redundant infrastructure. In this network, the decision to switch between infrastructures is made individually in each end node.

5 BRP principle of operation

5.1 General

Subclauses 5.2 to 5.4 are an explanation of overall actions performed by the BRP state machine. If a difference in the interpretation occurs between these subclauses and the state machines in Clause 7, then the state machines take precedence.

5.2 Network topology

The BRP network topology can be described as two interconnected top switches, each heading an underlying topology of star, line, or ring. Beacon end nodes shall be connected to the top switches. Examples of star, linear and ring BRP networks are shown in Figure 1, Figure 2 and Figure 3 respectively.

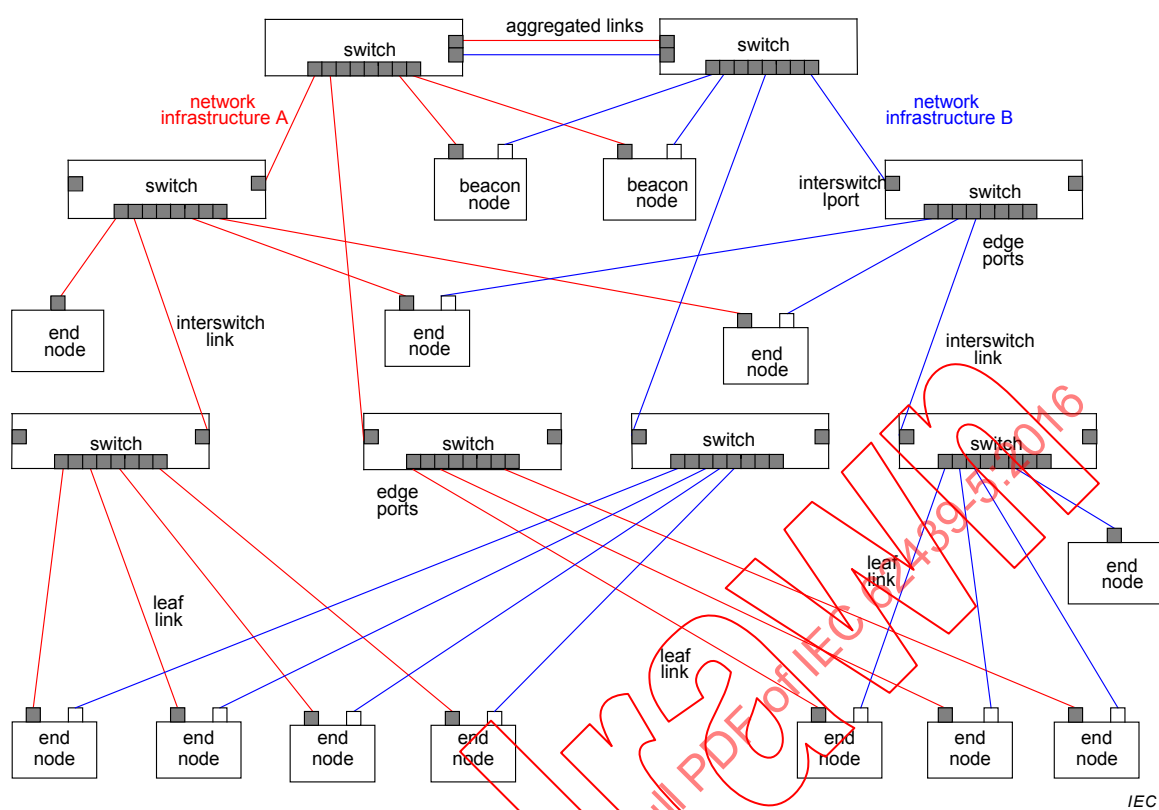
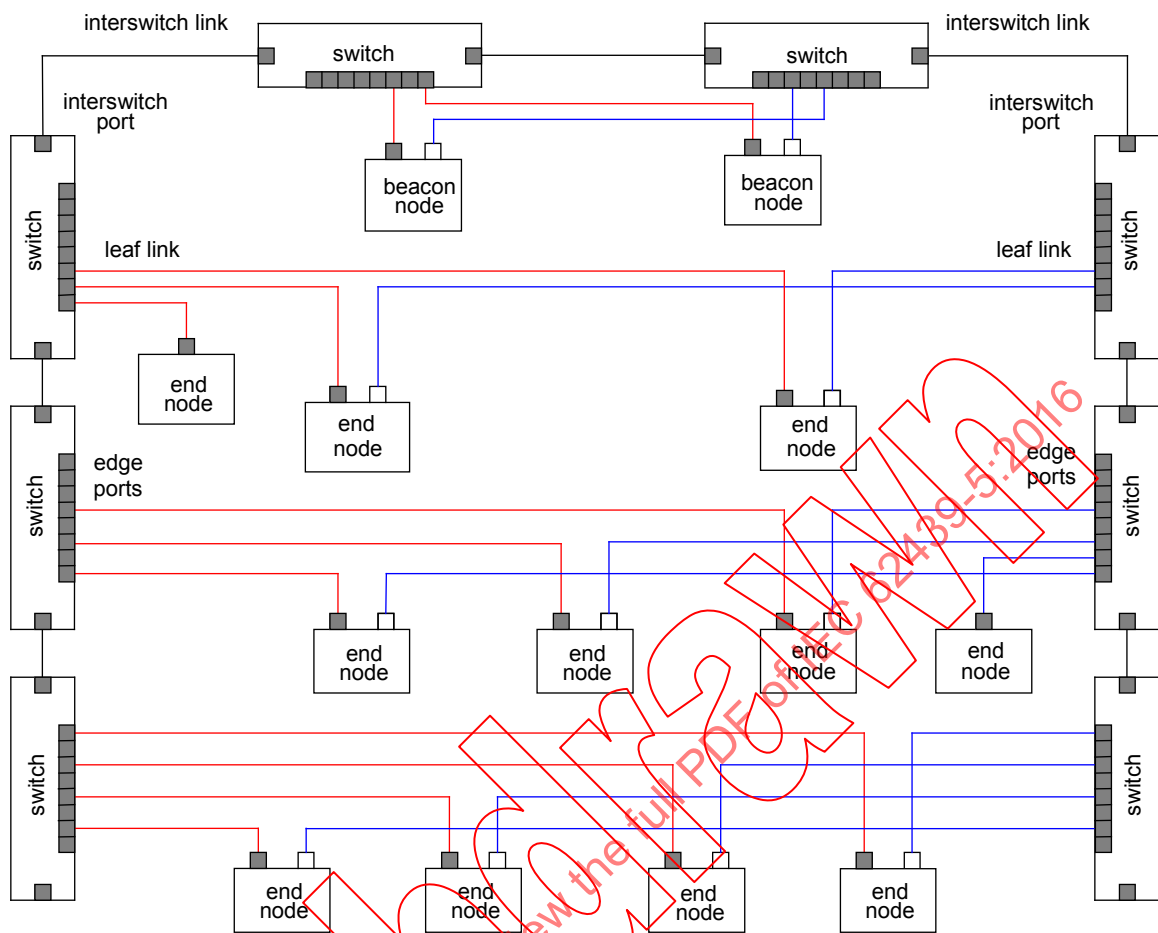


Figure 1 – BRP star network example



IEC

Figure 2 – BRP linear network example

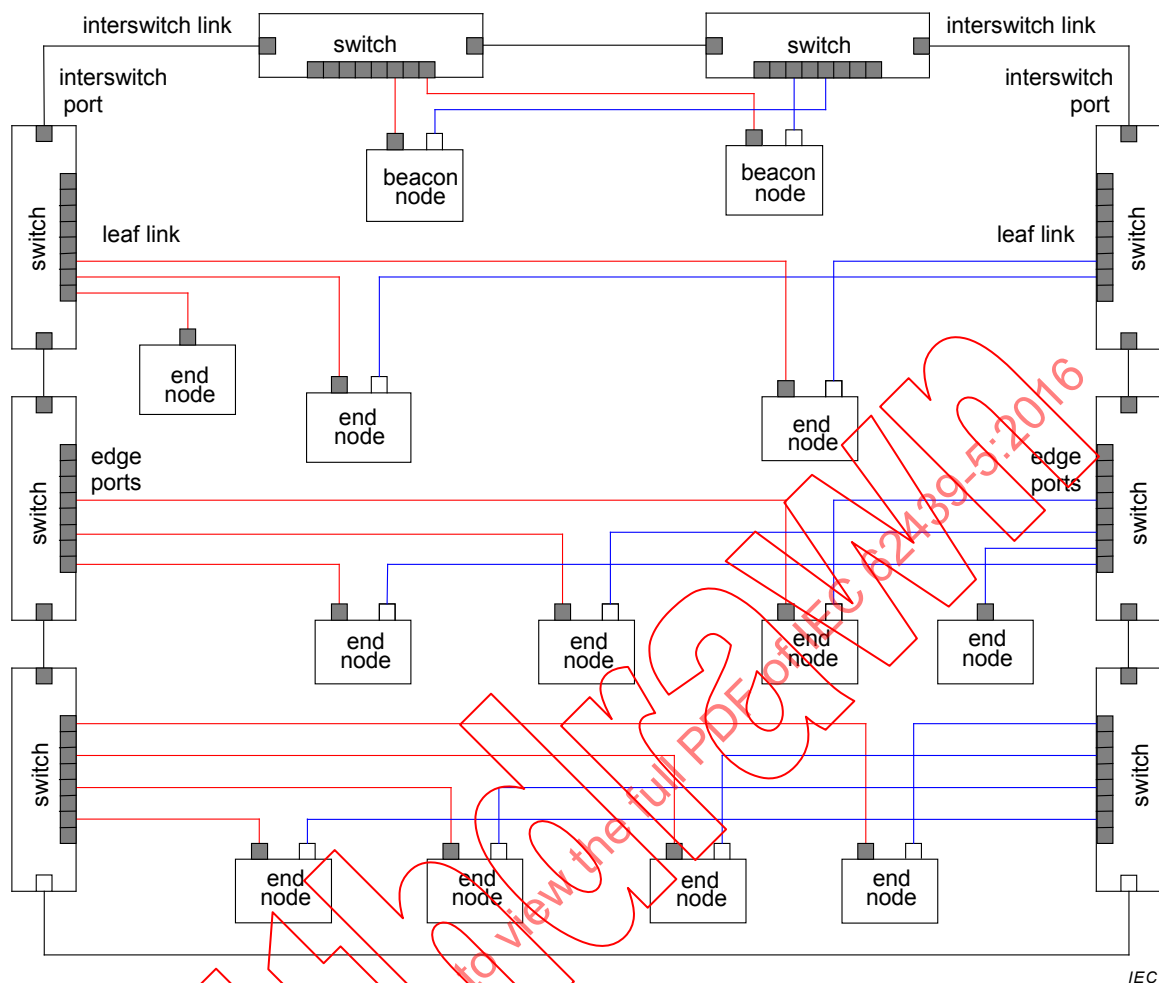


Figure 3 – BRP ring network example

5.3 Network components

The BRP network is built from layer 2 switches compliant with IEEE 802.1D and ISO/IEC/IEEE 8802-3 (IEEE 802.3). No support of the BRP protocol in switches is required.

Figure 1 shows an example of a BRP star network in the 2-way redundancy mode. It uses two sets of network infrastructure A and B (shown in two different colours). The number of levels of switches and number of switches on each level are dependent only on application requirements. Even with three levels of hierarchy it is possible to construct very large networks. For example, a BRP star network built from switches with eight regular ports and one uplink port can contain 500 nodes maximum. Two switches at the top level shall be connected to each other with one or more links providing sufficient bandwidth. With link aggregation capability, traffic is shared among bundle of links and failure of one link does not bring the network down. With such an arrangement infrastructures A and B form a single network.

Two types of end nodes can be connected to the BRP network: doubly attached and singly attached. A doubly attached end node can function as a BRP end node or a BRP beacon end node. A BRP beacon end node is a special case of a doubly attached end node that is connected directly to the top switches. Though doubly attached BRP end nodes have two network ports they use only one MAC address.

As shown in Figure 1, Figure 2 and Figure 3, two beacon end nodes shall be connected to top level switches. Beacon end nodes multi/broadcast a short beacon message on the network

periodically. Similarly to BRP end nodes, a beacon end node at any given point in time actively communicates through only one of its ports, while blocking all traffic on its other port. Fault tolerance is achieved by beacon end nodes switching between their ports from inactive to active mode and vice versa.

Singly attached end nodes may also be connected to BRP network but they do not support the BRP protocol. A singly attached node can communicate with doubly attached nodes as well as other singly attached nodes on the network.

Since switches are IEEE 802.1D compliant, they support the RSTP protocol. This eliminates loop formation in BRP ring networks like in the one shown in Figure 3.

5.4 Rapid reconfiguration of network traffic

For fast reconfiguration, multicast control features in the switches shall be disabled. The multicast traffic is therefore treated as the broadcast traffic.

Unicast packets are affected by switches learning and filtering features. After end node port reconfiguration, switches have invalid knowledge. A switch implementing learning shall update its database when a packet with a learned MAC address in the source field is received on a different port from the learned port stored in the database.

When a BRP end node switches to the inactive port, its first action is to send a short multicast message, called Learning_Update message, through its newly enabled port. As this message propagates through the network, switches update their MAC address database resulting in rapid reconfiguration of the unicast traffic. This message is of no interest to other end nodes in the network and is dropped by them.

6 BRP stack and fault detection features

Figure 4 shows the BRP stack architecture. It is applicable to both BRP and beacon end nodes.

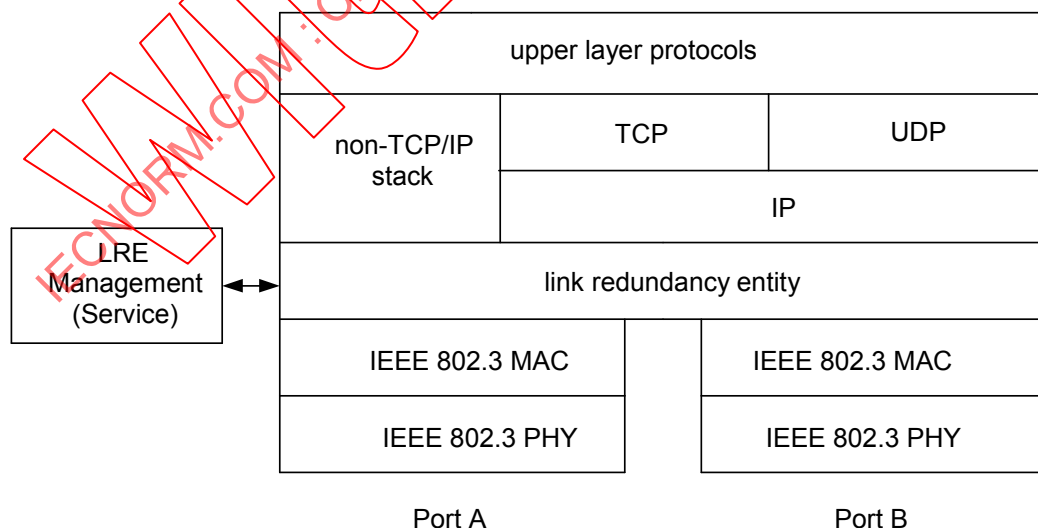


Figure 4 – BRP stack architecture

The BRP stack contains two identical ISO/IEC/IEEE 8802-3 (IEEE 802.3) ports, identified here as ports A and B, connected to the network. These ports interface with the MAC sub-layer compliant with ISO/IEC/IEEE 8802-3 (IEEE 802.3). Though there are two physical ports, a BRP end node uses only a single MAC address.

The link redundancy entity continuously monitors the status of leaf links between both ports and corresponding ports on the switches. When a failure of the leaf link between the end node active port and the corresponding port on the switch is detected, the link redundancy entity shall reconfigure end node ports, provided the inactive port was not in the fault mode as well. After reconfiguration, all traffic flows through the newly activated port. Some messages may be lost during the failure detection and reconfiguration process, and their recovery is supported by upper layer protocols which also deal with messages lost due to other network errors.

The link redundancy entity also monitors arrival of beacon messages on both ports. When a beacon message fails to arrive at the active port for a configured timeout period, the port is declared to be in the fault mode, and the link redundancy entity shall reconfigure end node ports, provided the other port was not in the fault mode as well. After reconfiguration all traffic starts flowing through the newly activated port. Failure of beacon messages to arrive at inactive ports shall also be detected.

If one of the top switches fails, then all BRP nodes connected directly to it, or to network infrastructure below it, switch to the other network infrastructure. If, for example, the top switch of the LAN A fails, then all BRP nodes connected to LAN A switch over to LAN B.

If the fault occurred on a beacon end node, the network continues to operate without any problems, since the other beacon end node is active. The rate of beacon message arrival decreases from approximately two messages per beacon timer interval to one.

It is possible for transmit path failures to occur in the opposite direction to the flow of beacon messages. If such a fault manifests itself in the physical layer, it is detected by end nodes or switches adjacent to the faulty link. This results in a BRP end node reconfiguring its ports immediately or results in traffic being blocked on the affected link. The latter event leads to loss of beacon messages at the downstream end nodes, so that they reconfigure themselves at expiry of the beacon timeout.

When the faulted port is restored, it shall stay idle until a switchover is initiated or the currently active port fails. When both ports are operational, the BRP end node shall periodically switch its message activity from one port to the other. This switchover is controlled by the Active_Port_Swap timer.

The LRE management entity is used to select an end node type (normal or beacon), configure protocol parameters (for example, beacon timer) and obtain the end node port status (active, failed, idle).

All detected failures shall be reported to the LRE management entity to trigger further diagnosis and repair. Fault diagnostics services shall be provided by LRE management entity or other accessible entities in the network.

In a case when transmit path faults are not detectable in the physical layer, the following mechanism is employed by the BRP link redundancy entity to detect them. The BRP end devices shall send a Path_Check_Request message once every Path Check Request Interval to one of the currently active beacon devices on their active port in a round robin manner. For example, if three beacon devices are currently active, a BRP end device shall send a Path_Check_Request message to beacon device 1 in the first interval, to beacon device 2 in the second interval and so on. Upon receiving a Path_Check_Request message on its active port, a beacon device shall respond with a Path_Check_Response message to the requesting device on its active port.

A BRP end device shall detect transmit path faults in direction opposite to beacon flow through a timeout on non-reception of Path_Check_Response messages from BRP beacon devices for repeated Path_Check_Request messages. When a BRP end device detects such a loss on its active port, it shall immediately switch its active port.

7 BRP protocol specification

7.1 MAC addresses

BRP protocol shall use multicast address 01-15-4E-00-02-01 and 01-15-4E-00-02-02. Both ports of a BRP node shall have the same MAC address for active communication.

7.2 EtherType

The BRP protocol shall use assigned EtherType 0x80E1.

7.3 Fault detection mechanisms

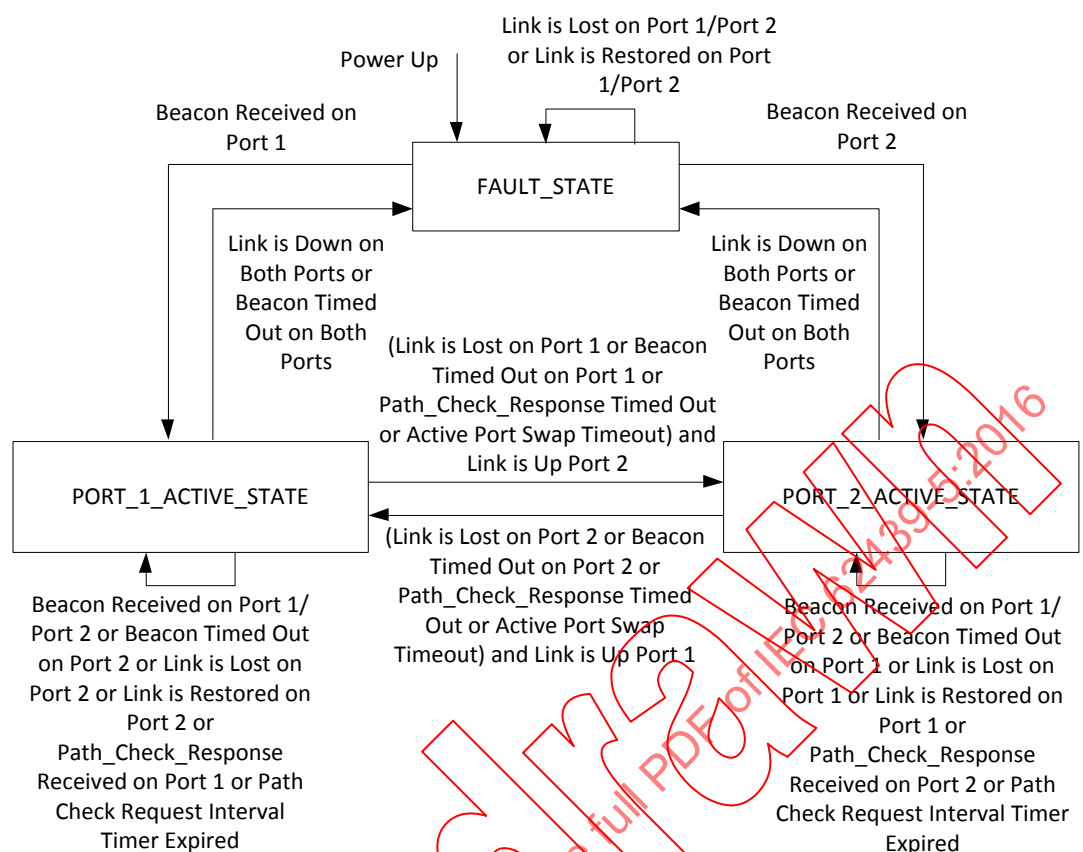
The following fault detection mechanisms are used:

- Link fault detection
This mechanism covers physical layer failures in transmit and receive directions on a link directly connected to the end node.
- Receive path fault detection
This is accomplished utilizing the beacon message transmission mechanism.
- Transmit path fault detection
This is accomplished utilizing Path_Check_Request and Path_Check_Response messages. The periodic switchover between active and inactive ports ensures coverage of all transmit paths in the network.

7.4 BRP end device

7.4.1 State diagram

Figure 5 shows the State diagram for an end device.



IEC

Figure 5 – State diagram for end device

7.4.2 Start-up

An end device shall start up in **FAULT_STATE** and when a Beacon message is received on port 1 or port 2, it shall transition to **PORT_1_ACTIVE_STATE** or **PORT_2_ACTIVE_STATE** respectively. It shall either disable unicast MAC address learning on both BRP ports or shall flush the unicast MAC address learning table whenever a port is made an active port. It shall save the beacon device MAC address, IP address and Precedence, and the following information from the Beacon message as current BRP operational parameters:

- VLAN ID
- Beacon Interval
- Beacon Timeout
- Active Port Swap Interval

Whenever a new port is made an active port, an end device shall transmit a **Learning_Update** message as the first message on its new active port to update network topology in infrastructure switches.

7.4.3 Normal operation

End devices shall support independent mechanisms to receive, track and time out Beacon messages from up to three beacon devices on each of their BRP ports. When a Beacon message from a new beacon device is received on a port, an end device shall save the beacon device MAC address, IP address and Precedence from the Beacon message. If the Precedence of the new beacon device is higher than that of all beacon devices currently not timed out on both ports, it shall save the current BRP operational parameters (VLAN ID, Beacon Interval, Beacon Timeout and Active Port Swap Interval) from the Beacon message.

In case of a Precedence tie during comparison between two beacon devices, the device having the numerically higher MAC address shall be considered to have higher Precedence.

An end device shall send a Path_Check_Request message on its active port once every Path Check Request Interval, to one of the beacon devices currently not timed out on the active port, in a round robin manner for each interval. For example, if three beacon devices are currently active, a BRP end device shall send Path_Check_Request message to beacon device 1 in the first interval, to beacon device 2 in the second interval and so on.

An end device shall always use a single device MAC address for all traffic sent from/to its active port. When the active port is switched, the device MAC address shall always be associated with its current active port.

An end device shall not forward any traffic to/from the CPU on its backup port except for certain special messages. The special messages to be forwarded from the network to the CPU on its backup port are the Beacon messages.

An end device shall swap its active port to backup port and vice versa upon expiry of active port swap interval timer if the backup port is operational.

7.4.4 Fault detection

An end device shall declare a LINK_FAULT on its active or backup port that suffered a physical layer fault.

An end device shall independently time-out non-reception of Beacon message from each beacon device on each port. It shall declare a BEACON_FAULT on its active or backup port in which all beacon devices are timed out.

An end device shall declare a PATH_FAULT on its active port, if no Path_Check_Response message is received for consecutive Path_Check_Request messages exceeding the path check request retry limit i.e., a Path Check Response message is not received within the Path Check Retry Limit times the Path Check Request Interval from the first Path_Check_Request message.

When a fault is declared on the active port, an end device shall swap its active port to backup port and vice versa, if the backup port is operational. An end device shall transition to FAULT_STATE if both ports are in some combination of LINK_FAULT and BEACON_FAULT states.

When both ports are in the PATH_FAULT state, an end device shall try each port in turn, once every Path Check Retry Limit times Path Check Request Interval from the first Path_Check_Request message, by transitioning between PORT_1_ACTIVE_STATE and PORT_2_ACTIVE_STATE, until a valid path to a beacon device is found.

7.4.5 State-Event-Action table

Table 1 lists the parameter values for an end device.

Table 1 – Parameter values for end device

Parameter	Value
Port 1 Beacon Device 1 MAC Address	Obtained from Beacon message
Port 1 Beacon Device 1 Precedence	Obtained from Beacon message
Port 1 Beacon Device 2 MAC Address	Obtained from Beacon message
Port 1 Beacon Device 2 Precedence	Obtained from Beacon message
Port 1 Beacon Device 3 MAC Address	Obtained from Beacon message
Port 1 Beacon Device 3 Precedence	Obtained from Beacon message
Port 2 Beacon Device 1 MAC Address	Obtained from Beacon message
Port 2 Beacon Device 1 Precedence	Obtained from Beacon message
Port 2 Beacon Device 2 MAC Address	Obtained from Beacon message
Port 2 Beacon Device 2 Precedence	Obtained from Beacon message
Port 2 Beacon Device 3 MAC Address	Obtained from Beacon message
Port 2 Beacon Device 3 Precedence	Obtained from Beacon message
Current Beacon Interval	Obtained from Beacon message
Current Beacon Timeout	Obtained from Beacon message
Current Path Check Request Interval	1 times Current Beacon Timeout
Current Active Port Swap Interval	Obtained from Beacon message
Current BRP VLAN ID	Obtained from Beacon message
Path Check Request Retry Limit	2 (Total number of tries)

The following statements apply to the State-Event-Action table for an end device (see Table 2):

- Unicast MAC address learning shall be disabled on the two BRP ports or the unicast MAC address learning table shall be flushed whenever a new port is made an active port.
- MAC address 11-22-33-44-55-66 shall be encoded as 0x112233445566 for numerical comparison in the case of a beacon device Precedence tie.
- Port1Bcn1Rcvd, Port1Bcn2Rcvd, Port1Bcn3Rcvd are Boolean variables indicating if the beacon messages from the beacon devices 1, 2 and 3 respectively, are currently being received on port 1. Port2Bcn1Rcvd, Port2Bcn2Rcvd, Port2Bcn3Rcvd are Boolean variables indicating if the beacon messages from the beacon devices 1, 2 and 3 respectively, are currently being received on port 2. A value of TRUE indicates that the beacon messages from the respective beacon device are currently being received and a value of FALSE indicates that a beacon message from the respective beacon device was never received or the beacon message reception from the respective beacon device was timed out. These variables are exposed through attributes of the LRE.
- NextEvent is a virtual event variable to trigger a common set of actions. It can take values 0, 1, 2, 3 or 4. When the NextEvent value is changed, the associated virtual event shall have the highest priority among the pending events and the actions associated with the virtual event shall be executed immediately.
- LastPathChkReqTgt is an integer variable to indicate which beacon device the last Path_Check_Request message was sent to. It is used to send the Path_Check_Request message to one of the beacon devices that has not been timed out currently on the active port, in a round robin manner among beacon devices. Only one Path_Check_Request message shall be sent to one beacon device per path check request interval. For example, if three beacon devices are currently active, a BRP end device shall send the Path_Check_Request message to beacon device 1 in the first interval, to beacon device 2 in the second interval and so on. LastPathChkReqTgt can take a value of 0, 1, 2 or 3.
- PathChkRetryCnt is an integer variable used to indicate current path check request retry count. It can take values 0 to Path Check Request Retry Limit.

- Port1Status and Port2Status are variables indicating current port 1 and port 2 statuses respectively. They are exposed through BRP services.
- Events and actions associated with active port swap timer are applicable only when Current Active Port Swap Interval is greater than 0. A value of 0 indicates active port swap has been disabled.
- In Events 8, 9, 10, 11, 12, 13, 28, 29, 30, 31, 32 and 33, when new Beacon Interval, Beacon Timeout, VLAN ID and Active Port Swap Interval are saved, currently active beacon device timers, path check request timer and active port swap timer shall be restarted immediately with new values.

Table 2 – State-Event-Action table for end device

Event No.	Current State	Event	Action(s)
1	None	Power up	Initialize Set Port1Bcn1Rcvd to FALSE Set Port1Bcn2Rcvd to FALSE Set Port1Bcn3Rcvd to FALSE Set Port2Bcn1Rcvd to FALSE Set Port2Bcn2Rcvd to FALSE Set Port2Bcn3Rcvd to FALSE Set NextEvent to 0 Set LastPathChkReqTgt to 0 Set PathChkRetryCnt to 0 If link is down on port 1, set Port1Status to LINK_FAULT Else, set Port1Status to BEACON_FAULT If link is down on port 1, block traffic forwarding on port 1 Else, enable traffic forwarding on port 1 and send Learning_Update message on port 1 If link is down on port 2, set Port2Status to LINK_FAULT Else, set Port2Status to BEACON_FAULT If link is down on port 2 or link is up on port 1, block traffic forwarding on port 2 Else, enable traffic forwarding on port 2 and send Learning_Update message on port 2 Transition to FAULT_STATE
2	FAULT_STATE	Link was down and is restored now on port 1	Set Port1Status to BEACON_FAULT Block traffic forwarding on port 2 Enable traffic forwarding on port 1 Send Learning_Update message on port 1
3	FAULT_STATE	Link was down and is restored now on port 2	Set Port2Status to BEACON_FAULT If link is down on port 1, enable traffic forwarding on port 2 and send Learning_Update message on port 2
4	FAULT_STATE	Link was up and is lost now on port 1	Set Port1Status to LINK_FAULT Block traffic forwarding on port 1 If link is up on port 2, enable traffic forwarding on port 2 and send Learning_Update message on port 2
5	FAULT_STATE	Link was up and is lost now on port 2	Set Port2Status to LINK_FAULT Block traffic forwarding on port 2

Event No.	Current State	Event	Action(s)
6	FAULT_STATE	Beacon message received on port 1	Save Port 1 Beacon Device 1 MAC Address and Precedence from message Save Beacon Interval, Beacon Timeout, VLAN ID and Active Port Swap Interval from message as current BRP parameters Set Port1Bcn1Rcvd to TRUE Start port 1 beacon device 1 timer for Current Beacon Timeout duration Send Path_Check_Request message on port 1 to beacon device 1 Set LastPathChkReqTgt to 1 Set PathChkRetryCnt to 1 Start path check request timer for Current Path Check Request Interval duration Start active port swap timer with Current Active Port Swap Interval duration Set Port1Status to BEACON_RECEIVED Transition to PORT_1_ACTIVE_STATE
7	FAULT_STATE	Beacon message received on port 2	Save Port 2 Beacon Device 1 MAC Address and Precedence from message Save Beacon Interval, Beacon Timeout, VLAN ID and Active Port Swap Interval from message as current BRP parameters Set Port2Bcn1Rcvd to TRUE Start port 2 beacon device 1 timer for Current Beacon Timeout duration If link is up on port 1, block traffic forwarding on port 1, enable traffic forwarding on port 2 and send Learning_Update message on port 2 Send Path_Check_Request message on port 2 to beacon device 1 Set LastPathChkReqTgt to 1 Set PathChkRetryCnt to 1 Start path check request timer for Current Path Check Request Interval duration Start active port swap timer with Current Active Port Swap Interval duration Set Port2Status to BEACON_RECEIVED Transition to PORT_2_ACTIVE_STATE
8	PORT_1_ACTIVE_STATE	Beacon message received on port 1 from beacon device 1	If Port1Bcn1Rcvd is FALSE, save Port 1 Beacon Device 1 MAC Address and Precedence from message If the Precedence in message is greater than the Precedence of all beacon devices currently not timed out on port 1 and port 2 (or in the case of a tie, the message source MAC address is numerically greater than the MAC address of a beacon device), save Beacon Interval, Beacon Timeout, VLAN ID and Active Port Swap Interval from message as current BRP parameters Set Port1Bcn1Rcvd to TRUE Restart port 1 beacon device 1 timer for Current Beacon Timeout duration

Event No.	Current State	Event	Action(s)
9	PORT_1_ACTIVE_STATE	Beacon message received on port 1 from beacon device 2	If Port1Bcn2Rcvd is FALSE, save Port 1 Beacon Device 2 MAC Address and Precedence from message If the Precedence in message is greater than the Precedence of all beacon devices currently not timed out on port 1 and port 2 (or in case of a tie, the message source MAC address is numerically greater than the MAC address of a beacon device), save Beacon Interval, Beacon Timeout, VLAN ID and Active Port Swap Interval from message as current BRP parameters Set Port1Bcn2Rcvd to TRUE Restart port 1 beacon device 2 timer for Current Beacon Timeout duration
10	PORT_1_ACTIVE_STATE	Beacon message received on port 1 from beacon device 3	If Port1Bcn3Rcvd is FALSE, save Port 1 Beacon Device 3 MAC Address and Precedence from message If the Precedence in message is greater than the Precedence of all beacon devices currently not timed out on port 1 and port 2 (or in the case of a tie, the message source MAC address is numerically greater than the MAC address of a beacon device), save Beacon Interval, Beacon Timeout, VLAN ID and Active Port Swap Interval from message as current BRP parameters Set Port1Bcn3Rcvd to TRUE Restart port 1 beacon device 3 timer for Current Beacon Timeout duration
11	PORT_1_ACTIVE_STATE	Beacon message received on port 2 from beacon device 1	If Port2Bcn1Rcvd is FALSE, save Port 2 Beacon Device 1 MAC Address and Precedence from message If the Precedence in message is greater than the Precedence of all beacon devices currently not timed out on port 1 and port 2 (or in the case of a tie, the message source MAC address is numerically greater than the MAC address of a beacon device), save Beacon Interval, Beacon Timeout, VLAN ID and Active Port Swap Interval from message as current BRP parameters Set Port2Bcn1Rcvd to TRUE Restart port 2 beacon device 1 timer for Current Beacon Timeout duration If Port2Status is BEACON_FAULT, set Port2Status to BEACON_RECEIVED
12	PORT_1_ACTIVE_STATE	Beacon message received on port 2 from beacon device 2	If Port2Bcn2Rcvd is FALSE, save Port 2 Beacon Device 2 MAC Address and Precedence from message If the Precedence in message is greater than the Precedence of all beacon devices currently not timed out on port 1 and port 2 (or in the case of a tie, the message source MAC address is numerically greater than the MAC address of a beacon device), save Beacon Interval, Beacon Timeout, VLAN ID and Active Port Swap Interval from message as current BRP parameters Set Port2Bcn2Rcvd to TRUE Restart port 2 beacon device 2 timer for Current Beacon Timeout duration If Port2Status is BEACON_FAULT, set Port2Status to BEACON_RECEIVED

Event No.	Current State	Event	Action(s)
13	PORT_1_ACTIVE_STATE	Beacon message received on port 2 from beacon device 3	If Port2Bcn3Rcvd is FALSE, save Port 2 Beacon Device 3 MAC Address and Precedence from message If the Precedence in message is greater than the Precedence of all beacon devices currently not timed out on port 1 and port 2 (or in the case of a tie, the message source MAC address is numerically greater than the MAC address of a beacon device), save Beacon Interval, Beacon Timeout, VLAN ID and Active Port Swap Interval from message as current BRP parameters Set Port2Bcn3Rcvd to TRUE Restart port 2 beacon device 3 timer for Current Beacon Timeout duration If Port2Status is BEACON_FAULT, set Port2Status to BEACON_RECEIVED
14	PORT_1_ACTIVE_STATE	Link was up and is lost now on port 1	Set Port1Bcn1Rcvd to FALSE Stop port 1 beacon device 1 timer Set Port1Bcn2Rcvd to FALSE Stop port 1 beacon device 2 timer Set Port1Bcn3Rcvd to FALSE Stop port 1 beacon device 3 timer Set Port1Status to LINK_FAULT If Port2Bcn1Rcvd is TRUE or Port2Bcn2Rcvd is TRUE or Port2Bcn3Rcvd is TRUE, set NextEvent to 1 Else, set NextEvent to 2
15	PORT_1_ACTIVE_STATE	Link was up and is lost now on port 2	Set Port2Bcn1Rcvd to FALSE Stop port 2 beacon device 1 timer Set Port2Bcn2Rcvd to FALSE Stop port 2 beacon device 2 timer Set Port2Bcn3Rcvd to FALSE Stop port 2 beacon device 3 timer Set Port2Status to LINK_FAULT
16	PORT_1_ACTIVE_STATE	Link was down and is restored now on port 2	Set Port2Status to BEACON_FAULT
17	PORT_1_ACTIVE_STATE	Port 1 beacon device 1 timer expired	Set Port1Bcn1Rcvd to FALSE If Port1Bcn2Rcvd is TRUE or Port1Bcn3Rcvd is TRUE, return Set Port1Status to BEACON_FAULT If Port2Bcn1Rcvd is TRUE or Port2Bcn2Rcvd is TRUE or Port2Bcn3Rcvd is TRUE, set NextEvent to 1 Else, set NextEvent to 2
18	PORT_1_ACTIVE_STATE	Port 1 beacon device 2 timer expired	Set Port1Bcn2Rcvd to FALSE If Port1Bcn1Rcvd is TRUE or Port1Bcn3Rcvd is TRUE, return Set Port1Status to BEACON_FAULT If Port2Bcn1Rcvd is TRUE or Port2Bcn2Rcvd is TRUE or Port2Bcn3Rcvd is TRUE, set NextEvent to 1 Else, set NextEvent to 2

Event No.	Current State	Event	Action(s)
19	PORT_1_ACTIVE_STATE	Port 1 beacon device 3 timer expired	Set Port1Bcn3Rcvd to FALSE If Port1Bcn1Rcvd is TRUE or Port1Bcn2Rcvd is TRUE, return Set Port1Status to BEACON_FAULT If Port2Bcn1Rcvd is TRUE or Port2Bcn2Rcvd is TRUE or Port2Bcn3Rcvd is TRUE, set NextEvent to 1 Else, set NextEvent to 2
20	PORT_1_ACTIVE_STATE	Port 2 beacon device 1 timer expired	Set Port2Bcn1Rcvd to FALSE If Port2Bcn2Rcvd is FALSE and Port2Bcn3Rcvd is FALSE, set Port2Status to BEACON_FAULT
21	PORT_1_ACTIVE_STATE	Port 2 beacon device 2 timer expired	Set Port2Bcn2Rcvd to FALSE If Port2Bcn1Rcvd is FALSE and Port2Bcn3Rcvd is FALSE, set Port2Status to BEACON_FAULT
22	PORT_1_ACTIVE_STATE	Port 2 beacon device 3 timer expired	Set Port2Bcn3Rcvd to FALSE If Port2Bcn1Rcvd is FALSE and Port2Bcn2Rcvd is FALSE, set Port2Status to BEACON_FAULT
23	PORT_1_ACTIVE_STATE	Path check interval timer expired	If PathChkRetryCnt is greater than or equal to Path Check Request Retry Limit and (Port2Bcn1Rcvd is TRUE or Port2Bcn2Rcvd is TRUE or Port2Bcn3Rcvd is TRUE), set Port1Status to PATH_FAULT, set NextEvent to 1 and return Else if PathChkRetryCnt is greater than or equal to Path Check Request Retry Limit, set Port1Status to PATH_FAULT and set PathChkRetryCnt to 0 Send Path_Check_Request message to one of the beacon devices that is currently not timed out on port 1, in a round robin manner based on current value of LastPathChkReqTgt. Update LastPathChkReqTgt to appropriate value and increment PathChkRetryCnt Restart path check request timer for Current Path Check Request Interval duration
24	PORT_1_ACTIVE_STATE	Path_Check_Response message received	Set PathChkRetryCnt to 0 Set Port1Status to ACTIVE
25	PORT_1_ACTIVE_STATE	Active port swap timer expired	If Port2Bcn1Rcvd is TRUE or Port2Bcn2Rcvd is TRUE or Port2Bcn3Rcvd is TRUE, set Port1State to BEACON_RECEIVED and set NextEvent to 1 Else restart active port swap timer for Current Active Port Swap Interval duration
26	PORT_1_ACTIVE_STATE	NextEvent is 1	Set NextEvent to 0 Block traffic forwarding on port 1 Enable traffic forwarding on port 2 Send Learning_Update message on port 2 Send Path_Check_Request message to one of the beacon devices that is currently not timed out on port 2. Update LastPathChkReqTgt to appropriate value and set PathChkRetryCnt to 1 Restart path check request timer for Current Path Check Request Interval duration Restart active port swap timer for Current Active Port Swap Interval duration Transition to PORT_2_ACTIVE_STATE

Event No.	Current State	Event	Action(s)
27	PORT_1_ACTIVE_STATE	NextEvent is 2	Set NextEvent to 0 Stop path check request interval timer Stop active port swap timer If link is down on port 1, block traffic forwarding on port 1 If link is down on port 1 and link is up on port 2, enable traffic forwarding on port 2 and send Learning_Update message on port 2 Transition to FAULT_STATE
28	PORT_2_ACTIVE_STATE	Beacon message received on port 2 from beacon device 1	If Port2Bcn1Rcvd is FALSE, save Port 2 Beacon Device 1 MAC Address and Precedence from message If the Precedence in message is greater than the Precedence of all beacon devices currently not timed out on port 1 and port 2 (or in the case of a tie, the message source MAC address is numerically greater than the MAC address of a beacon device), save Beacon Interval, Beacon Timeout, VLAN ID and Active Port Swap Interval from message as current BRP parameters Set Port2Bcn1Rcvd to TRUE Restart port 2 beacon device 1 timer for Current Beacon Timeout duration
29	PORT_2_ACTIVE_STATE	Beacon message received on port 2 from beacon device 2	If Port2Bcn2Rcvd is FALSE, save Port 2 Beacon Device 2 MAC Address and Precedence from message If the Precedence in message is greater than the Precedence of all beacon devices currently not timed out on port 1 and port 2 (or in the case of a tie, the message source MAC address is numerically greater than the MAC address of a beacon device), save Beacon Interval, Beacon Timeout, VLAN ID and Active Port Swap Interval from message as current BRP parameters Set Port2Bcn2Rcvd to TRUE Restart port 2 beacon device 2 timer for Current Beacon Timeout Duration
30	PORT_2_ACTIVE_STATE	Beacon message received on port 2 from beacon device 3	If Port2Bcn3Rcvd is FALSE, save Port 2 Beacon Device 3 MAC Address and Precedence from message If the Precedence in message is greater than the Precedence of all the beacon devices currently not timed out on port 1 and port 2 (or in the case of a tie, the message source MAC address is numerically greater than the MAC address of a beacon device), save Beacon Interval, Beacon Timeout, VLAN ID and Active Port Swap Interval from message as current BRP parameters Set Port2Bcn3Rcvd to TRUE Restart port 2 beacon device 3 timer for Current Beacon Timeout duration

Event No.	Current State	Event	Action(s)
31	PORT_2_ACTIVE_STATE	Beacon message received on port 1 from beacon device 1	If Port1Bcn1Rcvd is FALSE, save Port 1 Beacon Device 1 MAC Address and Precedence from message If the Precedence in message is greater than the Precedence of all beacon devices currently not timed out on port 1 and port 2 (or in the case of a tie, the message source MAC address is numerically greater than the MAC address of a beacon device), save Beacon Interval, Beacon Timeout, VLAN ID and Active Port Swap Interval from message as current BRP parameters Set Port1Bcn1Rcvd to TRUE Restart port 1 beacon device 1 timer for Current Beacon Timeout duration If Port1Status is BEACON_FAULT, set Port1Status to BEACON_RECEIVED
32	PORT_2_ACTIVE_STATE	Beacon message received on port 1 from beacon device 2	If Port1Bcn2Rcvd is FALSE, save Port 1 Beacon Device 2 MAC Address and Precedence from message If the Precedence in message is greater than the Precedence of all beacon devices currently not timed out on port 1 and port 2 (or in the case of a tie, the message source MAC address is numerically greater than the MAC address of a beacon device), save Beacon Interval, Beacon Timeout, VLAN ID and Active Port Swap Interval from message as current BRP parameters Set Port1Bcn2Rcvd to TRUE Restart port 1 beacon device 2 timer for Current Beacon Timeout Duration If Port1Status is BEACON_FAULT, set Port1Status to BEACON_RECEIVED
33	PORT_2_ACTIVE_STATE	Beacon message received on port 1 from beacon device 3	If Port1Bcn3Rcvd is FALSE, save Port 1 Beacon Device 3 MAC Address and Precedence from message If the Precedence in message is greater than the Precedence of all beacon devices currently not timed out on port 1 and port 2 (or in the case of a tie, the message source MAC address is numerically greater than the MAC address of a beacon device), save Beacon Interval, Beacon Timeout, VLAN ID and Active Port Swap Interval from message as current BRP parameters Set Port1Bcn3Rcvd to TRUE Restart port 1 beacon device 3 timer for Current Beacon Timeout duration If Port1Status is BEACON_FAULT, set Port1Status to BEACON_RECEIVED
34	PORT_2_ACTIVE_STATE	Link was up and is lost now on port 2	Set Port2Bcn1Rcvd to FALSE Stop port 2 beacon device 1 timer Set Port2Bcn2Rcvd to FALSE Stop port 2 beacon device 2 timer Set Port2Bcn3Rcvd to FALSE Stop port 2 beacon device 3 timer Set Port2Status to LINK_FAULT If Port1Bcn1Rcvd is TRUE or Port1Bcn2Rcvd is TRUE or Port1Bcn3Rcvd is TRUE, set NextEvent to 3 Else, set NextEvent to 4

Event No.	Current State	Event	Action(s)
35	PORT_2_ACTIVE_STATE	Link was up and is lost now on port 1	Set Port1Bcn1Rcvd to FALSE Stop port 1 beacon device 1 timer Set Port1Bcn2Rcvd to FALSE Stop port 1 beacon device 2 timer Set Port1Bcn3Rcvd to FALSE Stop port 1 beacon device 3 timer Set Port1Status to LINK_FAULT
36	PORT_2_ACTIVE_STATE	Link was down and is restored now on port 1	Set Port1Status to BEACON_FAULT
37	PORT_2_ACTIVE_STATE	Port 2 beacon device 1 timer expired	Set Port2Bcn1Rcvd to FALSE If Port2Bcn2Rcvd is TRUE or Port2Bcn3Rcvd is TRUE, return Set Port2Status to BEACON_FAULT If Port1Bcn1Rcvd is TRUE or Port1Bcn2Rcvd is TRUE or Port1Bcn3Rcvd is TRUE, set NextEvent to 3 Else, set NextEvent to 4
38	PORT_2_ACTIVE_STATE	Port 2 beacon device 2 timer expired	Set Port2Bcn2Rcvd to FALSE If Port2Bcn1Rcvd is TRUE or Port2Bcn3Rcvd is TRUE, return Set Port2Status to BEACON_FAULT If Port1Bcn1Rcvd is TRUE or Port1Bcn2Rcvd is TRUE or Port1Bcn3Rcvd is TRUE, set NextEvent to 3 Else, set NextEvent to 4
39	PORT_2_ACTIVE_STATE	Port 2 beacon device 3 timer expired	Set Port2Bcn3Rcvd to FALSE If Port2Bcn1Rcvd is TRUE or Port2Bcn2Rcvd is TRUE, return Set Port2Status to BEACON_FAULT If Port1Bcn1Rcvd is TRUE or Port1Bcn2Rcvd is TRUE or Port1Bcn3Rcvd is TRUE, set NextEvent to 3 Else, set NextEvent to 4
40	PORT_2_ACTIVE_STATE	Port 1 beacon device 1 timer expired	Set Port1Bcn1Rcvd to FALSE If Port1Bcn2Rcvd is FALSE and Port1Bcn3Rcvd is FALSE, set Port1Status to BEACON_FAULT
41	PORT_2_ACTIVE_STATE	Port 1 beacon device 2 timer expired	Set Port1Bcn2Rcvd to FALSE If Port1Bcn1Rcvd is FALSE and Port1Bcn3Rcvd is FALSE, set Port1Status to BEACON_FAULT
42	PORT_2_ACTIVE_STATE	Port 1 beacon device 3 timer expired	Set Port1Bcn3Rcvd to FALSE If Port1Bcn1Rcvd is FALSE and Port1Bcn2Rcvd is FALSE, set Port1Status to BEACON_FAULT

Event No.	Current State	Event	Action(s)
43	PORT_2_ACTIVE_STATE	Path check interval timer expired	If PathChkRetryCnt is greater than or equal to Path Check Request Retry Limit and (Port1Bcn1Rcvd is TRUE or Port1Bcn2Rcvd is TRUE or Port1Bcn3Rcvd is TRUE), set Port2Status to PATH_FAULT, set NextEvent to 3 and return Else if PathChkRetryCnt is greater than or equal to Path Check Request Retry Limit, set Port2Status to PATH_FAULT and set PathChkRetryCnt to 0 Send Path_Check_Request message to one of the beacon devices that is currently not timed out on port 2, in a round robin manner based on current value of LastPathChkReqTgt. Update LastPathChkReqTgt to appropriate value and increment PathChkRetryCnt Restart path check request timer for Current Path Check Request Interval duration
44	PORT_2_ACTIVE_STATE	Path_Check_Response message received	Set PathChkRetryCnt to 0 Set Port2Status to ACTIVE
45	PORT_2_ACTIVE_STATE	Active port swap timer expired	If Port1Bcn1Rcvd is TRUE or Port1Bcn2Rcvd is TRUE or Port1Bcn3Rcvd is TRUE, set Port2State to BEACON_RECEIVED and set NextEvent to 3 Else restart active port swap timer for Current Active Port Swap Interval duration
46	PORT_2_ACTIVE_STATE	NextEvent is 3	Set NextEvent to 0 Block traffic forwarding on port 2 Enable traffic forwarding on port 1 Send Learning_Update message on port 1 Send Path_Check_Request message to one of the beacon devices that is currently not timed out on port 1. Update LastPathChkReqTgt to appropriate value and set PathChkRetryCnt to 1 Restart path check request timer for Current Path Check Request Interval duration Restart active port swap timer for Current Active Port Swap Interval duration Transition to PORT_1_ACTIVE_STATE
47	PORT_2_ACTIVE_STATE	NextEvent is 4	Set NextEvent to 0 Stop path check request interval timer Stop active port swap timer If link is down on port 2 or link is up on port 1, block traffic forwarding on port 2 If link is up on port 1, enable traffic forwarding on port 1 and send Learning_Update message on port 1 Transition to FAULT_STATE

7.5 Beacon device

7.5.1 State diagram

Figure 6 shows the State diagram for a beacon device.

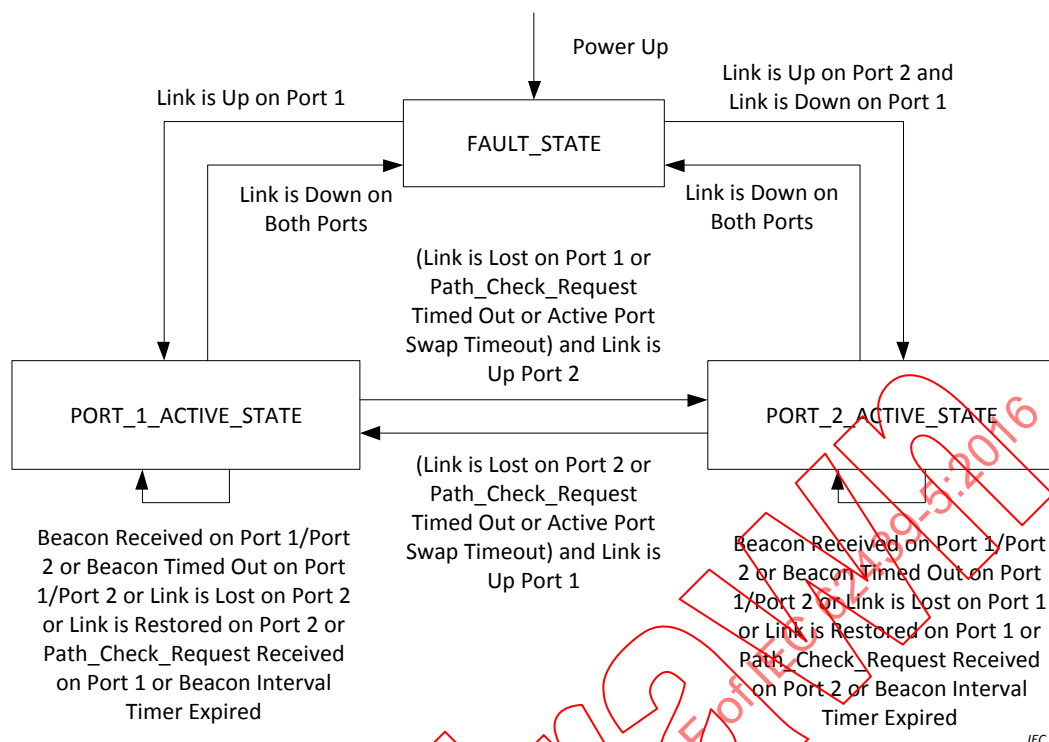


Figure 6 – State diagram for beacon device

7.5.2 Start-up

An enabled beacon device shall start up in **FAULT_STATE** and when link is up on port 1 or port 2, it shall transition to **PORT_1_ACTIVE_STATE** or **PORT_2_ACTIVE_STATE** respectively. It shall either disable unicast MAC address learning on the two BRP ports or shall flush the unicast MAC address learning table whenever a port is made an active port. Whenever a new port is made an active port, a beacon device shall transmit a **Learning_Update** message as the first message on the active port to update network topology in infrastructure switches. It shall then send a **Beacon** message from its active port and shall start its beacon interval timer to send **Beacon** messages from its active port once every Beacon Interval.

7.5.3 Normal operation

Beacon devices shall support independent mechanisms to receive, track and time out of **Beacon** messages from up to three beacon devices on each of their BRP ports. A beacon device shall consider itself to be beacon device 1. When a **Beacon** message from a new beacon device is received on a port, a beacon device shall save the beacon device MAC address, IP address and Precedence from the **Beacon** message. If the Precedence of the new beacon device is higher than that of all beacon devices (including itself) currently not timed out on both ports, it shall save the current BRP operational parameters (VLAN ID, Beacon Interval, Beacon Timeout and Active Port Swap Interval) from the **Beacon** message and shall overwrite corresponding configured parameters. In the case of a Precedence tie during comparison between two beacon devices, the device having the numerically higher MAC address shall be considered to have higher Precedence.

When a beacon device receives **Path_Check_Request** message on its active port, it shall send a **Path_Check_Response** message on its active port to the requesting device. It shall maintain a path check request timeout timer which shall be restarted every time a **Path_Check_Request** message is received on the active port.

A beacon device shall always use a single device MAC address for all traffic sent from/to its active port. When the active port is switched, the device MAC address shall always be associated with its current active port.

A beacon device shall not forward any traffic to/from the CPU on its backup port except for certain special messages. The special messages to be forwarded from the network to the CPU on its backup port are the Beacon messages

A beacon device shall swap its active port to backup port and vice versa upon expiry of the active port swap interval timer if the backup port is operational.

7.5.4 Fault detection

A beacon device shall declare a LINK_FAULT on an active or backup port that suffered a physical layer fault.

A beacon device shall declare a PATH_FAULT on the active port, if no Path_Check_Request message is received for the Path Check Request Timeout duration.

When a fault is declared on the active port, a beacon device shall swap its active port to backup port and vice versa, if the backup port is operational. A beacon device shall transition to FAULT_STATE if both ports are in LINK_FAULT states.

When both ports are in the PATH_FAULT state, a beacon device shall try each port in turn, once every Path Check Request Timeout duration, by transitioning between PORT_1_ACTIVE_STATE and PORT_2_ACTIVE_STATE, until a valid path to an end device is found.

7.5.5 Changing BRP parameters

When a new Precedence, Beacon Interval, Beacon Timeout, VLAN ID or Active Port Swap Interval is configured on a beacon device, it shall follow special behaviour.

If the Precedence was not changed and the Precedence value of itself is lower than the Precedence values of other beacon devices not timed out on port 1 and port 2 (or in case of a Precedence tie, the MAC address of itself is lower than the MAC address of the other beacon device), then any changes to Beacon Interval, Beacon Timeout, VLAN ID and Active Port Swap Interval shall be ignored.

If a new Precedence value was configured and the new Precedence value is lower than Precedence values of other beacon devices not timed out on port 1 and port 2 (or in case of a Precedence tie, the MAC address of itself is lower than the MAC address of the other beacon device), then any changes to Beacon Interval, Beacon Timeout, VLAN ID and Active Port Swap interval shall be ignored and the beacon device shall stop executing the beacon device state machine and shall stop sending Beacon messages for the duration of 2 times the Beacon Timeout period. At the end of this delay, it shall start executing the beacon device state machine identical to start up. This behaviour is to ensure that the other beacon and end devices will timeout beacon messages received from the newly configured device and will pick up the new Precedence value when the configured device resumes execution.

If the configured Precedence value (new or unchanged) of itself is higher than the Precedence values of other beacon devices not timed on port 1 and port 2 (or in case of a Precedence tie, the MAC address of itself is higher than the MAC address of the other beacon device), the beacon device shall stop executing the beacon device state machine and shall stop sending Beacon messages for the duration of 2 times the old beacon timeout period. At the end of this delay, it shall start executing the beacon device state machine identical to start up. This behaviour is to ensure that the other beacon and end devices will timeout beacon messages received from the newly configured device and will pick up the new configured parameters when the configured device resumes execution.

7.5.6 State-Event-Action table

Table 3 lists the parameter values for a beacon device.

Table 3 – Parameter values for beacon device

Parameter	Value
Beacon Function Enable	As configured in LRE
Port 1 Beacon Device 1 MAC Address	MAC address of self, as manufactured
Port 1 Beacon Device 1 Precedence	Precedence of self as configured in LRE
Port 1 Beacon Device 2 MAC Address	Obtained from Beacon message
Port 1 Beacon Device 2 Precedence	Obtained from Beacon message
Port 1 Beacon Device 3 MAC Address	Obtained from Beacon message
Port 1 Beacon Device 3 Precedence	Obtained from Beacon message
Port 2 Beacon Device 1 MAC Address	MAC address of self, as manufactured
Port 2 Beacon Device 1 Precedence	As configured in LRE
Port 2 Beacon Device 2 MAC Address	Obtained from Beacon message
Port 2 Beacon Device 2 Precedence	Obtained from Beacon message
Port 2 Beacon Device 3 MAC Address	Obtained from Beacon message
Port 2 Beacon Device 3 Precedence	Obtained from Beacon message
Current Beacon Interval	As configured in LRE
Current Beacon Timeout	As configured in LRE
Current Path Check Request Interval	1 times Current Beacon Timeout
Current Active Port Swap Interval	As configured in LRE
Current BRP VLAN ID	As configured in LRE
Path Check Request Timeout	2 times Current Path Check Request Interval

The following statements apply to the State-Event-Action table for a beacon device (see Table 4):

- If Beacon Function Enable is FALSE, a BRP beacon device shall execute the BRP end device state machine on power up. If Beacon Function Enable is set to FALSE while executing the BRP beacon device state machine, a BRP beacon device shall immediately stop executing the state machine and shall start executing the BRP end device state machine. If Beacon Function Enable is set to TRUE while executing the BRP end device state machine, a BRP beacon device shall stop executing the end device state machine and start executing the BRP beacon device state machine immediately.
- Unicast MAC address learning shall be disabled on the two BRP ports or the unicast MAC address learning table shall be flushed whenever a new port is made an active port.
- MAC address 11-22-33-44-55-66 shall be encoded as 0x112233445566 for numerical comparison in the case of beacon device Precedence tie.
- Port1Bcn1Rcvd, Port1Bcn2Rcvd, Port1Bcn3Rcvd are Boolean variables indicating if the beacon messages from the beacon devices 1 (itself), 2 and 3 respectively, are currently being received on port 1. Port2Bcn1Rcvd, Port2Bcn2Rcvd, Port2Bcn3Rcvd are Boolean variables indicating if the beacon messages from the beacon devices 1(itself), 2 and 3 respectively, are currently being received on port 2. A value of TRUE indicates that the beacon messages from the respective beacon device are currently being received and a value of FALSE indicates that a beacon message from the respective beacon device was never received or the beacon message reception from the respective beacon device was timed out. These variables are exposed through attributes of the LRE.
- NextEvent is a virtual event variable to trigger a common set of actions. It can take values 0, 1, 2, 3 or 4. When the NextEvent value is changed, the associated virtual event shall

have the highest priority among the pending events and the actions associated with the virtual event shall be executed immediately.

- Port1Status and Port2Status are variables indicating current port 1 and port 2 statuses respectively. They are exposed through BRP services.
- When new Precedence, Beacon Interval, Beacon Timeout, VLAN ID and Active Port Swap Interval are configured on a beacon device executing the beacon device state machine, it shall follow special behaviour. If the Precedence was not changed and the Precedence value of itself is lower than the Precedence values of other beacon devices not timed out on port 1 and port 2 (or in the case of a Precedence tie, the MAC address of itself is lower than the MAC address of the other beacon device), then any changes to Beacon Interval, Beacon Timeout, VLAN ID and Active Port Swap Interval shall be ignored. If a new Precedence value was configured and the new Precedence value is lower than the Precedence values of other beacon devices not timed out on port 1 and port 2 (or in the case of a Precedence tie, the MAC address of itself is lower than the MAC address of the other beacon device), then any changes to Beacon Interval, Beacon Timeout, VLAN ID and Active Port Swap Interval shall be ignored and the beacon device shall stop executing the beacon device state machine and shall stop sending Beacon messages for the duration of 2 times the Beacon Timeout period. At the end of this delay, it shall start executing the beacon device state machine from event 1 in Table 4. Path_Check_Response messages shall continue to be sent for the received Path_Check_Request messages during the Beacon message cease delay period. If the configured Precedence value (new or unchanged) of itself is higher than the Precedence values of other beacon devices not timed on port 1 and port 2 (or in the case of a Precedence tie the MAC address of itself is higher than the MAC address of the other beacon device), the beacon device shall stop executing the beacon device state machine and shall stop sending Beacon messages for the duration of 2 times the old Beacon Timeout period. At the end of this delay, it shall start executing the beacon device state machine from event 1 in Table 4. Path_Check_Response messages shall continue to be sent for the received Path_Check_Request messages during the Beacon message cease delay period.
- Events and actions associated with active port swap timer are applicable only when Current Active Port Swap Interval is greater than 0. A value of 0 indicates active port swap has been disabled
- In Events 10, 11, 13, 14, 29, 30, 32 and 33, when new Beacon interval, Beacon Timeout, VLAN ID and Active Port Swap Interval are saved, currently active beacon device timers, beacon interval timer, path check request timeout timer and active port swap timer shall be restarted immediately with new values.

Table 4 – State-Event-Action table for beacon device

Event No.	Current State	Event	Action(s)
1	None	Power up	Initialize Set Port1Bcn1Rcvd to FALSE Set Port1Bcn2Rcvd to FALSE Set Port1Bcn3Rcvd to FALSE Set Port2Bcn1Rcvd to FALSE Set Port2Bcn2Rcvd to FALSE Set Port2Bcn3Rcvd to FALSE Set NextEvent to 0 Set Port1Status to LINK_FAULT Set Port2Status to LINK_FAULT Block traffic forwarding on port 1 Block traffic forwarding on port 2 Transition to FAULT_STATE

Event No.	Current State	Event	Action(s)
2	FAULT_STATE	Link was down and is restored now on port 1 or Link is up on port 1 after power up	Enable traffic forwarding on port 1 Send Learning_Update message on port 1 Set Port1Status to ACTIVE Send Beacon message on port 1 Start beacon interval timer for Current Beacon Interval duration Start path check request timeout timer for Current Path Check Request Timeout duration Start active port swap timer for Current Active Port Swap Interval duration Transition to PORT_1_ACTIVE_STATE
3	FAULT_STATE	(Link was down and is restored now on port 2 or Link is up on port 2 after power up) and link is down on port 1	Enable traffic forwarding on port 2 Send Learning_Update message on port 2 Set Port2Status to ACTIVE Send Beacon message on port 2 Start beacon interval timer for Current Beacon Interval duration Start path check request timeout timer for Current Path Check Request Timeout duration Start active port swap timer for Current Active Port Swap Interval duration Transition to PORT_2_ACTIVE_STATE
4	PORT_1_ACTIVE_STATE	Beacon interval timer expired	Send Beacon message on port 1 Restart beacon interval timer for Current Beacon Interval duration
5	PORT_1_ACTIVE_STATE	Path_Check_Request message received	Set Port1Status to ACTIVE Restart path check request timeout timer for Current Path Check Request Timeout duration Send Path_Check_Response message to requesting device
6	PORT_1_ACTIVE_STATE	Path check request timeout timer expired	Set Port1Status to PATH_FAULT If Port2Status is not LINK_FAULT, set NextEvent to 2 and return Restart path check request timeout timer for Current Path Check Request Timeout duration
7	PORT_1_ACTIVE_STATE	Link was up and is lost now on port 1	Block traffic forwarding on port 1 Set Port1Status to LINK_FAULT Set Port1Bcn2Rcvd to FALSE Stop port 1 beacon device 2 timer Set Port1Bcn3Rcvd to FALSE Stop port 1 beacon device 3 timer If Port2Status is LINK_FAULT, set NextEvent to 1 Else set NextEvent to 2
8	PORT_1_ACTIVE_STATE	Link was up and is lost now on port 2	Set Port2Status to LINK_FAULT Set Port2Bcn1Rcvd to FALSE Stop port 2 beacon device 1 timer Set Port2Bcn2Rcvd to FALSE Stop port 2 beacon device 2 timer Set Port2Bcn3Rcvd to FALSE Stop port 2 beacon device 3 timer
9	PORT_1_ACTIVE_STATE	Link was down and is restored now on port 2 or Link is up on port 2 after power up	Set Port2Status to BEACON_FAULT

Event No.	Current State	Event	Action(s)
10	PORT_1_ACTIVE_STATE	Beacon received on port 1 from beacon device 2	If Port1Bcn2Rcvd is FALSE, save Port 1 Beacon Device 2 MAC Address and Precedence from message If the Precedence in message is greater than the Precedence of itself and other beacon devices currently not timed out on port 1 and port 2 (or in the case of a tie, the message source MAC address is numerically greater than the MAC address of the beacon device), save Beacon Interval, Beacon Timeout, VLAN ID and Active Port Swap Interval as current BRP parameters Set Port1Bcn2Rcvd to TRUE Restart port 1 beacon device 2 timer for Current Beacon Timeout duration
11	PORT_1_ACTIVE_STATE	Beacon received on port 1 from beacon device 3	If Port1Bcn3Rcvd is FALSE, save Port 1 Beacon Device 3 MAC Address and Precedence from message If the Precedence in message is greater than the Precedence of itself and other beacon devices currently not timed out on port 1 and port 2 (or in the case of a tie, the message source MAC address is numerically greater than the MAC address of the beacon device), save Beacon Interval, Beacon Timeout, VLAN ID and Active Port Swap Interval as current BRP parameters Set Port1Bcn3Rcvd to TRUE Restart port 1 beacon device 3 timer for Current Beacon Timeout duration
12	PORT_1_ACTIVE_STATE	Beacon received on port 2 from itself	Set Port2Bcn1Rcvd to TRUE Restart port 2 beacon device 1 timer for Current Beacon Timeout duration Set Port2Status to BEACON_RECEIVED
13	PORT_1_ACTIVE_STATE	Beacon received on port 2 from beacon device 2	If Port2Bcn2Rcvd is FALSE, save Port 2 Beacon Device 2 MAC Address and Precedence from message If the Precedence in message is greater than the Precedence of itself and other beacon devices not timed out on port 1 and port 2 (or in the case of a tie, the message source MAC address is numerically greater than the MAC address of the beacon device), save Beacon Interval, Beacon Timeout, VLAN ID and Active Port Swap Interval as current BRP parameters Set Port2Bcn2Rcvd to TRUE Restart port 2 beacon device 2 timer for Current Beacon Timeout duration Set Port2Status to BEACON_RECEIVED
14	PORT_1_ACTIVE_STATE	Beacon received on port 2 from beacon device 3	If Port2Bcn3Rcvd is FALSE, save Port 2 Beacon Device 3 MAC Address and Precedence from message If the Precedence in message is greater than the Precedence of itself and other beacon devices not timed out on port 1 and port 2 (or in the case of a tie, the message source MAC address is numerically greater than the MAC address of the beacon device), save Beacon Interval, Beacon Timeout, VLAN ID and Active Port Swap Interval as current BRP parameters Set Port2Bcn3Rcvd to TRUE Restart port 2 beacon device 3 timer for Current Beacon Timeout duration Set Port2Status to BEACON_RECEIVED

Event No.	Current State	Event	Action(s)
15	PORT_1_ACTIVE_STATE	Port 1 beacon device 2 timer expired	Set Port1Bcn2Rcvd to FALSE
16	PORT_1_ACTIVE_STATE	Port 1 beacon device 3 timer expired	Set Port1Bcn3Rcvd to FALSE
17	PORT_1_ACTIVE_STATE	Port 2 beacon device 1 timer expired	Set Port2Bcn1Rcvd to FALSE If Port2Bcn2Rcvd is FALSE and Port2Bcn3Rcvd is FALSE, set Port2Status to BEACON_FAULT
18	PORT_1_ACTIVE_STATE	Port 2 beacon device 2 timer expired	Set Port2Bcn2Rcvd to FALSE If Port2Bcn1Rcvd is FALSE and Port2Bcn3Rcvd is FALSE, set Port2Status to BEACON_FAULT
19	PORT_1_ACTIVE_STATE	Port 2 beacon device 3 timer expired	Set Port2Bcn3Rcvd to FALSE If Port2Bcn1Rcvd is FALSE and Port2Bcn2Rcvd is FALSE, set Port2Status to BEACON_FAULT
20	PORT_1_ACTIVE_STATE	Active port swap timer expired	If Port2Status is LINK_FAULT, restart active port swap timer for current Active Port Swap Interval duration and return If Port1Bcn2Rcvd is TRUE or Port1Bcn3Rcvd is TRUE, set Port1Status to BEACON_RECEIVED Else, set Port1Status to BEACON_FAULT Set NextEvent to 2
21	PORT_1_ACTIVE_STATE	NextEvent is 1	Stop beacon interval timer Stop path check request timeout timer Stop active port swap timer Transition to FAULT_STATE
22	PORT_1_ACTIVE_STATE	NextEvent is 2	Block traffic forwarding on port 1 Enable traffic forwarding on port 2 Send Learning_Update message on port 2 Set Port2Status to ACTIVE Send Beacon message on port 2 Restart beacon interval timer for Current Beacon Interval duration Restart path check request timeout timer for Current Path Check Request Timeout duration Restart active port swap timer for current Active Port Swap Interval duration Set Port2Bcn1Rcvd to FALSE Stop port 2 beacon device 1 timer Transition to PORT_2_ACTIVE_STATE
23	PORT_2_ACTIVE_STATE	Beacon interval timer expired	Send Beacon message on port 2 Restart beacon interval timer for Current Beacon Interval duration
24	PORT_2_ACTIVE_STATE	Path_Check_Request message received	Set Port2Status to ACTIVE Restart path check request timeout timer for Current Path Check Request Timeout duration Send Path_Check_Response message to requesting device
25	PORT_2_ACTIVE_STATE	Path check request timeout timer expired	Set Port2Status to PATH_FAULT If Port1Status is not LINK_FAULT, set NextEvent to 4 and return Restart path check request timeout timer for Current Path Check Request Timeout duration

Event No.	Current State	Event	Action(s)
26	PORT_2_ACTIVE_STATE	Link was up and is lost now on port 2	Block traffic forwarding on port 2 Set Port2Status to LINK_FAULT Set Port2Bcn2Rcvd to FALSE Stop port 2 beacon device 2 timer Set Port2Bcn3Rcvd to FALSE Stop port 2 beacon device 3 timer If Port1Status is LINK_FAULT, set NextEvent to 3 Else set NextEvent to 4
27	PORT_2_ACTIVE_STATE	Link was up and is lost now on port 1	Set Port1Status to LINK_FAULT Set Port1Bcn1Rcvd to FALSE Stop port 1 beacon device 1 timer Set Port1Bcn2Rcvd to FALSE Stop port 1 beacon device 2 timer Set Port1Bcn3Rcvd to FALSE Stop port 1 beacon device 3 timer
28	PORT_2_ACTIVE_STATE	Link was down and is restored now on port 1 or Link is up on port 1 after power up	Set Port1Status to BEACON_FAULT
29	PORT_2_ACTIVE_STATE	Beacon received on port 2 from beacon device 2	If Port2Bcn2Rcvd is FALSE, save Port 2 Beacon Device 2 MAC Address and Precedence from message If the Precedence in message is greater than the Precedence of itself and other beacon devices currently not timed out on port 1 and port 2 (or in the case of a tie, the message source MAC address is numerically greater than the MAC address of the beacon device), save Beacon Interval, Beacon Timeout, VLAN ID and Active Port Swap Interval as current BRP parameters Set Port2Bcn2Rcvd to TRUE Restart port 2 beacon device 2 timer for Current Beacon Timeout duration
30	PORT_2_ACTIVE_STATE	Beacon received on port 2 from beacon device 3	If Port2Bcn3Rcvd is FALSE, save Port 2 Beacon Device 3 MAC Address and Precedence from message If the Precedence in message is greater than the Precedence of itself and other beacon devices currently not timed out on port 1 and port 2 (or in the case of a tie, the message source MAC address is numerically greater than the MAC address of the beacon device), save Beacon Interval, Beacon Timeout, VLAN ID and Active Port Swap Interval as current BRP parameters Set Port2Bcn3Rcvd to TRUE Restart port 2 beacon device 3 timer for Current Beacon Timeout duration
31	PORT_2_ACTIVE_STATE	Beacon received on port 1 from itself	Set Port1Bcn1Rcvd to TRUE Restart port 1 beacon device 1 timer for Current Beacon Timeout duration Set Port1Status to BEACON_RECEIVED

Event No.	Current State	Event	Action(s)
32	PORT_2_ACTIVE_STATE	Beacon received on port 1 from beacon device 2	If Port1Bcn2Rcvd is FALSE, save Port 1 Beacon Device 2 MAC Address and Precedence from message If the Precedence in message is greater than the Precedence of itself and other beacon devices not timed out on port 1 and port 2 (or in the case of a tie, the message source MAC address is numerically greater than the MAC address of the beacon device), save Beacon Interval, Beacon Timeout, VLAN ID and Active Port Swap Interval as current BRP parameters Set Port1Bcn2Rcvd to TRUE Restart port 1 beacon device 2 timer for Current Beacon Timeout duration Set Port1Status to BEACON_RECEIVED
33	PORT_2_ACTIVE_STATE	Beacon received on port 1 from beacon device 3	If Port1Bcn3Rcvd is FALSE, save Port 1 Beacon Device 3 MAC Address and Precedence from message If the Precedence in message is greater than the Precedence of itself and other beacon devices not timed out on port 1 and port 2 (or in the case of a tie, the message source MAC address is numerically greater than the MAC address of the beacon device), save Beacon Interval, Beacon Timeout, VLAN ID and Active Port Swap Interval as current BRP parameters Set Port1Bcn3Rcvd to TRUE Restart port 1 beacon device 3 timer for Current Beacon Timeout duration Set Port1Status to BEACON_RECEIVED
34	PORT_2_ACTIVE_STATE	Port 2 beacon device 2 timer expired	Set Port2Bcn2Rcvd to FALSE
35	PORT_2_ACTIVE_STATE	Port 2 beacon device 3 timer expired	Set Port2Bcn3Rcvd to FALSE
36	PORT_2_ACTIVE_STATE	Port 1 beacon device 1 timer expired	Set Port1Bcn1Rcvd to FALSE If Port1Bcn2Rcvd is FALSE and Port1Bcn3Rcvd is FALSE, set Port1Status to BEACON_FAULT
37	PORT_2_ACTIVE_STATE	Port 1 beacon device 2 timer expired	Set Port1Bcn2Rcvd to FALSE If Port1Bcn1Rcvd is FALSE and Port1Bcn3Rcvd is FALSE, set Port1Status to BEACON_FAULT
38	PORT_2_ACTIVE_STATE	Port 1 beacon device 3 timer expired	Set Port1Bcn3Rcvd to FALSE If Port1Bcn1Rcvd is FALSE and Port1Bcn2Rcvd is FALSE, set Port1Status to BEACON_FAULT
39	PORT_2_ACTIVE_STATE	Active port swap timer expired	If Port1Status is LINK_FAULT, restart active port swap timer for current Active Port Swap Interval duration and return If Port2Bcn2Rcvd is TRUE or Port2Bcn3Rcvd is TRUE, set Port2Status to BEACON_RECEIVED Else, set Port2Status to BEACON_FAULT Set NextEvent to 4
40	PORT_2_ACTIVE_STATE	NextEvent is 3	Stop beacon interval timer Stop path check request timeout timer Stop active port swap timer Transition to FAULT_STATE

Event No.	Current State	Event	Action(s)
41	PORT_2_ACTIVE_STATE	NextEvent is 4	Block traffic forwarding on port 2 Enable traffic forwarding on port 1 Send Learning_Update message on port 1 Set Port1Status to ACTIVE Send Beacon message on port 1 Restart beacon interval timer for Current Beacon Interval duration Restart path check request timeout timer for Current Path Check Request Timeout duration Restart active port swap timer for current Active Port Swap Interval duration Set Port1Bcn1Rcvd to FALSE Stop port 1 beacon device 1 timer Transition to PORT_1_ACTIVE_STATE

8 BRP message structure

8.1 General

The BRP messages contain header, payload and the ISO/IEC/IEEE 8802-3 (IEEE 802.3) FCS.

The following sections specify the BRP protocol messages. Several items of importance should be noted:

- 1) BRP messages are sent using the IEEE 802.1Q message format. Messages shall be transmitted using the highest priority (7), which shall be preserved as the BRP messages are transferred through the LAN.
- 2) Multi-byte data types within the BRP messages shall be encoded using big-endian byte ordering.
- 3) The destination MAC addresses in Table 5 are used for BRP messages.

Table 5 – Destination MAC addresses

MAC Address	Usage
01-15-4E-00-02-01	Beacon
01-15-4E-00-02-02	Learning_Update
Unicast MAC address of destination node	Path_Check_Request and Path_Check_Response

8.2 ISO/IEC/IEEE 8802-3 (IEEE 802.3) Tagged common message header

BRP messages with the exception of Learning_Update message shall be sent using the IEEE 802.1Q message format, as shown in Table 6.

Table 6 – Common message header

Byte	Field	Type	Remarks
0	Destination MAC Address	UINT8[6]	
6	Source MAC Address	UINT8[6]	
12	802.1Q Tag Type	UINT16	= 0x8100
14	802.1Q Tag control	UINT16	= 0xE000 + optional VLAN_ID
16	BRP EtherType	UINT16	= 0x80E1
18	BRP Sub-type	UINT8	= 0x01
19	BRP Protocol Version	UINT8	= 0x02

8.3 Beacon message

The Beacon messages are sent by the beacon devices to determine the health of the network. Their format is specified in Table 7.

Table 7 – Beacon message format

Byte	Field	Type	Remarks
20	Message Type	UINT8	= 0x01
21	Source Port	UINT8	Port in which message was sent on originating device
22	Source IP V4 Address	UINT32	= 0x0, if source has no IP V4 address
26	Sequence ID	UINT32	Sequence count on originating device
30	Precedence	UINT8	As configured in LRE
31	Beacon Interval	UINT32	As configured in LRE
35	Beacon Timeout	UINT32	As configured in LRE
39	Active Port Swap Interval	UINT32	As configured in LRE
43	Reserved	UINT8[17]	Shall be set to 0
60	FCS	UINT32	

8.4 Path_Check_Request message

The Path_Check_Request messages are sent by the end devices to determine the health of the network in opposite direction to Beacon flow. Their format is specified in Table 8.

Table 8 – Path_Check_Request message format

Byte	Field	Type	Remarks
20	Message Type	UINT8	= 0x02
21	Source Port	UINT8	Port in which message was sent on originating device
22	Source IP V4 Address	UINT32	= 0x0, if source has no IP V4 address
26	Sequence ID	UINT32	Sequence count on originating device
30	Reserved	UINT8[30]	Shall be set to 0
60	FCS	UINT32	

8.5 Path_Check_Response message

The Path_Check_Response messages are sent by the beacon devices in response to Path_Check_Request messages. Their format is specified in Table 9.

Table 9 – Path_Check_Response message format

Byte	Field	Type	Remarks
20	Message Type	UINT8	= 0x03
21	Source Port	UINT8	Port in which message was sent on originating device
22	Source IP V4 Address	UINT32	= 0x0, if source has no IP V4 address
26	Sequence ID	UINT32	= Sequence ID of Path_Check_Request
30	Request Source Port	UINT8	= Source Port of Path_Check_Request
31	Reserved	UINT8[29]	Shall be set to 0
60	FCS	UINT32	

8.6 Learning_Update message

The Learning_Update message is sent by all BRP nodes upon switching over to new active port to update learning of new network topology by switches in BRP network. The Learning_Update message is an untagged ISO/IEC/IEEE 8802-3 (IEEE 802.3) message as shown below, so that VLAN-aware switches will learn the MAC address in VLAN meant for control traffic. Its format is specified in Table 10.

Table 10 – Learning_Update message format

Byte	Field	Type	Remarks
0	Destination MAC Address	UINT8[6]	
6	Source MAC Address	UINT8[6]	
12	BRP EtherType	UINT16	= 0x80E1
14	BRP Sub-type	UINT8	= 0x01
15	BRP Protocol Version	UINT8	= 0x02
16	Message Type	UINT8	= 0x04
17	Source Port	UINT8	Port in which message was sent on originating device
18	Source IP V4 Address	UINT32	= 0x0, if source has no IP V4 address
22	Sequence ID	UINT32	Sequence count on originating device
26	Reserved	UINT8[34]	Shall be set to 0
60	FCS	UINT32	

9 BRP fault recovery time

The following types of faults may occur in a BRP based network.

- Leaf link faults. These faults are detectable in the end node physical layer. The fault recovery time is the sum of node response time to physical layer fault and the infrastructure propagation delay of the Learning_Update message.

- Faults occurred in the direction of flow of beacon messages plus those which occurred in the opposite direction to the flow of beacon messages but are detectable in the node/switch physical layer. The fault recovery time in this case is the sum of one times beacon timeout and the infrastructure propagation delay of the Learning_Update message.
- Faults occurred in the opposite direction to the flow of beacon messages but are not detectable in the node/switch physical layer. Since the fault recovery time in this case is longer than in the two cases described above, it is considered the worst case.

NOTE Faults in the inactive paths transmitting towards the beacon have no effect on operational performance until the next network switchover. At switchover, they are detected using the above methods with the given worst case recovery time.

The worst case fault recovery time is:

$$t_{fr} = t_{pcr} + t_{id},$$

where:

t_{fr} is the fault recovery time;

t_{pcr} is the Path_Check_Response time out;

t_{id} is the infrastructure propagation delay of the Learning_Update message;

EXAMPLE

Consider a network of 100 nodes with 3 layers of 8-port switches, similar to the one shown in Figure 1.

Assuming a path check interval of 2,5 ms, the worst case Path_Check_Response timeout is three times the path check interval or $t_{pcr} = 7,5$ ms.

Assuming that all links have a data rate of 100 Mbit/s and a maximum data message size of 1 522 octets, the data message transmit time plus inter-message gap time is about 124 μ s.

The Beacon/Learning_Update/Path_Check_Request/Path_Check_Response message size is 64 octets, its transmit time plus inter-message gap time is about 7 μ s.

Assuming the worst case message queuing in the switch due to lower priority maximum size message, the Learning_Update message delay in each switch is:

$$124 \mu\text{s} + 7 \mu\text{s} = 131 \mu\text{s}.$$

The Learning_Update message can be delayed by up to 103 Beacon/Path_Check_Request/Path_Check_Response messages in the worst case as it travels along the network. The total delay of the Learning_Update message travelling through the longest path of the network infrastructure to update the farthest switch is:

$$t_{id} = (131 \mu\text{s} \times 5) + (7 \mu\text{s} \times 103) = 1\,376 \mu\text{s} = 1,38 \text{ ms}.$$

The worst case fault recovery time is:

$$t_{fr} = 7,5 \text{ ms} + 1,38 \text{ ms} = 8,88 \text{ ms}.$$

10 BRP service definition

10.1 Supported services

The BRP services provide ability to set end node parameters and read these parameters and node status. The following services are provided:

- Set_Node_Parameters;
- Get_Node_Parameters;
- Get_Node_Status.

10.2 Common service parameters

The following service parameters are common to several BRP services.

Node_Name

This parameter contains end node name.

(String32)

Source_MAC_Address

This parameter is the MAC address of the node from which the service request has been sent.

(String16)

Destination_MAC_Address

This parameter is the MAC address of the node to which the service request has been sent.

(String16)

Node_Type

This parameter contains description of the end node type (DANB or Beacon).

(String32)

VLAN_ID

This parameter contains the VLAN identifier for BRP frames.

(Unsigned16)

Status

This parameter contains description of the positive response to a service request

(String128)

Error_Info

This parameter contains description of the negative response to a service request

(String128)

10.3 Set_Node_Parameters service

Table 11 shows the parameters of the Set_Node_Parameters service.

Table 11 – BRP Set_Node_Parameters service parameters

Parameter name	Req	Ind	Rsp	Cnf
Argument	M	M(=)		
Node_Name	M	M(=)		
Source_MAC_Address	M	M(=)		
Destination_MAC_Address	M	M(=)		
Node_Type	M	M(=)		
Beacon_Generation_Enable	C	C(=)		
Beacon_Device_Precedence	C	C(=)		
Beacon_Interval	C	C(=)		
Beacon_Timeout	C	C(=)		
Active_Port_Swap_Interval	C	C(=)		
VLAN_ID	C	C(=)		
Result (+)			S	S(=)
Node_Name			M	M(=)
Source_MAC_Address			M	M(=)

Parameter name	Req	Ind	Rsp	Cnf
Destination_MAC_Address			M	M(=)
Status			M	M(=)
Result (-)			S	S(=)
Node_Name			M	M(=)
Source_MAC_Address			M	M(=)
Destination_MAC_Address			M	M(=)
Error_Info			M	M(=)
The meaning of Req, Ind, Rsp, Cnf, M, U and S is specified in ISO/IEC 10164-1.				

Argument

The argument conveys the parameters of the service request.

Beacon_Generation_Enable

This parameter enables or disables beacon generation function.

(Boolean)

Beacon_Device_Precedence

This parameter contains the value of the beacon device Precedence.

(Unsigned8)

Beacon_Interval

This parameter contains the value of the beacon interval in microseconds.

(Unsigned32)

Beacon_Timeout

This parameter contains the value of the beacon timeout in microseconds.

(Unsigned32)

Active_Port_Swap_Interval

This parameter contains the value of the Active_Port_Swap timer in seconds.

(Unsigned-16)

Result (+)

This parameter indicates that the service request succeeded. The following fields are included in the response:

Node_Name

Source_MAC_Address

Destination_MAC_Address

Status

Result (-)

This parameter indicates that the service request failed and specifies error conditions, when applicable. The following fields are included in the response:

Node_Name

Source_MAC_Address

Destination_MAC_Address

Error_Info

10.4 Get_Node_Parameters service

Table 12 shows the parameters of the Get_Node_Parameters service.

Table 12 – BRP Get_Node_Parameters service parameters

Parameter name	Req	Ind	Rsp	Cnf
Argument	M	M(=)		
Node_Name	M	M(=)		
Source_MAC_Address	M	M(=)		
Destination_MAC_Address	M	M(=)		
Result (+)			S	S(=)
Node_Name			M	M(=)
Manufacturer			M	M(=)
Version			M	M(=)
Destination_MAC_Address			M	M(=)
Node_Type			M	M(=)
Beacon_Generation_Enable			C	C(=)
Beacon_Device_Precedence			C	C(=)
Beacon_Interval			C	C(=)
Beacon_Timeout			C	C(=)
Active_Port_Swap_Interval			C	C(=)
VLAN_ID			C	C(=)
Result (-)			S	S(=)
Node_Name			M	M(=)
Source_MAC_Address			M	M(=)
Destination_MAC_Address			M	M(=)
Error_Info			M	M(=)
The meaning of Req, Ind, Rsp, Cnf, M, U and S is specified in ISO/IEC 10164-1.				

Argument

The argument conveys the parameters of the service request. There are no specific parameters for this service.

Result (+)

This parameter indicates that the service request succeeded. The following fields are included in the response.

Manufacturer

This parameter contains the name of the manufacturer
(VisibleString255)

Version

This parameter contains the version of the BRP.
(Unsigned32)

Beacon_Generation_Enable

This parameter contains the value beacon generation enable/disable.
(Boolean)

Beacon_Device_Precedence

This parameter contains the value of the beacon device Precedence.
(Unsigned8)

Beacon_Interval

This parameter contains the value of the beacon interval in microseconds.

(Unsigned32)

Beacon_Timeout

This parameter contains the value of the beacon timeout in microseconds.

(Unsigned32)

Active_Port_Swap_Interval

This parameter contains the value of the Active_Port_Swap timer in seconds.

(Unsigned16)

Result (-)

This parameter indicates that the service request failed and specifies error conditions, when applicable. The following fields are included in the response:

Node_Name

Source_MAC_Address

Destination_MAC_Address

Error_Info

10.5 Get_Node_Status service

Table 13 shows the parameters of the Get_Node_Status service.

Table 13 – BRP Get_Node_Status service parameters

Parameter name	Req	Ind	Rsp	Cnf
Argument	M	M(=)		
Node_Name	M	M(=)		
Source_MAC_Address	M	M(=)		
Destination_MAC_Address	M	M(=)		
Result (+)			S	S(=)
Node_Name			M	M(=)
Source_MAC_Address			M	M(=)
Destination_MAC_Address			M	M(=)
Node_Type			M	M(=)
Node_Status			M	M(=)
Port_A_Status			M	M(=)
Port_B_Status			M	M(=)
Result (-)			S	S(=)
Node_Name			M	M(=)
Source_MAC_Address			M	M(=)
Destination_MAC_Address			M	M(=)
Error_Info			M	M(=)
The meaning of Req, Ind, Rsp, Cnf, M, U and S is specified in ISO/IEC 10164-1.				

Argument

The argument conveys the parameters of the service request. There are no specific parameters for this service.

Result (+)

This parameter indicates that the service request succeeded. The following fields are included in the response:

Node_Status

This parameter contains the value representing node status.

(OctetString16)

Port_A_Status

This parameter contains the value representing port A status.

(OctetString16)

Port_B_Status

This parameter contains the value representing port B status.

(OctetString16)

Result (-)

This parameter indicates that the service request failed and specifies error conditions, when applicable. The following fields are included in the response:

Node_Name

Source_MAC_Address

Destination_MAC_Address

Error_Info

11 BRP Management Information Base (MIB)

NOTE When copying the MIB from a PDF document, all headers and footers are removed and the characters are converted to the character format that SNMP requires. Although care has been taken not to use illegal characters, some can appear in the final document due to the editing process.

```
-- *****
IEC-62439-5-MIB DEFINITIONS ::= BEGIN

-- *****
-- Imports
-- *****

IMPORTS
    OBJECT-TYPE, Counter32,
    TimeTicks, Integer32      FROM SNMPv2-SMI
    Boolean                  FROM HOST-RESOURCES-MIB
    MacAddress               FROM BRIDGE-MIB
    iso                      FROM RFC1155-SMI;

-- *****
-- Root OID
-- *****

iec      OBJECT IDENTIFIER ::= { iso 0 }

iec62439 MODULE-IDENTITY
    LAST-UPDATED "200811080000Z" -- November 8, 2008
    ORGANIZATION "IEC/SC 65C"
    CONTACT-INFO ""

    DESCRIPTION "This MIB module defines the Network Management interfaces
        for the Beacon Redundancy Protocol defined by the IEC
        standard 62439-5."
```

REVISION "200711080000Z" -- November 8, 2007
 DESCRIPTION "Initial version of the Network Management interface for the
 Beacon Redundancy Protocol"

REVISION "200811100000Z" -- November 10, 2008
 DESCRIPTION "
 Separation of IEC 62439 into a suite of documents
 This MIB applies to IEC 62439-5, no change in functionality
 "

::= { IEC 62439-5 }

-- *****
 -- 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 }

-- *****
 -- Objects of the BRP Network Management
 -- *****

NodeName OBJECT-TYPE
 SYNTAX OCTET STRING (SIZE(1..32))
 MAX-ACCESS read-only
 STATUS mandatory
 DESCRIPTION
 "specifies the unique node name"
 ::= { brp 1 }

Manufacturer OBJECT-TYPE
 SYNTAX OCTET STRING (SIZE(1..255))
 MAX-ACCESS read-only
 STATUS mandatory
 DESCRIPTION
 "specifies the name of the manufacturer"
 ::= { brp 2 }

Version OBJECT-TYPE
 SYNTAX OCTET STRING (SIZE(1..32))
 MAX-ACCESS read-only
 STATUS mandatory
 DESCRIPTION
 "specifies the version of BRP"
 ::= { brp 3 }

MACAddress OBJECT-TYPE
 SYNTAX MACAddress
 MAX-ACCESS read-only
 STATUS mandatory
 DESCRIPTION
 "specifies node MAC address"
 ::= { brp 4 }

NodeType OBJECT-TYPE
 SYNTAX OCTET STRING (SIZE(1..32))
 MAX-ACCESS read-write
 STATUS mandatory
 DESCRIPTION
 "specifies the node type"
 ::= { brp 5 }

NodeStatus OBJECT-TYPE
 SYNTAX OCTET STRING (SIZE(1..32))

```

MAX-ACCESS    read-only
STATUS        mandatory
DESCRIPTION
    "specifies the node status"
::= { brp 6 }

PortAStatus OBJECT-TYPE
    SYNTAX OCTET STRING (SIZE(1..32))
    MAX-ACCESS    read-only
    STATUS        mandatory
    DESCRIPTION
        "specifies port A status"
    ::= { brp 7 }

PortBStatus OBJECT-TYPE
    SYNTAX OCTET STRING (SIZE(1..32))
    MAX-ACCESS    read-only
    STATUS        mandatory
    DESCRIPTION
        "specifies port B status"
    ::= { brp 8 }

VLANID OBJECT-TYPE
    SYNTAX OCTET STRING (SIZE(1..32))
    MAX-ACCESS    read-only
    STATUS        mandatory
    DESCRIPTION
        "specifies VLAN ID"
    ::= { brp 9 }

END

```

Withdrawing
 IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 62439-5:2016

Bibliography

IEC 61158 (all parts), *Industrial communication networks – Fieldbus specifications*

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

IEC 62439-3, *Industrial communication networks – High availability automation networks – Part 3: Parallel Redundancy Protocol (PRP) and High-availability Seamless Redundancy (HSR)*

IEC 62439-4, *Industrial communication networks – High availability automation networks – Part 4: Cross-network Redundancy Protocol (CRP)*

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

ISO/IEC TR 8802-1, *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 1: Overview of Local Area Network Standards*

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 62439-5:2016

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	50
INTRODUCTION.....	52
1 Domaine d'application.....	53
2 Références normatives	53
3 Termes, définitions, abréviations, acronymes et conventions	53
3.1 Termes et définitions.....	53
3.2 Abréviations et acronymes	54
3.3 Conventions.....	54
4 Présentation du BRP	54
5 Principe de fonctionnement du BRP	54
5.1 Généralités	54
5.2 Topologie du réseau.....	54
5.3 Composants de réseau.....	57
5.4 Reconfiguration rapide du trafic de réseau.....	58
6 Pile BRP et fonctions de détection de panne	58
7 Spécification de protocole BRP	60
7.1 Adresses MAC	60
7.2 EtherType	60
7.3 Mécanismes de détection de panne.....	60
7.4 Appareil d'extrémité BRP.....	61
7.4.1 Diagramme d'état.....	61
7.4.2 Mise en service.....	63
7.4.3 Fonctionnement normal.....	63
7.4.4 Détection de panne.....	63
7.4.5 Tableau State-Event-Action.....	64
7.5 Appareil Beacon.....	78
7.5.1 Diagramme d'état.....	78
7.5.2 Mise en service.....	79
7.5.3 Fonctionnement normal.....	80
7.5.4 Détection de panne.....	80
7.5.5 Modification des paramètres BRP.....	81
7.5.6 Tableau State-Event-Action.....	81
8 Structure du message BRP	92
8.1 Généralités	92
8.2 En-tête de message commun balisé ISO/IEC/IEEE 8802-3 (IEEE 802.3)	92
8.3 Message Beacon.....	93
8.4 Message Path_Check_Request	93
8.5 Message Path_Check_Response.....	94
8.6 Message Learning_Update	94
9 Temps de reprise après panne BRP	95
10 Définition de service BRP	96
10.1 Services pris en charge.....	96
10.2 Paramètres communs aux services.....	96
10.3 Service Set_Node_Parameters	97
10.4 Service Get_Node_Parameters.....	98

10.5 Service Get_Node_Status	100
11 Base d'informations de gestion (MIB) du BRP.....	101
Bibliographie	104
Figure 1 – Exemple de réseau BRP en étoile.....	55
Figure 2 – Exemple de réseau BRP linéaire.....	56
Figure 3 – Exemple de réseau BRP en anneau.....	57
Figure 4 – Architecture de pile BRP.....	59
Figure 5 – Diagramme d'état de l'appareil d'extrémité	62
Figure 6 – Diagramme d'état de l'appareil Beacon	79
Tableau 1 – Valeurs de paramètre de l'appareil d'extrémité	64
Tableau 2 – Tableau State-Event-Action de l'appareil d'extrémité	66
Tableau 3 – Valeurs de paramètre de l'appareil Beacon.....	82
Tableau 4 – Tableau State-Event-Action de l'appareil Beacon.....	84
Tableau 5 – Adresses MAC de destination	92
Tableau 6 – En-tête de message commun	93
Tableau 7 – Format du message Beacon.....	93
Tableau 8 – Format du message Path_Check_Request	94
Tableau 9 – Format du message Path_Check_Response.....	94
Tableau 10 – Format du message Learning_Update	95
Tableau 11 – Paramètres du service BRP Set_Node_Parameters	97
Tableau 12 – Paramètres du service BRP Get_Node_Parameters.....	99
Tableau 13 – Paramètres du service BRP Get_Node_Status.....	100

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**RÉSEAUX DE COMMUNICATION INDUSTRIELS –
RÉSEAUX D'AUTOMATISME A HAUTE DISPONIBILITE –****Partie 5: Protocole de redondance à balise (BRP)****AVANT-PROPOS**

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC 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 l'IEC. L'IEC 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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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.

La Norme internationale IEC 62439-5 a été établie par le sous-comité 65C: Réseaux industriels, du comité d'études 65 de l'IEC: 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.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) le protocole est maintenant indépendant de l'application (Path_Check_Request est périodiquement envoyé);
- b) le message Failure_Notify a été supprimé;
- c) le format de trame a été modifié;
- d) la nouvelle adresse MAC a été ajoutée.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
65C/834/FDIS	65C/841/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.

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

Cette Norme internationale doit être lue conjointement avec l'IEC 62439-1.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62439, publiées sous le titre général *Réseaux de communication industriels – Réseaux d'automatisme à haute disponibilité*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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 l'IEC 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.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

La série IEC 62439 précise les principes pertinents relatifs aux réseaux de haute disponibilité qui satisfont aux exigences des réseaux d'automation industriels.

A l'état exempt de panne du réseau, les protocoles de la série IEC 62439 assurent une communication de données fiable et conforme à l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 (IEEE 802.3) et préservent le caractère déterministe des communications en temps réel. En cas de panne, de retrait et d'insertion d'un composant, ils assurent des temps de reprise déterministes.

Ces protocoles conservent la totalité des fonctions de communication Ethernet classiques utilisées dans le monde professionnel, ce qui permet de continuer à utiliser le logiciel.

Le marché doit disposer de plusieurs solutions réseau, qui présentent des caractéristiques de performance et des capacités fonctionnelles différentes en fonction des différentes exigences d'application. Ces solutions prennent en charge différents mécanismes et topologies de redondance qui sont intégrés à l'IEC 62439-1 et spécifiés dans les autres parties de la série IEC 62439. L'IEC 62439-1 distingue également les différentes solutions en fournissant des lignes directrices aux utilisateurs.

La série IEC 62439 se conforme à la structure et aux termes généraux de la série IEC 61158.

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) attire l'attention sur le fait qu'il est déclaré que la conformité au présent document peut impliquer l'utilisation de brevets pour l'Ethernet tolérant aux pannes fourni par l'utilisation d'interfaces particulières qui fournissent des ports en double et qui peuvent être par ailleurs activés avec la même adresse réseau. La commutation entre les ports corrige les premières pannes d'un système redondant deux voies. Ce sujet est abordé dans les Articles 5 et 6.

Ces droits de propriété sont énumérés dans le tableau ci-dessous; la notation [xx] désigne le détenteur du droit associé.

US 7,817,538 B2	[RA]	Fault-tolerant Ethernet network
US 8,493,840	[RA]	Fault-tolerant Ethernet network

L'IEC 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 assuré à l'IEC qu'il est prêt à négocier des licences avec les demandeurs dans le monde entier, gratuitement ou dans des conditions raisonnables et non discriminatoires. A ce propos, l'énoncé du détenteur des droits de propriété est enregistré à l'IEC. Des informations peuvent être demandées à:

[RA] Rockwell Automation Technologies, Inc.
1 Allen-Bradley Drive
Mayfield Heights
Ohio 44124, Etats-Unis

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. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

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

RÉSEAUX DE COMMUNICATION INDUSTRIELS – RÉSEAUX D'AUTOMATISME A HAUTE DISPONIBILITE –

Partie 5: Protocole de redondance à balise (BRP)

1 Domaine d'application

La série IEC 62439 concerne les réseaux de haute disponibilité pour l'automation qui reposent sur la technologie Ethernet ISO/IEC/IEEE 8802-3 (IEEE 802.3).

La présente partie de la série IEC 62439 porte sur un protocole de redondance qui repose sur la duplication du réseau; ce protocole est exécuté dans les nœuds d'extrémité, par opposition à un protocole de redondance intégré aux commutateurs. La détection rapide des erreurs est assurée par deux nœuds Beacon; la décision de basculement est prise dans chaque nœud individuellement. La capacité de connexion interréseau permet à des nœuds d'extrémité à une seule association d'être connectés sur l'un ou l'autre des deux réseaux.

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).

IEC 60050-191, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 191: Sûreté de fonctionnement et qualité de service*

IEC 62439-1, *Réseaux industriels de communication – Réseaux de haute disponibilité pour l'automation – Partie 1: Concepts généraux et méthodes de calcul*

ISO/IEC/TR 8802-1, *Technologies de l'information – Télécommunications et échange d'information entre systèmes – Réseaux locaux et métropolitains – Exigences spécifiques – Partie 1: Vue d'ensemble des normes de réseaux locaux*

ISO/IEC/IEEE 8802-3:2014, *Standard for Ethernet* (disponible en anglais seulement)

ISO/IEC 10164-1, *Technologies de l'information – Interconnexion de systèmes ouverts (OSI) – Gestion-systèmes: Fonction de gestion d'objets*

IEEE 802.1D, *IEEE Standard for Local and metropolitan area networks: Media Access Control (MAC) Bridges* (disponible en anglais seulement)

IEEE 802.1Q, *IEEE Standard for Local and metropolitan area networks: Media Access Control (MAC) Bridges and Virtual Bridged Local Area Networks* (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 l'IEC 60050-191, ainsi que dans l'IEC 62439-1, s'appliquent.

3.2 Abréviations et acronymes

Pour les besoins du présent document, les abréviations et acronymes donnés dans l'IEC 62439-1 ainsi que les suivants s'appliquent:

BRP Beacon Redundancy Protocol (protocole de redondance Beacon)

DANB Doubly Attached Node implementing BRP (nœud à double association de mise en œuvre du BRP)

3.3 Conventions

Cette partie de la série IEC 62439 applique les conventions définies dans l'IEC 62439-1.

4 Présentation du BRP

La présente partie de la série IEC 62439 spécifie un protocole destiné à un réseau Ethernet tolérant à toutes les pannes localisées. Ce protocole s'appelle Beacon Redundancy Protocol – protocole de redondance Beacon – ou BRP. Un réseau qui repose sur le protocole BRP est appelé réseau BRP. Le réseau BRP repose sur des technologies ISO/IEC/IEEE 8802-3 (IEEE 802.3) (Ethernet) et ISO/IEC TR 8802-1 (IEEE 802.1) commutées et une infrastructure redondante. Dans ce réseau, la décision de commuter entre des infrastructures est prise de manière individuelle dans chaque nœud d'extrémité.

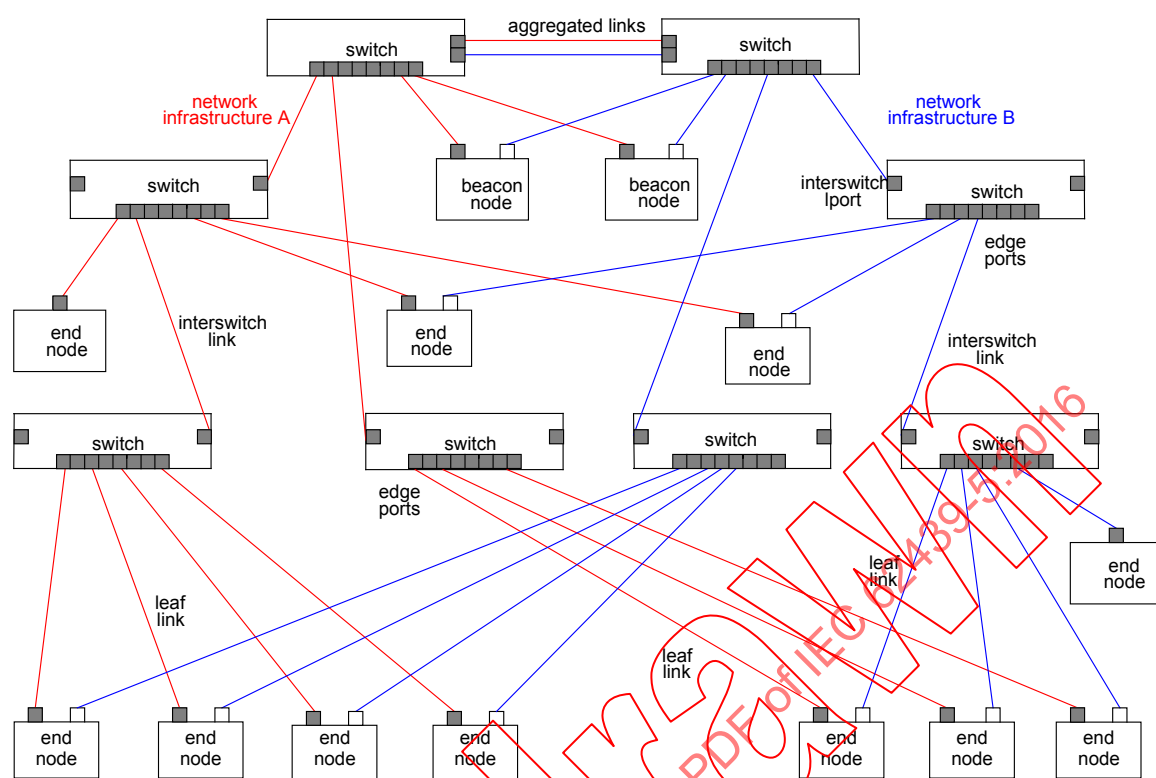
5 Principe de fonctionnement du BRP

5.1 Généralités

Les Paragraphes 5.2 à 5.4 expliquent les actions globales réalisées par le diagramme d'états du BRP. En cas de différence d'interprétation entre ces paragraphes et les diagrammes d'états à l'Article 7, les diagrammes d'états prévalent.

5.2 Topologie du réseau

La topologie de réseau BRP peut être présentée comme deux commutateurs supérieurs interconnectés, qui présente chacun une topologie sous-jacente en étoile, linéaire ou en anneau. Les nœuds d'extrémité Beacon doivent être connectés aux commutateurs supérieurs. Des exemples de réseaux BRP en étoile, linéaires et en anneau sont respectivement donnés à la Figure 1, à la Figure 2 et à la Figure 3.



IEC

Anglais	Français
switch	commutateur
aggregated links	liaisons agrégées
network infrastructure A	infrastructure réseau A
network infrastructure B	infrastructure réseau B
beacon node	nœud Beacon
interswitch port	port d'intercommutation
edge ports	ports d'extrémité
interswitch link	liaison d'intercommutation
leaf link	liaison de feuille
end node	nœud d'extrémité

Figure 1 – Exemple de réseau BRP en étoile

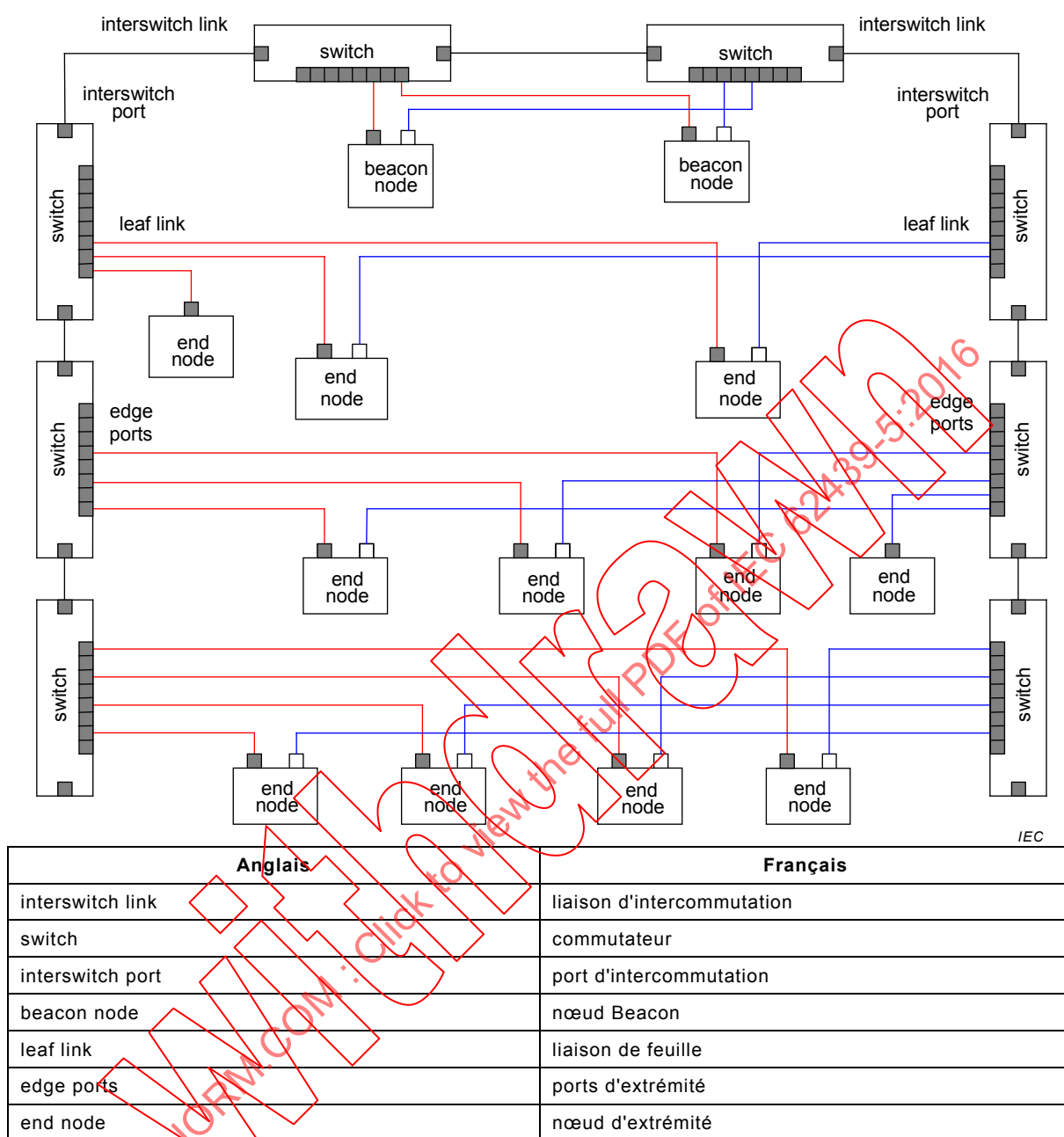


Figure 2 – Exemple de réseau BRP linéaire

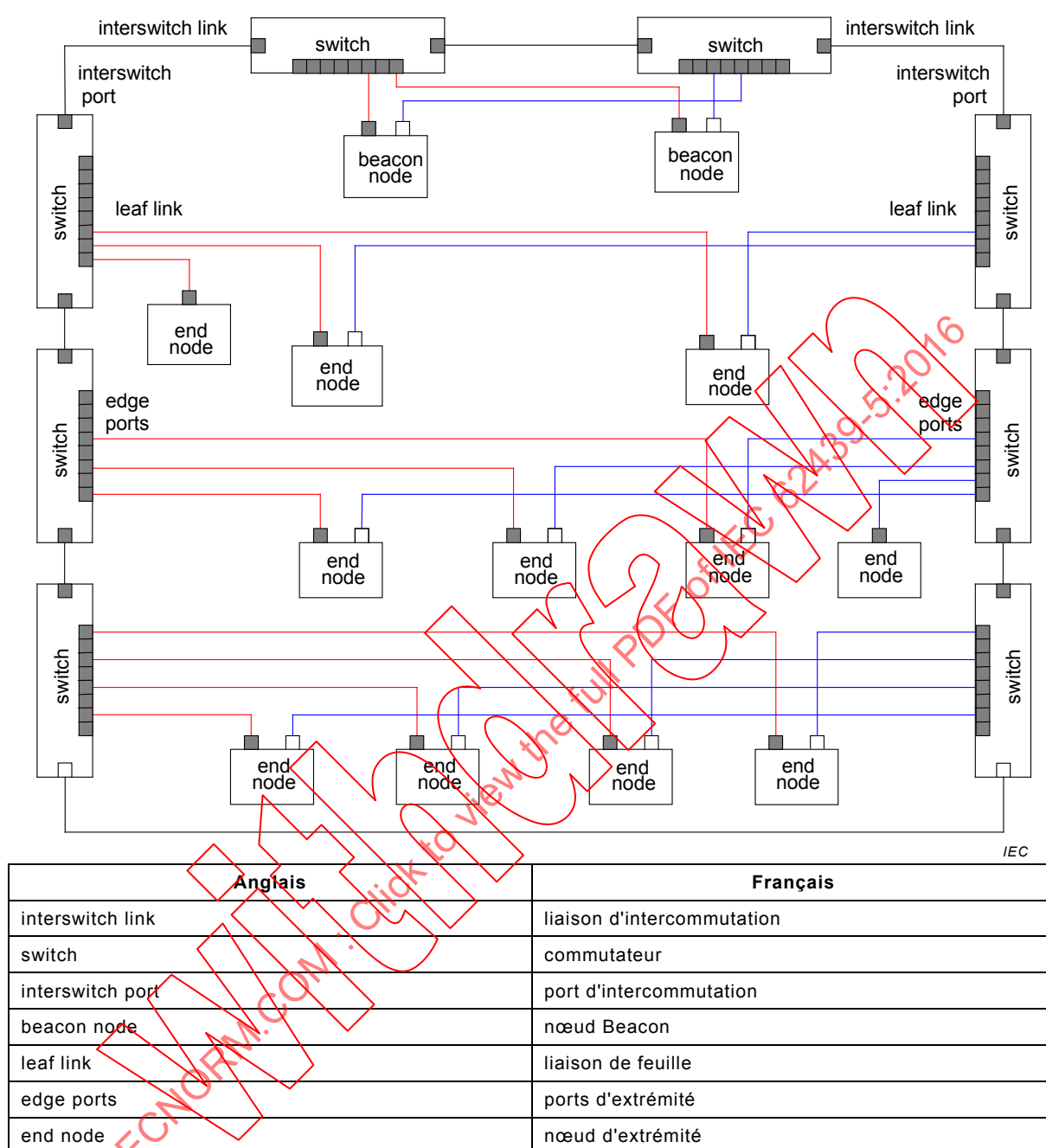


Figure 3 – Exemple de réseau BRP en anneau

5.3 Composants de réseau

Le réseau BRP est conçu autour de commutateurs de couche 2 conformes à l'IEEE 802.1D et à l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 (IEEE 802.3). Aucune prise en charge du protocole BRP dans les commutateurs n'est exigée.

La Figure 1 est un exemple de réseau BRP en étoile en mode de redondance 2 voies. Elle utilise deux ensembles d'infrastructures de réseau A et B (représentés par deux couleurs différentes). Le nombre de niveaux de commutateurs et de commutateurs sur chaque niveau dépend uniquement des exigences de l'application. Même avec trois niveaux hiérarchiques, des réseaux très volumineux peuvent être construits. Par exemple, un réseau BRP en étoile conçu autour de commutateurs à huit ports réguliers et un port de liaison montante peut contenir 500 nœuds au maximum. Deux commutateurs de niveau supérieur doivent être connectés l'un à l'autre avec une ou plusieurs liaisons qui assurent une largeur de bande

suffisante. Grâce à la fonction d'agrégation de liaison, le trafic est partagé entre des faisceaux de liaisons; la défaillance d'une liaison ne provoque pas l'arrêt du réseau. Ce type d'organisation permet aux infrastructures A et B de ne former qu'un seul réseau.

Deux types de nœuds d'extrémité peuvent être connectés au réseau BRP: à double association et à simple association. Un nœud d'extrémité à double association peut fonctionner comme un nœud d'extrémité BRP ou un nœud d'extrémité Beacon BRP. Un nœud d'extrémité Beacon BRP est un cas particulier de nœud d'extrémité à double association connecté directement aux commutateurs supérieurs. Bien que les nœuds d'extrémité BRP à double association disposent de deux accès de réseau, ils n'utilisent qu'une adresse MAC.

Comme le montrent la Figure 1, la Figure 2 et la Figure 3, deux nœuds d'extrémité Beacon doivent être connectés aux commutateurs de niveau supérieur. Les nœuds d'extrémité Beacon diffusent périodiquement un court message Beacon sur le réseau. À l'instar des nœuds d'extrémité BRP, le nœud d'extrémité Beacon ne communique à un moment donné que par un de ses ports et bloque le trafic sur l'autre port. Pour la tolérance aux pannes, les nœuds d'extrémité Beacon passent du mode inactif au mode actif sur leurs ports et vice versa.

Les nœuds d'extrémité à une seule association peuvent également être connectés au réseau BRP, mais ils ne prennent pas en charge le protocole BRP. Un nœud à une seule association peut communiquer avec des nœuds à double association et avec d'autres nœuds à une seule association du réseau.

Puisque les commutateurs sont conformes à l'IEEE 802.1D, ils prennent en charge le protocole RSTP. Cela permet d'éviter la formation de boucle dans les réseaux BRP en anneau, comme représenté à la Figure 3.

5.4 Reconfiguration rapide du trafic de réseau

Pour une rapide reconfiguration, les fonctions de contrôle multidiffusion des commutateurs doivent être désactivées. Le trafic multidiffusion est donc traité comme le trafic de diffusion.

Les fonctions d'apprentissage et de filtrage des commutateurs ont un impact sur les paquets à diffusion individuelle. Par suite de la reconfiguration d'un port du nœud d'extrémité, les connaissances de commutateurs ne sont plus valides. Un commutateur qui met en œuvre un apprentissage doit mettre à jour sa base de données lorsqu'un paquet avec une adresse MAC apprise dans le champ source est reçu sur un port différent depuis le port appris stocké dans la base de données.

Si un nœud d'extrémité BRP bascule sur le port inactif, sa première action consiste à envoyer un court message de multidiffusion, appelé Learning_Update, par l'intermédiaire de son port nouvellement activé. Au fur et à mesure de la propagation de ce message sur le réseau, les commutateurs mettent à jour leur base de données d'adresses MAC, ce qui donne lieu à une rapide reconfiguration du trafic à diffusion individuelle. Ce message n'a aucun intérêt pour les autres nœuds d'extrémité du réseau, lesquels le suppriment.

6 Pile BRP et fonctions de détection de panne

La Figure 4 représente l'architecture de pile BRP. Elle s'applique aux nœuds d'extrémité BRP et Beacon.

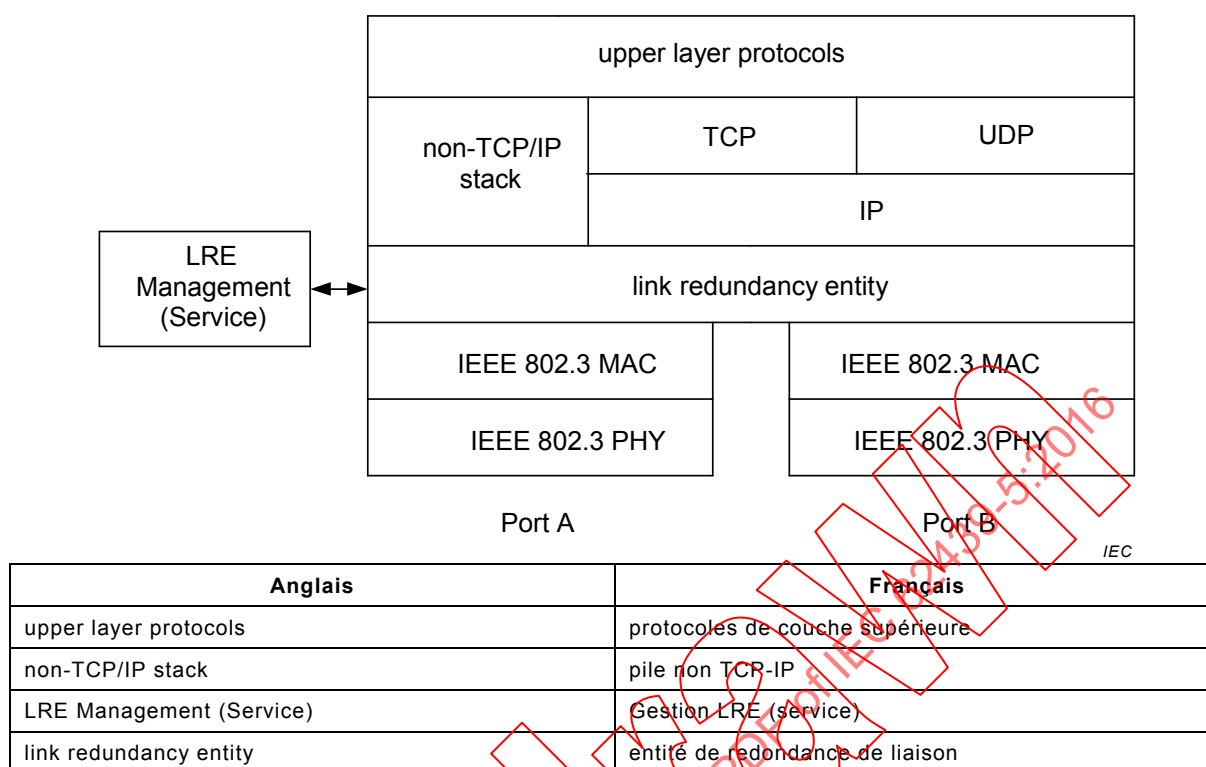


Figure 4 – Architecture de pile BRP

La pile BRP contient deux ports ISO/IEC/IEEE 8802-3 (IEEE 802.3) identiques, appelés ici ports A et B, qui sont connectés au réseau. Ces ports assurent l'interface avec la sous-couche MAC conforme à ISO/IEC/IEEE 8802-3 (IEEE 802.3). Malgré la présence de deux ports physiques, un nœud d'extrémité BRP n'utilise qu'une seule adresse MAC.

L'entité de redondance de liaison surveille en permanence l'état des liaisons de feuille entre les deux ports et les ports correspondants sur les commutateurs. En cas de défaillance de la liaison de feuille entre le port actif du nœud d'extrémité et le port correspondant sur le commutateur, l'entité de redondance de liaison doit reconfigurer les ports du nœud d'extrémité, à condition que le port inactif ne se trouve pas également en mode de panne. Après la reconfiguration, la totalité du trafic passe par le port nouvellement activé. Certains messages peuvent être perdus lors du processus de détection de défaillance et de reconfiguration. Les protocoles de couche supérieure sont chargés de les récupérer, mais aussi de traiter les messages perdus du fait d'autres erreurs de réseau.

L'entité de redondance de liaison surveille aussi l'arrivée de messages Beacon sur les deux ports. Si un message Beacon n'arrive pas au port actif sur un délai donné, le port est déclaré comme en mode de panne. L'entité de redondance de liaison doit alors reconfigurer les ports du nœud d'extrémité, à condition que l'autre port ne soit pas aussi en mode de panne. Après la reconfiguration, tout le trafic commence à passer par le nouveau port activé. La défaillance d'un message Beacon à atteindre des ports inactifs doit aussi être détectée.

En cas de défaillance d'un des commutateurs supérieurs, tous les nœuds BRP connectés directement au commutateur ou à son infrastructure réseau basculent sur l'autre infrastructure réseau. Par exemple, en cas de défaillance du commutateur supérieur du LAN A, tous les nœuds BRP connectés à ce réseau local basculent sur le LAN B.

Si la panne s'est produite sur un nœud d'extrémité Beacon, le réseau continue à fonctionner normalement, car l'autre nœud d'extrémité Beacon est actif. Le débit d'arrivée de message Beacon passe d'environ deux messages à un seul par intervalle de temporisateur Beacon.

Des anomalies de chemin de transmission peuvent se produire dans le sens opposé à la circulation des messages Beacon. Si ce type de panne se produit dans la couche physique, elle est détectée par les nœuds d'extrémité ou les commutateurs adjacents à la liaison défectueuse. Dès lors, soit le nœud d'extrémité BRP reconfigure ses ports immédiatement soit le trafic est bloqué sur la liaison concernée. Dans le dernier cas, les messages Beacon sont perdus au niveau des nœuds d'extrémité en aval, lesquels se reconfigurent donc eux-mêmes à l'expiration du délai d'attente Beacon.

Lorsque le port défaillant est restauré, il doit rester inactif tant qu'un basculement n'a pas été initié ou que le port actuellement actif ne fait pas l'objet d'une défaillance. Lorsque les deux ports sont opérationnels, le nœud d'extrémité BRP doit régulièrement basculer son activité de message d'un port à l'autre. Ce basculement est contrôlé par le temporisateur Active_Port_Swap.

L'entité de gestion LRE est utilisée pour sélectionner un type de nœud d'extrémité (normal ou Beacon), configurer les paramètres de protocole (le temporisateur Beacon, par exemple) et obtenir l'état du port du nœud d'extrémité (actif, en défaillance, inactif).

Toutes les défaillances détectées doivent être signalées à l'entité de gestion LRE pour déclencher un diagnostic approfondi et une réparation. Des services de diagnostic de panne doivent être assurés par l'entité de gestion LRE ou d'autres entités accessibles du réseau.

Si les pannes de chemin de transmission ne sont pas détectables dans la couche physique, l'entité de redondance de liaison BRP s'appuie sur le mécanisme ci-dessous pour les détecter. Les appareils d'extrémité BRP doivent envoyer un message Path_Check_Request une fois à chaque intervalle de demande de vérification du chemin à un des appareils Beacon actuellement actifs sur leur port actif selon une méthode interlaboratoires. Par exemple, si trois appareils Beacon sont actuellement actifs, un appareil d'extrémité BRP doit envoyer un message Path_Check_Request à l'appareil Beacon 1 dans le premier intervalle, à l'appareil Beacon 2 dans le deuxième intervalle, etc. À l'issue de la réception d'un message Path_Check_Request sur son port actif, un appareil Beacon doit répondre avec un message Path_Check_Response à l'appareil demandeur sur son port actif.

Un appareil d'extrémité BRP doit détecter les pannes de chemin de transmission dans la direction opposée au flux Beacon via une temporisation à la non-réception des messages Path_Check_Response des appareils Beacon BRP pour les messages Path_Check_Request répétés. Quand un appareil d'extrémité BRP détecte ce genre de perte sur son port actif, il doit immédiatement basculer son port actif.

7 Spécification de protocole BRP

7.1 Adresses MAC

Le protocole BRP doit utiliser l'adresse de multidiffusion 01-15-4E-00-02-01 et 01-15-4E-00-02-02. Les deux ports d'un nœud BRP doivent avoir la même adresse MAC pour les communications actives.

7.2 EtherType

Le protocole BRP doit utiliser l'EtherType 0x80E1 assigné.

7.3 Mécanismes de détection de panne

Les mécanismes suivants de détection de panne sont utilisés:

- Détection de panne de liaison

Ce mécanisme couvre les anomalies de couche physique dans les directions de transmission et de réception sur une liaison directement connectée au nœud d'extrémité.

- Détection de panne de chemin de réception
Il s'agit d'utiliser le mécanisme de transmission des messages Beacon.
- Détection de panne de chemin de transmission
Il s'agit d'utiliser les messages Path_Check_Request et Path_Check_Response. Le basculement périodique entre les ports actifs et inactifs assure la couverture de tous les chemins de transmission du réseau.

7.4 Appareil d'extrémité BRP

7.4.1 Diagramme d'état

La Figure 5 montre le diagramme d'état d'un appareil d'extrémité.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 62439-5:2016

Without 2M

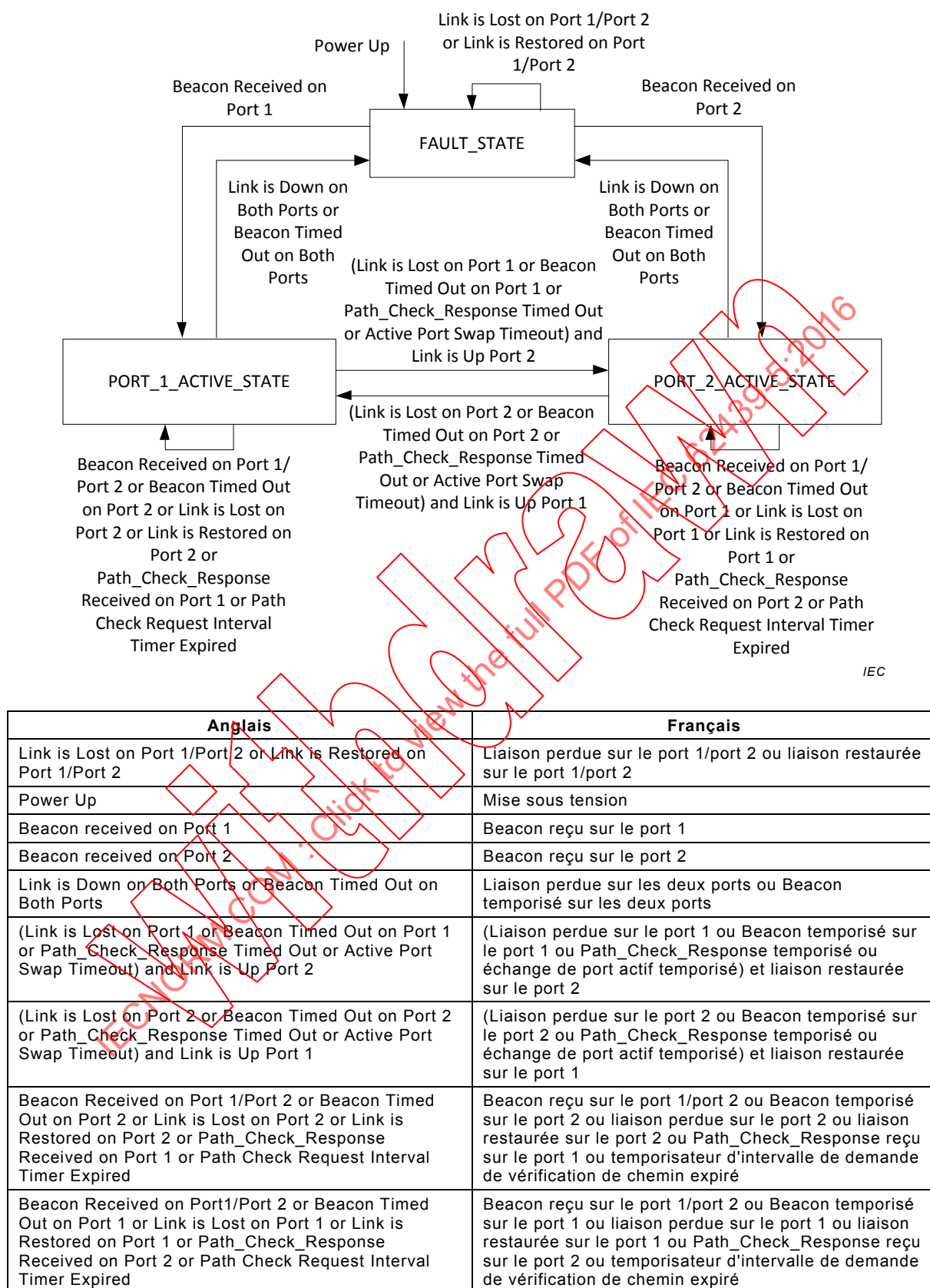


Figure 5 – Diagramme d'état de l'appareil d'extrémité

7.4.2 Mise en service

Un appareil d'extrémité doit démarrer en `FAULT_STATE` et, quand un message Beacon est reçu sur le port 1 ou sur le port 2, il doit passer à `PORT_1_ACTIVE_STATE` ou à `PORT_2_ACTIVE_STATE` respectivement. Cela doit désactiver l'apprentissage de l'adresse MAC à diffusion individuelle sur les deux ports BRP ou cela doit vider la table d'apprentissage de l'adresse MAC à diffusion individuelle à chaque fois qu'un nouveau port devient un port actif. Il doit enregistrer l'adresse MAC de l'appareil Beacon, l'adresse IP et la précedence, ainsi que les informations suivantes du message Beacon en tant que paramètres d'exploitation BRP en cours :

- ID VLAN
- Intervalle Beacon
- Temporisation Beacon
- Intervalle d'échange de port actif

Dès qu'un port devient le port actif, un appareil d'extrémité doit transmettre un message `Learning_Update` comme premier message sur son nouveau port actif pour mettre à jour la topologie de réseau dans les commutateurs de l'infrastructure.

7.4.3 Fonctionnement normal

Les appareils d'extrémité doivent prendre en charge des mécanismes indépendants pour recevoir, suivre et temporiser les messages Beacon pour un maximum de trois appareils Beacon sur chacun de leurs ports BRP. Quand un message Beacon d'un nouvel appareil Beacon est reçu sur un port, un appareil d'extrémité doit enregistrer l'adresse MAC de l'appareil Beacon, son adresse IP et sa précedence à partir du message Beacon. Si la précedence du nouvel appareil Beacon est supérieure à celle de tous les appareils Beacon actuellement non temporisés sur les deux ports, elle doit enregistrer les paramètres d'exploitation BRP en cours (ID VLAN, intervalle Beacon, temporisation Beacon et intervalle d'échange de port actif) depuis le message Beacon. En cas d'égalité de précedence lors de la comparaison entre deux appareils Beacon, l'appareil avec l'adresse MAC numérique la plus élevée doit être considéré comme celui avec la précedence la plus élevée.

Un appareil d'extrémité doit envoyer un message `Path_Check_Request` sur son port actif une fois à chaque intervalle de demande de vérification de chemin, à un des appareils Beacon actuellement pas temporisés sur le port actif, selon une méthode interlaboratoires pour chaque intervalle. Par exemple, si trois appareils Beacon sont actuellement actifs, un appareil d'extrémité BRP doit envoyer un message `Path_Check_Request` à l'appareil Beacon 1 dans le premier intervalle, à l'appareil Beacon 2 dans le deuxième intervalle, etc.

Un appareil d'extrémité doit toujours utiliser l'adresse MAC unique d'un appareil pour tout le trafic envoyé depuis/vers son port actif. Lors de la bascule du port actif, l'adresse MAC de l'appareil doit toujours être associée à son port actif en cours.

Un appareil d'extrémité ne doit pas transférer de trafic vers/depuis l'UC sur son port de secours, sauf pour certains messages spéciaux. Les messages spéciaux à transférer depuis le réseau vers l'UC sur son port de secours sont les messages Beacon.

Un appareil d'extrémité doit échanger son port actif avec son port de secours et vice versa à l'expiration du temporisateur d'intervalle d'échange de port actif si le port de secours est opérationnel.

7.4.4 Détection de panne

Un appareil d'extrémité doit déclarer un `LINK_FAULT` sur un port actif ou de secours qui a été victime d'une panne de la couche physique.

Un appareil d'extrémité doit temporiser de façon indépendante la non-réception du message Beacon de chaque appareil Beacon sur chaque port. Il doit déclarer un BEACON_FAULT sur son port actif ou de secours dans lequel tous les appareils Beacon sont temporisés.

Un appareil d'extrémité doit déclarer un PATH_FAULT sur son port actif, si aucun message Path_Check_Response n'est reçu pour des messages Path_Check_Request consécutifs au-delà de la limite de relance de demande de vérification de chemin, c'est-à-dire qu'un message de réponse de vérification de chemin n'est pas reçu dans la limite de relance de demande de vérification de chemin fois l'intervalle de demande de vérification de chemin du premier message Path_Check_Request.

Quand une panne est déclarée sur le port actif, un appareil d'extrémité doit basculer son port actif vers le port de secours et vice versa, si le port de secours est opérationnel. Un appareil d'extrémité doit passer à FAULT_STATE si les deux ports sont dans une combinaison quelconque de LINK_FAULT et de BEACON_FAULT.

Quand les deux ports sont à l'état PATH_FAULT, un appareil d'extrémité doit faire un essai sur chaque port à tour de rôle, une fois pour chaque intervalle de demande de vérification de limites de relance de vérification de chemin pour le premier message Path_Check_Request; il bascule pour cela entre PORT_1_ACTIVE_STATE et PORT_2_ACTIVE_STATE, jusqu'à ce qu'un chemin valide vers un appareil Beacon soit trouvé.

7.4.5 Tableau State-Event-Action

Le Tableau 1 énumère les valeurs des paramètres d'un appareil d'extrémité.

Tableau 1 – Valeurs de paramètre de l'appareil d'extrémité

Paramètre	Valeur
Adresse MAC de l'appareil Beacon 1 du port 1	Obtenue à partir du message Beacon
Précédence de l'appareil 1 du Beacon du port 1	Obtenue à partir du message Beacon
Adresse MAC de l'appareil Beacon 2 du port 1	Obtenue à partir du message Beacon
Précédence de l'appareil Beacon 2 du port 1	Obtenue à partir du message Beacon
Adresse MAC de l'appareil Beacon 3 du port 1	Obtenue à partir du message Beacon
Précédence de l'appareil Beacon 3 du port 1	Obtenue à partir du message Beacon
Adresse MAC de l'appareil Beacon 1 du port 2	Obtenue à partir du message Beacon
Précédence de l'appareil Beacon 1 du port 2	Obtenue à partir du message Beacon
Adresse MAC de l'appareil 2 du Beacon du port 2	Obtenue à partir du message Beacon
Précédence de l'appareil 2 du Beacon du port 2	Obtenue à partir du message Beacon
Adresse MAC de l'appareil Beacon 3 du port 2	Obtenue à partir du message Beacon
Précédence de l'appareil Beacon 3 du port 2	Obtenue à partir du message Beacon
Intervalle de Beacon en cours	Obtenue à partir du message Beacon
Délai d'attente de Beacon en cours	Obtenue à partir du message Beacon
Intervalle de demande de vérification du chemin en cours	Temporisation de Beacon en cours 1 fois
Intervalle d'échange de port actif en cours	Obtenue à partir du message Beacon
ID VLAN BRP en cours	Obtenue à partir du message Beacon
Limite de relance de demande de vérification de chemin	2 (nombre total de tentatives)

Les énoncés suivants s'appliquent au tableau State-Event-Action d'un appareil d'extrémité (voir le Tableau 2):

- L'apprentissage de l'adresse MAC à diffusion individuelle doit être désactivé sur les deux ports BRP ou la table d'apprentissage de l'adresse MAC à diffusion individuelle doit être vidée à chaque fois qu'un nouveau port devient actif.
- L'adresse MAC 11-22-33-44-55-66 doit être codée 0x112233445566 pour comparaison numérique en cas d'égalité de précédence de l'appareil de Beacon.

- Port1Bcn1Rcvd, Port1Bcn2Rcvd, Port1Bcn3Rcvd sont des variables booléennes qui indiquent si les appareils Beacon 1, 2 et 3 respectivement sont actuellement reçus sur le port 1. Port2Bcn1Rcvd, Port2Bcn2Rcvd, Port2Bcn3Rcvd sont des variables booléennes qui indiquent si les appareils Beacon 1, 2 et 3 respectivement sont actuellement reçus sur le port 2. Une valeur TRUE indique que les messages Beacon de l'appareil Beacon respectif sont actuellement reçus. Une valeur FALSE indique qu'un message Beacon de l'appareil Beacon respectif n'a jamais été reçu ou que la réception du message Beacon de l'appareil Beacon respectif a expiré. Ces variables sont exposées via des attributs du LRE.
- NextEvent est une variable d'événement virtuel qui déclenche un ensemble commun d'actions. Elle peut prendre la valeur 0, 1, 2, 3 ou 4. Quand la valeur NextEvent est modifiée, l'événement virtuel associé doit avoir la priorité la plus élevée parmi les événements en attente et les actions associées à l'événement virtuel doivent être exécutées immédiatement.
- LastPathChkReqTgt est une variable entière qui indique à quel appareil Beacon le dernier message Path_Check_Request a été envoyé. Elle est utilisée pour envoyer le message Path_Check_Request à un des appareils Beacon qui n'a pas encore été temporisé sur le port actif, selon une méthode interlaboratoires entre les appareils Beacon. Un seul message Path_Check_Request doit être envoyé à un appareil Beacon par intervalle de demande de vérification de chemin. Par exemple, si trois appareils Beacon sont actuellement actifs, un appareil final BRP doit envoyer un message Path_Check_Request à l'appareil Beacon 1 dans le premier intervalle, à l'appareil Beacon 2 dans le deuxième intervalle, etc. LastPathChkReqTgt peut prendre la valeur 0, 1, 2 ou 3.
- PathChkRetryCnt est une variable entière utilisée pour indiquer le nombre de relances de demande de vérification de chemin en cours. Elle peut prendre la valeur 0 à la limite de relance de demande de vérification de chemin.
- Les variables Port1Status et Port2Status indiquent respectivement les statuts du port 1 et du port 2. Elles sont exposées via les services BRP.
- Les événements et les actions associés au temporisateur d'échange de port actif ne sont applicables que quand l'intervalle d'échange de port actif en cours est supérieur à 0. La valeur 0 indique que l'échange de port actif a été désactivé.
- Dans les événements 8, 9, 10, 11, 12, 13, 28, 29, 30, 31, 32 et 33, quand les nouvelles valeurs d'intervalle Beacon, de temporisation Beacon, d'ID VLAN et d'intervalle d'échange de port actif sont enregistrées, les temporisateurs d'appareil Beacon actuellement actifs, le temporisateur de demande de vérification de chemin et le temporisateur d'échange de port actif doivent être immédiatement redémarrés avec les nouvelles valeurs.

Tableau 2 – Tableau State-Event-Action de l'appareil d'extrémité

Événement n°	Etat en cours	Événement	Action(s)
1	Aucune	Mettre sous tension	Initialiser Définir Port1Bcn1Rcvd à FALSE Définir Port1Bcn2Rcvd à FALSE Définir Port1Bcn3Rcvd à FALSE Définir Port2Bcn1Rcvd à FALSE Définir Port2Bcn2Rcvd à FALSE Définir Port2Bcn3Rcvd à FALSE Définir NextEvent à 0 Définir LastPathChkReqTgt à 0 Définir PathChkRetryCnt à 0 Si la liaison ne fonctionne pas sur le port 1, définir Port1Status à LINK_FAULT Sinon, définir Port1Status à BEACON_FAULT Si la liaison ne fonctionne pas sur le port 1, bloquer le transfert de trafic sur le port 1 Sinon, activer le transfert de trafic sur le port 1 et envoyer le message Learning_Update au port 1 Si la liaison ne fonctionne pas sur le port 2, définir Port2Status à LINK_FAULT Sinon, définir Port2Status à BEACON_FAULT Si la liaison ne fonctionne pas sur le port 2 ou si la liaison fonctionne sur le port 1, bloquer le transfert de trafic sur le port 2 Sinon, activer le transfert de trafic sur le port 2 et envoyer le message Learning_Update au port 2 Transition vers FAULT_STATE
2	FAULT_STATE	La liaison était interrompue, mais elle a été restaurée sur le port 1	Définir Port1Status à BEACON_FAULT Bloquer la transmission du trafic sur le port 2 Activer la transmission du trafic sur le port 1 Envoyer le message Learning_Update sur le port 1
3	FAULT_STATE	La liaison était interrompue, mais elle a été restaurée sur le port 2	Définir Port2Status à BEACON_FAULT Si la liaison ne fonctionne pas sur le port 1, activer le transfert de trafic sur le port 2 et envoyer le message Learning_Update au port 2
4	FAULT_STATE	La liaison fonctionnait, mais elle a été perdue sur le port 1	Définir Port1Status à LINK_FAULT Bloquer la transmission du trafic sur le port 1 Si la liaison fonctionne sur le port 2, activer le transfert de trafic sur le port 2 et envoyer le message Learning_Update au port 2

Événement n°	Etat en cours	Événement	Action(s)
5	FAULT_STATE	La liaison fonctionnait, mais elle a été perdue sur le port 2	Définir Port2Status à LINK_FAULT Bloquer la transmission du trafic sur le port 2
6	FAULT_STATE	Message Beacon reçu sur le port 1	Enregistrer la précédence et l'adresse MAC 1 de l'appareil Beacon du port 1 depuis le message Enregistrer l'intervalle Beacon, la temporisation Beacon, l'ID VLAN et l'intervalle d'échange de port actif depuis le message en tant que paramètres BRP en cours Définir Port1Bcn1Rcvd à TRUE Démarrer le temporisateur 1 de l'appareil Beacon du port 1 pour la durée de temporisation Beacon en cours Envoyer le message Path_Check_Request sur le port 1 à l'appareil Beacon 1 Définir LastPathChkReqTgt à 1 Définir PathChkRetryCnt à 1 Démarrer le temporisateur de demande de vérification de chemin pour la durée de l'intervalle de la demande de vérification du chemin en cours Démarrer le temporisateur d'échange de port actif pour la durée de l'intervalle d'échange de port actif en cours Définir Port1Status à BEACON_RECEIVED Transition vers PORT_1_ACTIVE_STATE

Événement n°	Etat en cours	Événement	Action(s)
7	FAULT_STATE	Message Beacon reçu sur le port 2	Enregistrer la précédente et l'adresse MAC de l'appareil Beacon 1 du port 2 depuis le message Enregistrer l'intervalle Beacon, la temporisation Beacon, l'ID VLAN et l'intervalle d'échange de port actif depuis le message en tant que paramètres BRP en cours Définir Port2Bcn1Rcvd à TRUE Démarrer le temporisateur de l'appareil Beacon 1 du port 2 pour la durée de temporisation Beacon en cours Si la liaison fonctionne sur le port 1, bloquer le transfert de trafic sur le port 1, activer le transfert de trafic sur le port 2 et envoyer le message Learning_Update au port 2 Envoyer le message Path_Check_Request sur le port 2 à l'appareil Beacon 1 Définir LastPathChkReqTgt à 1 Définir PathChkRetryCnt à 1 Démarrer le temporisateur de demande de vérification de chemin pour la durée de l'intervalle de la demande de vérification du chemin en cours Démarrer le temporisateur d'échange de port actif pour la durée de l'intervalle d'échange de port actif en cours Définir Port2Status à BEACON_RECEIVED Transition vers PORT_2_ACTIVE_STATE
8	PORT_1_ACTIVE_STATE	Message Beacon reçu sur le port 1 de l'appareil Beacon 1	Si Port1Bcn1Rcvd est FALSE, enregistrer la précédente et l'adresse MAC de l'appareil Beacon 1 du port 1 depuis le message Si la précédente dans le message est supérieure à la précédente de tous les appareils Beacon actuellement non temporisés sur le port 1 et le port 2 (ou, en cas d'interconnexion, l'adresse MAC source du message est numériquement supérieure à l'adresse MAC d'un appareil Beacon), enregistrer l'intervalle Beacon, la temporisation Beacon, l'ID VLAN et l'intervalle d'échange du port actif du message en tant que paramètres BRP en cours Définir Port1Bcn1Rcvd à TRUE Redémarrer le temporisateur de l'appareil Beacon 1 du port 1 pour la durée de temporisation Beacon en cours

Événement n°	Etat en cours	Événement	Action(s)
9	PORT_1_ACTIVE_STATE	Message Beacon reçu sur le port 1 de l'appareil Beacon 2	Si Port1Bcn2Rcvd est FALSE, enregistrer la précédence et l'adresse MAC de l'appareil Beacon 2 du port 1 depuis le message Si la précédence dans le message est supérieure à la précédence de tous les appareils Beacon actuellement non temporisés sur le port 1 et le port 2 (ou, en cas d'interconnexion, l'adresse MAC de la source du message est numériquement supérieure à l'adresse MAC d'un appareil Beacon), enregistrer l'intervalle Beacon, la temporisation Beacon, l'ID VLAN et l'intervalle d'échange du port actif du message en tant que paramètres BRP en cours Définir Port1Bcn2Rcvd à TRUE Redémarrer le temporisateur de l'appareil Beacon 2 du port 1 pour la durée de temporisation Beacon en cours
10	PORT_1_ACTIVE_STATE	Message Beacon reçu sur le port 1 de l'appareil Beacon 3	Si Port1Bcn3Rcvd est FALSE, enregistrer la précédence et l'adresse MAC de l'appareil Beacon 3 du port 1 depuis le message Si la précédence dans le message est supérieure à la précédence de tous les appareils Beacon actuellement non temporisés sur le port 1 et le port 2 (ou, en cas d'interconnexion, l'adresse MAC source du message est numériquement supérieure à l'adresse MAC d'un appareil Beacon), enregistrer l'intervalle Beacon, la temporisation Beacon, l'ID VLAN et l'intervalle d'échange du port actif du message en tant que paramètres BRP en cours Définir Port1Bcn3Rcvd à TRUE Redémarrer le temporisateur de l'appareil Beacon 3 du port 1 pour la durée de temporisation Beacon en cours
11	PORT_1_ACTIVE_STATE	Message Beacon reçu sur le port 2 de l'appareil Beacon 1	Si Port2Bcn1Rcvd est FALSE, enregistrer la précédence et l'adresse MAC de l'appareil Beacon1 du port 2 depuis le message Si la précédence dans le message est supérieure à la précédence de tous les appareils Beacon actuellement non temporisés sur le port 1 et le port 2 (ou, en cas d'interconnexion, l'adresse MAC source du message est numériquement supérieure à l'adresse MAC d'un appareil Beacon), enregistrer l'intervalle Beacon, la temporisation Beacon, l'ID VLAN et l'intervalle d'échange du port actif du message en tant que paramètres BRP en cours Définir Port2Bcn1Rcvd à TRUE Redémarrer le temporisateur de l'appareil Beacon1 du port 2 pour la durée de temporisation Beacon en cours Si Port2Status est BEACON_FAULT, définir Port2Status à BEACON_RECEIVED

Événement n°	Etat en cours	Événement	Action(s)
12	PORT_1_ACTIVE_STATE	Message Beacon reçu sur le port 2 de l'appareil Beacon 2	Si Port2Bcn2Rcvd est FALSE, enregistrer la précédence et l'adresse MAC de l'appareil Beacon 2 du port 2 depuis le message Si la précédence dans le message est supérieure à la précédence de tous les appareils Beacon actuellement non temporisés sur le port 1 et le port 2 (ou, en cas d'interconnexion, l'adresse MAC source du message est numériquement supérieure à l'adresse MAC d'un appareil Beacon), enregistrer l'intervalle Beacon, la temporisation Beacon, l'ID VLAN et l'intervalle d'échange du port actif du message en tant que paramètres BRP en cours Définir Port2Bcn2Rcvd à TRUE Redémarrer le temporisateur de l'appareil Beacon 2 du port 2 pour la durée de temporisation Beacon en cours Si Port2Status est BEACON_FAULT, définir Port2Status à BEACON_RECEIVED
13	PORT_1_ACTIVE_STATE	Message Beacon reçu sur le port 2 de l'appareil Beacon 3	Si Port2Bcn3Rcvd est FALSE, enregistrer la précédence et l'adresse MAC de l'appareil Beacon 3 du port 2 depuis le message Si la précédence dans le message est supérieure à la précédence de tous les appareils Beacon actuellement non temporisés sur le port 1 et le port 2 (ou, en cas d'interconnexion, l'adresse MAC source du message est numériquement supérieure à l'adresse MAC d'un appareil Beacon), enregistrer l'intervalle Beacon, la temporisation Beacon, l'ID VLAN et l'intervalle d'échange du port actif du message en tant que paramètres BRP en cours Définir Port2Bcn3Rcvd à TRUE Redémarrer le temporisateur de l'appareil Beacon 3 du port 2 pour la durée de temporisation Beacon en cours Si Port2Status est BEACON_FAULT, définir Port2Status à BEACON_RECEIVED
14	PORT_1_ACTIVE_STATE	La liaison fonctionnait, mais elle a été perdue sur le port 1	Définir Port1Bcn1Rcvd à FALSE Arrêter le temporisateur du port 1 de l'appareil Beacon 1 Définir Port1Bcn2Rcvd à FALSE Arrêter le temporisateur du port 1 de l'appareil Beacon 2 Définir Port1Bcn3Rcvd à FALSE Arrêter le temporisateur du port 1 de l'appareil Beacon 3 Définir Port1Status à LINK_FAULT Si Port2Bcn1Rcvd est TRUE ou si Port2Bcn2Rcvd est TRUE ou si Port2Bcn3Rcvd est TRUE, définir NextEvent à 1 Sinon, attribuer NextEvent à 2

Événement n°	Etat en cours	Événement	Action(s)
15	PORT_1_ACTIVE_STATE	La liaison fonctionnait, mais elle a été perdue sur le port 2	Définir Port2Bcn1Rcvd à FALSE Arrêter le temporisateur du port 2 de l'appareil Beacon 1 Définir Port2Bcn2Rcvd à FALSE Arrêter le temporisateur du port 2 de l'appareil Beacon 2 Définir Port2Bcn3Rcvd à FALSE Arrêter le temporisateur du port 2 de l'appareil Beacon 3 Définir Port2Status à LINK_FAULT
16	PORT_1_ACTIVE_STATE	La liaison était interrompue, mais elle a été restaurée sur le port 2	Définir Port2Status à BEACON_FAULT
17	PORT_1_ACTIVE_STATE	Temporisateur de l'appareil Beacon 1 du port 1 expiré	Définir Port1Bcn1Rcvd à FALSE Si Port1Bcn2Rcvd est TRUE ou si Port1Bcn3Rcvd est TRUE, renvoyer Définir Port1Status à BEACON_FAULT Si Port2Bcn1Rcvd est TRUE ou si Port2Bcn2Rcvd est TRUE ou si Port2Bcn3Rcvd est TRUE, définir NextEvent à 1 Sinon, attribuer NextEvent à 2
18	PORT_1_ACTIVE_STATE	Temporisateur de l'appareil Beacon 2 du port 1 expiré	Définir Port1Bcn2Rcvd à FALSE Si Port1Bcn1Rcvd est TRUE ou si Port1Bcn3Rcvd est TRUE, renvoyer Définir Port1Status à BEACON_FAULT Si Port2Bcn1Rcvd est TRUE ou si Port2Bcn2Rcvd est TRUE ou si Port2Bcn3Rcvd est TRUE, définir NextEvent à 1 Sinon, attribuer NextEvent à 2
19	PORT_1_ACTIVE_STATE	Temporisateur de l'appareil Beacon 3 du port 1 expiré	Définir Port1Bcn3Rcvd à FALSE Si Port1Bcn1Rcvd est TRUE ou si Port1Bcn2Rcvd est TRUE, renvoyer Définir Port1Status à BEACON_FAULT Si Port2Bcn1Rcvd est TRUE ou si Port2Bcn2Rcvd est TRUE ou si Port2Bcn3Rcvd est TRUE, définir NextEvent à 1 Sinon, attribuer NextEvent à 2
20	PORT_1_ACTIVE_STATE	Temporisateur de l'appareil Beacon 1 du port 2 expiré	Définir Port2Bcn1Rcvd à FALSE Si Port2Bcn2Rcvd est FALSE et si Port2Bcn3Rcvd est FALSE, définir Port2Status à BEACON_FAULT
21	PORT_1_ACTIVE_STATE	Temporisateur de l'appareil Beacon 2 du port 2 expiré	Définir Port2Bcn2Rcvd à FALSE Si Port2Bcn1Rcvd est FALSE et si Port2Bcn3Rcvd est FALSE, définir Port2Status à BEACON_FAULT
22	PORT_1_ACTIVE_STATE	Temporisateur de l'appareil Beacon 3 du port 2 expiré	Définir Port2Bcn3Rcvd à FALSE Si Port2Bcn1Rcvd est FALSE et si Port2Bcn2Rcvd est FALSE, définir Port2Status à BEACON_FAULT

Événement n°	Etat en cours	Événement	Action(s)
23	PORT_1_ACTIVE_STATE	Temporisateur d'intervalle de vérification de chemin expiré	Si PathChkRetryCnt est supérieur ou égal à la limite de relance de demande de vérification de chemin et si (Port2Bcn1Rcvd est TRUE ou si Port2Bcn2Rcvd est TRUE ou si Port2Bcn3Rcvd est TRUE), définir Port1Status à PATH_FAULT, définir NextEvent à 1 et revenir Sinon, si PathChkRetryCnt est supérieur ou égal à la limite de relance de demande de vérification de chemin, définir Port1Status à PATH_FAULT et définir set PathChkRetryCnt à 0 Envoyer le message Path_Check_Request à un des appareils Beacon qui n'est actuellement pas temporisé sur le port 1, selon une méthode interlaboratoires basée sur la valeur en cours de LastPathChkReqTgt. Mettre à jour LastPathChkReqTgt sur une valeur appropriée et incrémenter PathChkRetryCnt Redémarrer le temporisateur de demande de vérification de chemin pour la durée de l'intervalle de la demande de vérification du chemin en cours
24	PORT_1_ACTIVE_STATE	Message Path_Check_Response reçu	Définir PathChkRetryCnt à 0 Définir Port1Status à ACTIVE
25	PORT_1_ACTIVE_STATE	Le temporisateur d'échange de port actif a expiré	Si Port2Bcn1Rcvd est TRUE ou si Port2Bcn2Rcvd est TRUE ou si Port2Bcn3Rcvd est TRUE, définir Port1State à BEACON_RECEIVED et définir NextEvent à 1 Sinon, redémarrer le temporisateur d'échange de port actif pour la durée de l'intervalle d'échange de port actif en cours
26	PORT_1_ACTIVE_STATE	NextEvent est 1	Définir NextEvent à 0 Bloquer la transmission du trafic sur le port 1 Activer la transmission du trafic sur le port 2 Envoyer le message Learning_Update sur le port 2 Envoyer le message Path_Check_Request à un des appareils Beacon qui n'est actuellement pas temporisé sur le port 2. Mettre à jour LastPathChkReqTgt sur une valeur appropriée et définir PathChkRetryCnt à 1 Redémarrer le temporisateur de demande de vérification de chemin pour la durée de l'intervalle de la demande de vérification du chemin en cours Redémarrer le temporisateur d'échange de port actif pour la durée de l'intervalle d'échange de port actif en cours Transition vers PORT_2_ACTIVE_STATE

Événement n°	Etat en cours	Événement	Action(s)
27	PORT_1_ACTIVE_STATE	NextEvent est 2	Définir NextEvent à 0 Arrêter le temporisateur d'intervalle de demande de vérification de chemin Arrêter le temporisateur d'échange de port actif Si la liaison ne fonctionne pas sur le port 1, bloquer le transfert de trafic sur le port 1 Si la liaison ne fonctionne pas sur le port 1 et si la liaison fonctionne sur le port 2, activer le transfert de trafic sur le port 2 et envoyer le message Learning_Update au port 2 Transition vers FAULT_STATE
28	PORT_2_ACTIVE_STATE	Message Beacon reçu sur le port 2 de l'appareil Beacon 1	Si Port2Bcn1Rcvd est FALSE, enregistrer la précédence et l'adresse MAC de l'appareil Beacon 1 du port 2 depuis le message Si la précédence dans le message est supérieure à la précédence de tous les appareils Beacon actuellement non temporisés sur le port 1 et le port 2 (ou, en cas d'interconnexion, l'adresse MAC source du message est numériquement supérieure à l'adresse MAC d'un appareil Beacon), enregistrer l'intervalle Beacon, la temporisation Beacon, l'ID VLAN et l'intervalle d'échange du port actif du message en tant que paramètres BRP en cours Définir Port2Bcn1Rcvd à TRUE Redémarrer le temporisateur de l'appareil Beacon 1 du port 2 pour la durée de temporisation Beacon en cours
29	PORT_2_ACTIVE_STATE	Message Beacon reçu sur le port 2 de l'appareil Beacon 2	Si Port2Bcn2Rcvd est FALSE, enregistrer la précédence et l'adresse MAC de l'appareil Beacon 2 du port 2 depuis le message Si la précédence dans le message est supérieure à la précédence de tous les appareils Beacon actuellement non temporisés sur le port 1 et le port 2 (ou, en cas d'interconnexion, l'adresse MAC source du message est numériquement supérieure à l'adresse MAC d'un appareil Beacon), enregistrer l'intervalle Beacon, la temporisation Beacon, l'ID VLAN et l'intervalle d'échange du port actif du message en tant que paramètres BRP en cours Définir Port2Bcn2Rcvd à TRUE Redémarrer le temporisateur de l'appareil Beacon 2 du port 2 pour la durée de temporisation Beacon en cours

Événement n°	Etat en cours	Événement	Action(s)
30	PORT_2_ACTIVE_STATE	Message Beacon reçu sur le port 2 de l'appareil Beacon 3	Si Port2Bcn3Rcvd est FALSE, enregistrer la précédence et l'adresse MAC de l'appareil Beacon 3 du port 2 depuis le message Si la précédence dans le message est supérieure à la précédence de tous les appareils Beacon actuellement non temporisés sur le port 1 et le port 2 (ou, en cas d'interconnexion, l'adresse MAC de la source du message est numériquement supérieure à l'adresse MAC d'un appareil Beacon), enregistrer l'intervalle Beacon, la temporisation Beacon, l'ID VLAN et l'intervalle d'échange du port actif du message en tant que paramètres BRP en cours Définir Port2Bcn3Rcvd à TRUE Redémarrer le temporisateur de l'appareil Beacon 3 du port 2 pour la durée de temporisation Beacon en cours
31	PORT_2_ACTIVE_STATE	Message Beacon reçu sur le port 1 de l'appareil Beacon 1	Si Port1Bcn1Rcvd est FALSE, enregistrer la précédence et l'adresse MAC de l'appareil Beacon 1 du port 1 depuis le message Si la précédence dans le message est supérieure à la précédence de tous les appareils Beacon actuellement non temporisés sur le port 1 et le port 2 (ou, en cas d'interconnexion, l'adresse MAC source du message est numériquement supérieure à l'adresse MAC d'un appareil Beacon), enregistrer l'intervalle Beacon, la temporisation Beacon, l'ID VLAN et l'intervalle d'échange du port actif du message en tant que paramètres BRP en cours Définir Port1Bcn1Rcvd à TRUE Redémarrer le temporisateur de l'appareil Beacon 1 du port 1 pour la durée de temporisation Beacon en cours Si Port1Status est BEACON_FAULT, définir Port1Status à BEACON_RECEIVED

Événement n°	Etat en cours	Événement	Action(s)
32	PORT_2_ACTIVE_STATE	Message Beacon reçu sur le port 1 de l'appareil Beacon 2	Si Port1Bcn2Rcvd est FALSE, enregistrer la précédence et l'adresse MAC de l'appareil Beacon 2 du port 1 depuis le message Si la précédence dans le message est supérieure à la précédence de tous les appareils Beacon actuellement non temporisés sur le port 1 et le port 2 (ou, en cas d'interconnexion, l'adresse MAC source du message est numériquement supérieure à l'adresse MAC d'un appareil Beacon), enregistrer l'intervalle Beacon, la temporisation Beacon, l'ID VLAN et l'intervalle d'échange du port actif du message en tant que paramètres BRP en cours Définir Port1Bcn2Rcvd à TRUE Redémarrer le temporisateur de l'appareil Beacon 2 du port 1 pour la durée de temporisation Beacon en cours Si Port1Status est BEACON_FAULT, définir Port1Status à BEACON_RECEIVED
33	PORT_2_ACTIVE_STATE	Message Beacon reçu sur le port 1 de l'appareil Beacon 3	Si Port1Bcn3Rcvd est FALSE, enregistrer la précédence et l'adresse MAC de l'appareil Beacon 3 du port 1 depuis le message Si la précédence dans le message est supérieure à la précédence de tous les appareils Beacon actuellement non temporisés sur le port 1 et le port 2 (ou, en cas d'interconnexion, l'adresse MAC source du message est numériquement supérieure à l'adresse MAC d'un appareil Beacon), enregistrer l'intervalle Beacon, la temporisation Beacon, l'ID VLAN et l'intervalle d'échange du port actif du message en tant que paramètres BRP en cours Définir Port1Bcn3Rcvd à TRUE Redémarrer le temporisateur de l'appareil Beacon 3 du port 1 pour la durée de temporisation Beacon en cours Si Port1Status est BEACON_FAULT, définir Port1Status à BEACON_RECEIVED
34	PORT_2_ACTIVE_STATE	La liaison fonctionnait, mais elle a été perdue sur le port 2	Définir Port2Bcn1Rcvd à FALSE Arrêter le temporisateur du port 2 de l'appareil Beacon 1 Définir Port2Bcn2Rcvd à FALSE Arrêter le temporisateur du port 2 de l'appareil Beacon 2 Définir Port2Bcn3Rcvd à FALSE Arrêter le temporisateur du port 2 de l'appareil Beacon 3 Définir Port2Status à LINK_FAULT Si Port1Bcn1Rcvd est TRUE ou si Port1Bcn2Rcvd est TRUE ou si Port1Bcn3Rcvd est TRUE, définir NextEvent à 3 Sinon, attribuer NextEvent à 4

Événement n°	Etat en cours	Événement	Action(s)
35	PORT_2_ACTIVE_STATE	La liaison fonctionnait, mais elle a été perdue sur le port 1	Définir Port1Bcn1Rcvd à FALSE Arrêter le temporisateur du port 1 de l'appareil Beacon 1 Définir Port1Bcn2Rcvd à FALSE Arrêter le temporisateur du port 1 de l'appareil Beacon 2 Définir Port1Bcn3Rcvd à FALSE Arrêter le temporisateur du port 1 de l'appareil Beacon 3 Définir Port1Status à LINK_FAULT
36	PORT_2_ACTIVE_STATE	La liaison était interrompue, mais elle a été restaurée sur le port 1	Définir Port1Status à BEACON_FAULT
37	PORT_2_ACTIVE_STATE	Temporisateur de l'appareil Beacon 1 du port 2 expiré	Définir Port2Bcn1Rcvd à FALSE Si Port2Bcn2Rcvd est TRUE ou si Port2Bcn3Rcvd est TRUE, renvoyer Définir Port2Status à BEACON_FAULT Si Port1Bcn1Rcvd est TRUE ou si Port1Bcn2Rcvd est TRUE ou si Port1Bcn3Rcvd est TRUE, définir NextEvent à 3 Sinon, attribuer NextEvent à 4
38	PORT_2_ACTIVE_STATE	Temporisateur de l'appareil Beacon 2 du port 2 expiré	Définir Port2Bcn2Rcvd à FALSE Si Port2Bcn1Rcvd est TRUE ou si Port2Bcn3Rcvd est TRUE, renvoyer Définir Port2Status à BEACON_FAULT Si Port1Bcn1Rcvd est TRUE ou si Port1Bcn2Rcvd est TRUE ou si Port1Bcn3Rcvd est TRUE, définir NextEvent à 3 Sinon, attribuer NextEvent à 4
39	PORT_2_ACTIVE_STATE	Temporisateur de l'appareil Beacon 3 du port 2 expiré	Définir Port2Bcn3Rcvd à FALSE Si Port2Bcn1Rcvd est TRUE ou si Port2Bcn2Rcvd est TRUE, renvoyer Définir Port2Status à BEACON_FAULT Si Port1Bcn1Rcvd est TRUE ou si Port1Bcn2Rcvd est TRUE ou si Port1Bcn3Rcvd est TRUE, définir NextEvent à 3 Sinon, attribuer NextEvent à 4
40	PORT_2_ACTIVE_STATE	Temporisateur de l'appareil Beacon 1 du port 1 expiré	Définir Port1Bcn1Rcvd à FALSE Si Port1Bcn2Rcvd est FALSE et si Port1Bcn3Rcvd est FALSE, définir Port1Status à BEACON_FAULT
41	PORT_2_ACTIVE_STATE	Temporisateur de l'appareil Beacon 2 du port 1 expiré	Définir Port1Bcn2Rcvd à FALSE Si Port1Bcn1Rcvd est FALSE et si Port1Bcn3Rcvd est FALSE, définir Port1Status à BEACON_FAULT
42	PORT_2_ACTIVE_STATE	Temporisateur de l'appareil Beacon 3 du port 1 expiré	Définir Port1Bcn3Rcvd à FALSE Si Port1Bcn1Rcvd est FALSE et si Port1Bcn2Rcvd est FALSE, définir Port1Status à BEACON_FAULT

Événement n°	Etat en cours	Événement	Action(s)
43	PORT_2_ACTIVE_STATE	Temporisateur d'intervalle de vérification de chemin expiré	Si PathChkRetryCnt est supérieur ou égal à la limite de relance de demande de vérification de chemin et si (Port1Bcn1Rcvd est TRUE ou si Port1Bcn2Rcvd est TRUE ou si Port1Bcn3Rcvd est TRUE), définir Port2Status à PATH_FAULT, définir NextEvent à 3 et revenir Sinon, si PathChkRetryCnt est supérieur ou égal à la limite de relance de demande de vérification de chemin, définir Port2Status à PATH_FAULT et définir set PathChkRetryCnt à 0 Envoyer le message Path_Check_Request à un des appareils Beacon qui n'est actuellement pas temporisé sur le port 2, selon une méthode interlaboratoires basée sur la valeur en cours de LastPathChkReqTgt. Mettre à jour LastPathChkReqTgt sur une valeur appropriée et incrémenter PathChkRetryCnt Redémarrer le temporisateur de demande de vérification de chemin pour la durée de l'intervalle de la demande de vérification du chemin en cours
44	PORT_2_ACTIVE_STATE	Message Path_Check_Response reçu	Définir PathChkRetryCnt à 0 Définir Port2Status à ACTIVE
45	PORT_2_ACTIVE_STATE	Le temporisateur d'échange de port actif a expiré	Si Port1Bcn1Rcvd est TRUE ou si Port1Bcn2Rcvd est TRUE ou si Port1Bcn3Rcvd est TRUE, définir Port2State à BEACON_RECEIVED et définir NextEvent à 3 Sinon, redémarrer le temporisateur d'échange de port actif pour la durée de l'intervalle d'échange de port actif en cours
46	PORT_2_ACTIVE_STATE	NextEvent est 3	Définir NextEvent à 0 Bloquer la transmission du trafic sur le port 2 Activer la transmission du trafic sur le port 1 Envoyer le message Learning_Update sur le port 1 Envoyer le message Path_Check_Request à un des appareils Beacon qui n'est actuellement pas temporisé sur le port 1. Mettre à jour LastPathChkReqTgt sur une valeur appropriée et définir PathChkRetryCnt à 1 Redémarrer le temporisateur de demande de vérification de chemin pour la durée de l'intervalle de la demande de vérification du chemin en cours Redémarrer le temporisateur d'échange de port actif pour la durée de l'intervalle d'échange de port actif en cours Transition vers PORT_1_ACTIVE_STATE

Événement n°	Etat en cours	Événement	Action(s)
47	PORT_2_ACTIVE_STATE	NextEvent est 4	Définir NextEvent à 0 Arrêter le temporisateur d'intervalle de demande de vérification de chemin Arrêter le temporisateur d'échange de port actif Si la liaison ne fonctionne pas sur le port 2 ou si la liaison fonctionne sur le port 1, bloquer le transfert de trafic sur le port 2 Si la liaison fonctionne sur le port 1, activer le transfert de trafic sur le port 1 et envoyer le message Learning_Update au port 1 Transition vers FAULT_STATE

7.5 Appareil Beacon

7.5.1 Diagramme d'état

La Figure 6 montre le diagramme d'état d'un appareil Beacon.

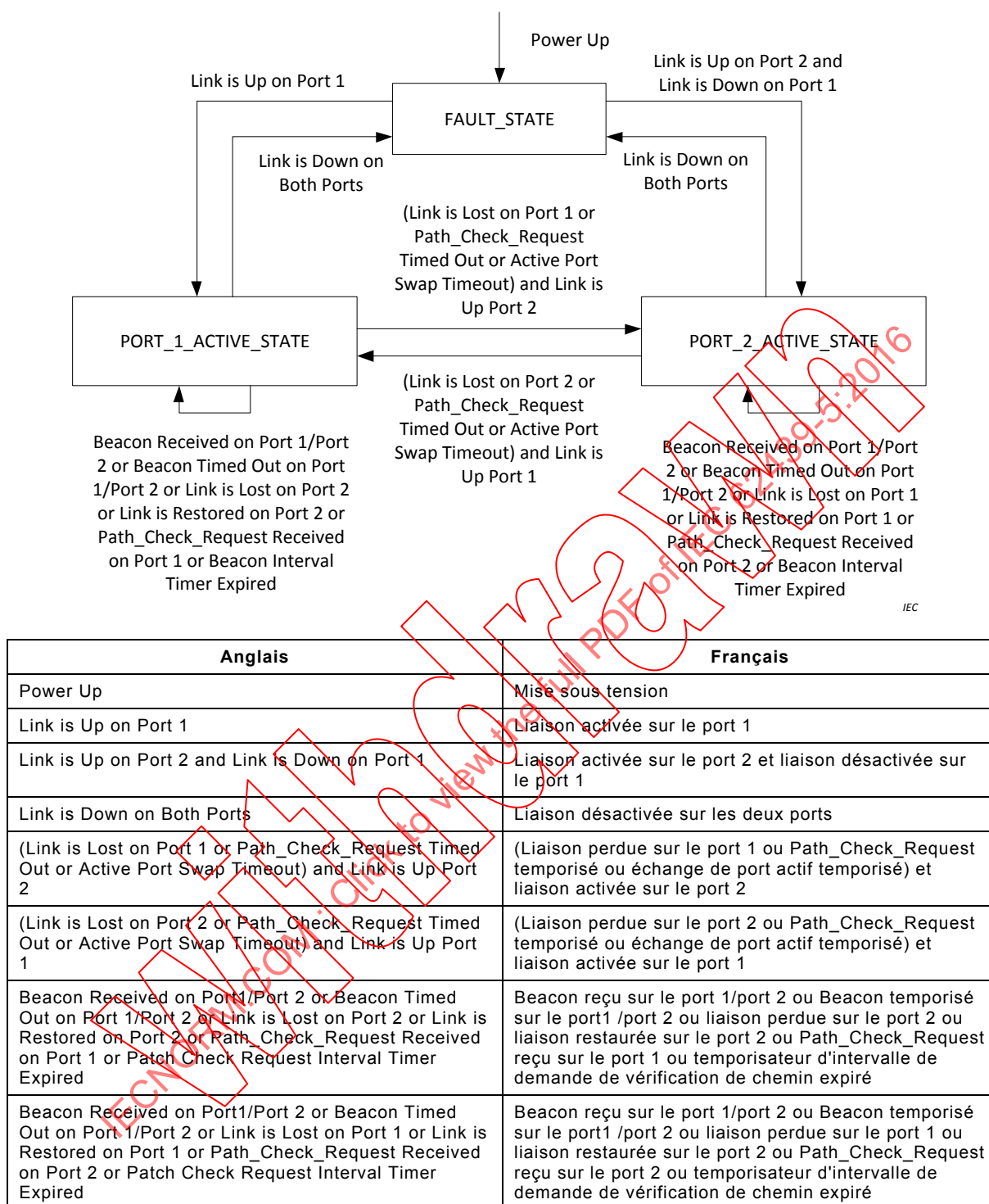


Figure 6 – Diagramme d'état de l'appareil Beacon

7.5.2 Mise en service

Un appareil Beacon activé doit démarrer en FAULT_STATE et, quand la liaison est activée sur le port 1 ou sur le port 2, il doit passer à PORT_1_ACTIVE_STATE ou à PORT_2_ACTIVE_STATE respectivement. Cela doit désactiver l'apprentissage de l'adresse MAC à diffusion individuelle sur les deux ports BRP ou cela doit vider la table d'apprentissage de l'adresse MAC à diffusion individuelle à chaque fois qu'un nouveau port devient un port actif. Dès qu'un port devient le port actif, un appareil Beacon doit transmettre un message Learning_Update comme premier message sur son nouveau port actif pour mettre à jour la topologie de réseau dans les commutateurs de l'infrastructure. Il doit ensuite envoyer un message Beacon depuis son port actif, puis il doit démarrer son temporisateur

d'intervalle Beacon pour envoyer des messages Beacon depuis son port actif une fois à chaque intervalle Beacon.

7.5.3 Fonctionnement normal

Les appareils Beacon doivent prendre en charge des mécanismes indépendants pour recevoir, suivre et temporiser les messages Beacon pour un maximum de trois appareils Beacon sur chacun de leurs ports BRP. Un appareil Beacon doit se considérer comme l'appareil Beacon 1. Quand un message Beacon d'un nouvel appareil Beacon est reçu sur un port, un appareil Beacon doit enregistrer l'adresse MAC de l'appareil Beacon, son adresse IP et sa précedence à partir du message Beacon. Si la précedence du nouvel appareil Beacon est supérieure à celle de tous les appareils Beacon (y compris eux-mêmes) actuellement non temporisés sur les deux ports, elle doit enregistrer les paramètres d'exploitation BRP en cours (ID VLAN, intervalle Beacon, temporisation Beacon et intervalle d'échange de port actif) depuis le message Beacon et elle doit remplacer les paramètres configurés correspondants. En cas d'égalité de précedence lors de la comparaison entre deux appareils Beacon, l'appareil avec l'adresse MAC numérique la plus élevée doit être considéré comme celui avec la précedence la plus élevée.

Quand un appareil Beacon reçoit un message Path_Check_Request sur son port actif, il doit envoyer un message Path_Check_Response sur son port actif à l'appareil demandeur. Il doit maintenir un temporisateur de temporisation de demande de vérification de chemin qui doit être redémarré à chaque fois qu'un message Path_Check_Request est reçu sur le port actif.

Un appareil Beacon doit toujours utiliser l'adresse MAC unique d'un appareil pour tout le trafic envoyé depuis/vers son port actif. Lors de la bascule du port actif, l'adresse MAC de l'appareil doit toujours être associée à son port actif en cours.

Un appareil Beacon ne doit pas transférer de trafic vers/depuis l'UC sur son port de secours, sauf pour certains messages spéciaux. Les messages spéciaux à transférer depuis le réseau vers l'UC sur son port de secours sont les messages Beacon.

Un appareil Beacon doit échanger son port actif avec son port de secours et vice versa à l'expiration du temporisateur d'intervalle d'échange de port actif si le port de secours est opérationnel.

7.5.4 Détection de panne

Un appareil Beacon doit déclarer un LINK_FAULT sur un port actif ou de secours qui a été victime d'une panne de la couche physique.

Un appareil Beacon doit déclarer un PATH_FAULT sur le port actif, si aucun message Path_Check_Request n'est reçu pour la durée de temporisation de demande de vérification de chemin.

Quand une panne est déclarée sur le port actif, un appareil Beacon doit basculer son port actif vers le port de secours et vice versa, si le port de secours est opérationnel. Un appareil Beacon doit passer à FAULT_STATE si les deux ports sont en LINK_FAULT.

Quand les deux ports sont à l'état PATH_FAULT, un appareil Beacon doit faire un essai sur chaque port à tour de rôle, une fois pour chaque durée de temporisation de demande de vérification de chemin; il bascule pour cela entre PORT_1_ACTIVE_STATE et PORT_2_ACTIVE_STATE, jusqu'à ce qu'un chemin valide vers un appareil d'extrémité soit trouvé.

7.5.5 Modification des paramètres BRP

Quand les nouvelles valeurs de précedence, d'intervalle Beacon, de temporisation Beacon, d'ID VLAN ou d'intervalle d'échange de port actif sont configurées sur un appareil Beacon, un comportement spécial doit être respecté.

Si la précedence n'a pas été modifiée et si la valeur de précedence d'elle-même est inférieure aux valeurs de précedence des autres appareils Beacon non temporisés sur le port 1 et le port 2 (ou, en cas d'égalité de précedence, l'adresse MAC d'elle-même est inférieure à l'adresse MAC de l'autre appareil Beacon), toute modification de l'intervalle Beacon, de la temporisation Beacon, de l'ID VLAN et de l'intervalle d'échange de port actif doit être ignorée.

Si une nouvelle valeur de précedence a été configurée et si la nouvelle valeur de précedence est inférieure aux valeurs de précedence des autres appareils Beacon non temporisés sur le port 1 et le port 2 (ou, en cas d'égalité de précedence, l'adresse MAC d'elle-même est inférieure à l'adresse MAC de l'autre appareil Beacon), toute modification apportée aux valeurs d'intervalle Beacon, de temporisation Beacon, d'ID VLAN et d'intervalle d'échange de port actif doit être ignorée et l'appareil Beacon doit arrêter l'exécution du diagramme d'états de l'appareil Beacon et doit arrêter d'envoyer des messages Beacon pour une durée de 2 fois la période de temporisation Beacon. A l'issue de ce délai, le diagramme d'états de l'appareil Beacon doit démarrer comme au démarrage. Ce comportement doit garantir que les autres appareils Beacon et d'extrémité temporiseront les messages Beacon reçus depuis l'appareil nouvellement configuré et extrairont la nouvelle valeur de précedence à la reprise de l'exécution de l'appareil configuré.

Si la valeur de précedence configurée (nouvelle ou inchangée) d'elle-même est supérieure aux valeurs de précedence des autres appareils Beacon non temporisés sur le port 1 et le port 2 (ou, en cas d'égalité de précedence, l'adresse MAC d'elle-même est supérieure à l'adresse MAC de l'autre appareil Beacon), l'appareil Beacon doit arrêter l'exécution du diagramme d'états de l'appareil Beacon et doit arrêter d'envoyer des messages Beacon pour une durée de 2 fois l'ancienne période de temporisation Beacon. A l'issue de ce délai, le diagramme d'états de l'appareil Beacon doit démarrer comme au démarrage. Ce comportement doit garantir que les autres appareils Beacon et d'extrémité temporiseront les messages Beacon reçus depuis l'appareil nouvellement configuré et extrairont les nouveaux paramètres configurés à la reprise de l'exécution de l'appareil configuré.

7.5.6 Tableau State-Event-Action

Le Tableau 3 énumère les valeurs des paramètres d'un appareil Beacon.

Tableau 3 – Valeurs de paramètre de l'appareil Beacon

Paramètre	Valeur
Activation de la fonction Beacon	Comme configuré dans le LRE
Adresse MAC de l'appareil Beacon 1 du port 1	Adresse MAC de lui-même, comme fabriqué
Précédence de l'appareil Beacon 1 du port 1	Précédence automatique comme configuré dans le LRE
Adresse MAC de l'appareil Beacon 2 du port 1	Obtenue à partir du message Beacon
Précédence de l'appareil Beacon 2 du port 1	Obtenue à partir du message Beacon
Adresse MAC de l'appareil Beacon 3 du port 1	Obtenue à partir du message Beacon
Précédence de l'appareil Beacon 3 du port 1	Obtenue à partir du message Beacon
Adresse MAC de l'appareil Beacon 1 du port 2	Adresse MAC de lui-même, comme fabriqué
Précédence de l'appareil Beacon 1 du port 2	Comme configuré dans le LRE
Adresse MAC de l'appareil 2 du Beacon du port 2	Obtenue à partir du message Beacon
Précédence de l'appareil Beacon 2 du port 2	Obtenue à partir du message Beacon
Adresse MAC de l'appareil Beacon 3 du port 2	Obtenue à partir du message Beacon
Précédence de l'appareil Beacon 3 du port 2	Obtenue à partir du message Beacon
Intervalle de Beacon en cours	Comme configuré dans le LRE
Délai d'attente de Beacon en cours	Comme configuré dans le LRE
Intervalle de demande de vérification du chemin en cours	Temporisation de Beacon en cours 1 fois
Intervalle d'échange de port actif en cours	Comme configuré dans le LRE
ID VLAN BRP en cours	Comme configuré dans le LRE
Temporisation de demande de vérification de chemin	Intervalle de demande de vérification du chemin en cours 2 fois

Les énoncés suivants s'appliquent au tableau State-Event-Action d'un appareil Beacon (voir le Tableau 4):

- Si l'activation de la fonction Beacon est FALSE, un appareil Beacon BRP doit exécuter le diagramme d'états de l'appareil d'extrémité BRP au démarrage. Si l'activation de la fonction Beacon est définie à FALSE lors de l'exécution du diagramme d'états de l'appareil Beacon BRP, un appareil Beacon BRP doit immédiatement arrêter l'exécution du diagramme d'états et doit commencer l'exécution du diagramme d'états de l'appareil d'extrémité BRP. Si l'activation de la fonction Beacon est définie à TRUE lors de l'exécution du diagramme d'états de l'appareil d'extrémité BRP, un appareil Beacon BRP doit immédiatement arrêter l'exécution du diagramme d'états de l'appareil d'extrémité et commencer l'exécution du diagramme d'états de l'appareil Beacon BRP immédiatement.
- L'apprentissage de l'adresse MAC à diffusion individuelle doit être désactivé sur les deux ports BRP ou la table d'apprentissage de l'adresse MAC à diffusion individuelle doit être vidée à chaque fois qu'un nouveau port devient actif.
- L'adresse MAC 11-22-33-44-55-66 doit être codée 0x112233445566 pour comparaison numérique en cas d'égalité de précédence de l'appareil de Beacon.
- Port1Bcn1Rcvd, Port1Bcn2Rcvd, Port1Bcn3Rcvd sont des variables booléennes qui indiquent si les appareils Beacon 1 (lui-même), 2 et 3 respectivement sont actuellement reçus sur le port 1. Port2Bcn1Rcvd, Port2Bcn2Rcvd, Port2Bcn3Rcvd sont des variables booléennes qui indiquent si les appareils Beacon 1 (lui-même), 2 et 3 respectivement sont actuellement reçus sur le port 2. Une valeur TRUE indique que les messages Beacon de l'appareil Beacon respectif sont actuellement reçus. Une valeur FALSE indique qu'un message Beacon de l'appareil Beacon respectif n'a jamais été reçu ou que la réception du message Beacon de l'appareil Beacon respectif a expiré. Ces variables sont exposées via des attributs du LRE.
- NextEvent est une variable d'événement virtuel qui déclenche un ensemble commun d'actions. Elle peut prendre la valeur 0, 1, 2, 3 ou 4. Quand la valeur NextEvent est modifiée, l'événement virtuel associé doit avoir la priorité la plus élevée parmi les événements en attente et les actions associées à l'événement virtuel doivent être exécutées immédiatement.

- Les variables Port1Status et Port2Status indiquent respectivement les statuts du port 1 et du port 2. Elles sont exposées via les services BRP.
- Quand les nouvelles valeurs de précedence, d'intervalle Beacon, de temporisation Beacon, d'ID VLAN et d'intervalle d'échange de port actif sont configurées sur un appareil Beacon qui exécute le diagramme d'états de l'appareil Beacon, un comportement spécial doit être respecté. Si la précedence n'a pas été modifiée et si la valeur de précedence d'elle-même est inférieure aux valeurs de précedence des autres appareils Beacon non temporisés sur le port 1 et le port 2 (ou, en cas d'égalité de précedence l'adresse MAC d'elle-même est inférieure à l'adresse MAC de l'autre appareil Beacon), toute modification de l'intervalle Beacon, de la temporisation Beacon, de l'ID VLAN et de l'intervalle d'échange de port actif doit être ignorée. Si une nouvelle valeur de précedence a été configurée et si la nouvelle valeur de précedence est inférieure aux valeurs de précedence des autres appareils Beacon non temporisés sur le port 1 et le port 2 (ou, en cas d'égalité de précedence, l'adresse MAC d'elle-même est inférieure à l'adresse MAC de l'autre appareil Beacon), toute modification apportée aux valeurs d'intervalle Beacon, de temporisation Beacon, d'ID VLAN et d'intervalle d'échange de port actif doit être ignorée et l'appareil Beacon doit arrêter l'exécution du diagramme d'états de l'appareil Beacon et doit arrêter d'envoyer des messages Beacon pour une durée de 2 fois la période de temporisation Beacon. A l'issue de ce délai, le diagramme d'états de l'appareil Beacon doit démarrer à partir de l'événement 1 dans le Tableau 4. L'envoi des messages Path_Check_Response doit continuer pour les messages Path_Check_Request reçus pendant la période de délai total du message Beacon. Si la valeur de précedence configurée (nouvelle ou inchangée) d'elle-même est supérieure aux valeurs de précedence des autres appareils Beacon non temporisés sur le port 1 et le port 2 (ou, en cas d'égalité de précedence, l'adresse MAC d'elle-même est supérieure à l'adresse MAC de l'autre appareil Beacon), l'appareil Beacon doit arrêter l'exécution du diagramme d'états de l'appareil Beacon et doit arrêter d'envoyer des messages Beacon pour une durée de 2 fois l'ancienne période de temporisation Beacon. A l'issue de ce délai, le diagramme d'états de l'appareil Beacon doit démarrer à partir de l'événement 1 dans le Tableau 4. L'envoi des messages Path_Check_Response doit continuer pour les messages Path_Check_Request reçus pendant la période de délai total du message Beacon.
- Les événements et les actions associés au temporisateur d'échange de port actif ne sont applicables que quand l'intervalle d'échange de port actif en cours est supérieur à 0. La valeur 0 indique que l'échange de port actif a été désactivé.
- Dans les événements 10, 11, 13, 14, 29, 30, 32 et 33, quand les nouvelles valeurs d'intervalle Beacon, de temporisation Beacon, d'ID VLAN et d'intervalle d'échange de port actif sont enregistrées, les temporisateurs d'appareil Beacon actuellement actifs, le temporisateur d'intervalle Beacon, le temporisateur de temporisation de vérification de chemin et le temporisateur d'échange de port actif doivent être immédiatement redémarrés avec les nouvelles valeurs.

Tableau 4 – Tableau State-Event-Action de l'appareil Beacon

Événement n°	Etat en cours	Événement	Action(s)
1	Aucune	Mettre sous tension	Initialiser Définir Port1Bcn1Rcvd à FALSE Définir Port1Bcn2Rcvd à FALSE Définir Port1Bcn3Rcvd à FALSE Définir Port2Bcn1Rcvd à FALSE Définir Port2Bcn2Rcvd à FALSE Définir Port2Bcn3Rcvd à FALSE Définir NextEvent à 0 Définir Port1Status à LINK_FAULT Définir Port2Status à LINK_FAULT Bloquer la transmission du trafic sur le port 1 Bloquer la transmission du trafic sur le port 2 Transition vers FAULT_STATE
2	FAULT_STATE	La liaison était interrompue, mais elle a été restaurée sur le port 1 ou la liaison est fonctionnelle sur le port 1 après la mise sous tension	Activer la transmission du trafic sur le port 1 Envoyer le message Learning_Update sur le port 1 Définir Port1Status à ACTIVE Envoyer le message Beacon sur le port 1 Démarrer le temporisateur d'intervalle Beacon pour la durée d'intervalle Beacon en cours Démarrer le temporisateur de temporisation de vérification de chemin pour la durée de temporisation de la demande de vérification du chemin en cours Démarrer le temporisateur d'échange de port actif pour la durée de l'intervalle d'échange de port actif en cours Transition vers PORT_1_ACTIVE_STATE
3	FAULT_STATE	(La liaison était interrompue, mais elle a été restaurée sur le port 2 ou la liaison est fonctionnelle sur le port 2 après la mise sous tension) et la liaison est interrompue sur le port 1	Activer la transmission du trafic sur le port 2 Envoyer le message Learning_Update sur le port 2 Définir Port2Status à ACTIVE Envoyer le message Beacon sur le port 2 Démarrer le temporisateur d'intervalle Beacon pour la durée d'intervalle Beacon en cours Démarrer le temporisateur de temporisation de vérification de chemin pour la durée de temporisation de la demande de vérification du chemin en cours Démarrer le temporisateur d'échange de port actif pour la durée de l'intervalle d'échange de port actif en cours Transition vers PORT_2_ACTIVE_STATE
4	PORT_1_ACTIVE_STATE	Temporisateur d'intervalle Beacon expiré	Envoyer le message Beacon sur le port 1 Redémarrer le temporisateur d'intervalle Beacon pour la durée d'intervalle Beacon en cours