

**SPÉCIFICATION
TECHNIQUE**

**CEI
IEC**

**TECHNICAL
SPECIFICATION**

TS 61334-5-3

Première édition
First edition
2001-01

**Automatisation de la distribution à l'aide de
systèmes de communication à courants porteurs –**

**Partie 5-3:
Profils des couches basses – Profil SS-AW
(Spread Spectrum Adaptive Wideband)**

**Distribution automation using distribution line
carrier systems –**

**Part 5-3:
Lower-layer profiles – Spread spectrum adaptive
wideband (SS-AW) profile**



Numéro de référence
Reference number
IEC/TS 61334-5-3:2001

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique. Des renseignements relatifs à cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- **Site web de la CEI** (www.iec.ch)
- **Catalogue des publications de la CEI**

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/catlg-f.htm) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- **IEC Just Published**

Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/JP.htm) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- **Service clients**

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology. Information relating to this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- **IEC Web Site** (www.iec.ch)
- **Catalogue of IEC publications**

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/catlg-e.htm) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- **IEC Just Published**

This summary of recently issued publications (www.iec.ch/JP.htm) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- **Customer Service Centre**

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

SPÉCIFICATION
TECHNIQUE

CEI
IEC

TECHNICAL
SPECIFICATION

TS 61334-5-3

Première édition
First edition
2001-01

**Automatisation de la distribution à l'aide de
systèmes de communication à courants porteurs –**

**Partie 5-3:
Profils des couches basses – Profil SS-AW
(Spread Spectrum Adaptive Wideband)**

**Distribution automation using distribution line
carrier systems –**

**Part 5-3:
Lower-layer profiles – Spread spectrum adaptive
wideband (SS-AW) profile**

© IEC 2001 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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'éditeur.

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 the publisher.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

S

*Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue*

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
Articles	
1 Généralités	8
1.1 Domaine d'application et objet	8
1.2 Références normatives	8
2 Couche physique	10
2.1 Objectif.....	10
2.2 Présentation	10
2.3 Méthode de modulation.....	10
2.3.1 Méthode de diffusion.....	10
2.3.2 Modulation binaire des données brutes	10
2.4 Méthode de transmission	10
2.4.1 Objectif.....	10
2.4.2 Séquence de bits et d'octets	10
2.4.3 Préambule (Pre)	12
2.4.4 Correction d'erreurs sans voie de retour (FEC).....	12
2.4.5 Intervalle intertrames	12
2.5 Spécification des services de la couche physique.....	14
2.5.1 Présentation	14
2.5.2 P_DATA.request	14
2.5.3 P_DATA.confirm	16
2.5.4 P_DATA.indication.....	16
2.6 Envoi et réception de sous-couches physiques.....	18
2.6.1 Envoi	18
2.6.2 Réception	18
3 Sous-couche MAC	18
3.1 Spécification des services de la sous-couche MAC	18
3.1.1 Présentation	20
3.1.2 MA_DATA.request	22
3.1.3 MA_DATA.confirm	24
3.1.4 MA_DATA.indication	24
3.2 Formats de trames	26
3.2.1 Composants de trame.....	26
3.2.2 Liste des types de trames	30
3.2.3 Valeurs du champ d'en-tête de trame.....	38
3.2.4 Trames incorrectes	38
3.3 Fonctionnement de la sous-couche MAC	40
3.3.1 Présentation	40
3.3.2 Echange de paquets de données	40
3.3.3 Echange de paquets de données de diffusion.....	42
3.3.4 Echange d'invitation à émettre	42
3.3.5 Echange du jeton	44

CONTENTS

	Page
FOREWORD.....	5
Clause	
1 General	9
1.1 Scope and object.....	9
1.2 Normative references	9
2 Physical layer	11
2.1 Purpose.....	11
2.2 Overview	11
2.3 Modulation method	11
2.3.1 Spreading method.....	11
2.3.2 Raw data bit modulation.....	11
2.4 Transmission method	11
2.4.1 Purpose.....	11
2.4.2 Bit and byte ordering.....	11
2.4.3 Preamble (Pre)	13
2.4.4 Forward error correction (FEC)	13
2.4.5 Interframe gap	13
2.5 Physical layer services specification.....	15
2.5.1 Overview	15
2.5.2 P_DATA.request	15
2.5.3 P_DATA.confirm	17
2.5.4 P_DATA.indication.....	17
2.6 Sending and receiving physical sublayer	19
2.6.1 Sending	19
2.6.2 Receiving.....	19
3 Medium access control (MAC) sublayer.....	19
3.1 MAC sublayer service specification	19
3.1.1 Overview	21
3.1.2 MA_DATA.request	23
3.1.3 MA_DATA.confirm	25
3.1.4 MA_DATA.indication	25
3.2 Frame formats.....	27
3.2.1 Frame components	27
3.2.2 Enumeration of frame types	31
3.2.3 Frame header field values.....	39
3.2.4 Invalid Frames	39
3.3 MAC sublayer operation.....	41
3.3.1 Overview	41
3.3.2 Data packet exchange	41
3.3.3 Broadcast data packet exchange.....	43
3.3.4 Polling Exchange	43
3.3.5 Token exchange	45

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

AUTOMATISATION DE LA DISTRIBUTION À L'AIDE DE SYSTÈMES DE COMMUNICATION À COURANTS PORTEURS –

Partie 5-3: Profils des couches basses – Profil SS-AW (Spread Spectrum Adaptive Wideband)

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente spécification technique peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La tâche principale des comités d'études de la CEI est l'élaboration des Normes internationales. Exceptionnellement, un comité d'études peut proposer la publication d'une spécification technique

- lorsqu'en dépit de maints efforts, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale, ou
- lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou quand, pour une raison quelconque, la possibilité d'un accord pour la publication d'une Norme internationale peut être envisagée pour l'avenir mais pas dans l'immédiat.

La CEI 61334-5-3, qui est une spécification technique, a été établie par le comité d'études 57 de la CEI: Conduite des systèmes de puissance et communications associées.

Le texte de cette spécification technique est issu des documents suivants:

Projet d'enquête	Rapport de vote
57/423/CDV	57/475/RVC

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

DISTRIBUTION AUTOMATION USING DISTRIBUTION LINE CARRIER SYSTEMS –

Part 5-3: Lower-layer profiles – Spread spectrum adaptive wideband (SS-AW) profile

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the 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, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 the 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 National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this technical specification may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. In exceptional circumstances, a technical committee may propose the publication of a technical specification when

- the required support cannot be obtained for the publication of an International Standard, despite repeated efforts, or
- the subject is still under technical development or where, for any other reason, there is the future but no immediate possibility of an agreement on an International Standard.

IEC 61334-5-3, which is a technical specification, has been prepared by IEC technical committee 57: Power system control and associated communications.

The text of this technical specification is based on the following documents:

Enquiry draft	Report on voting
57/423/CDV	57/475/RVC

Full information on the voting for the approval of this technical specification 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 3.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2004. A cette date, la publication sera

- transformée en Norme internationale;
- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2004. At this date, the publication will be

- transformed into an International Standard;
- reconfirmed;
- withdrawn;
- replaced by a revised edition, or
- amended.

AUTOMATISATION DE LA DISTRIBUTION À L'AIDE DE SYSTÈMES DE COMMUNICATION À COURANTS PORTEURS –

Partie 5-3: Profils des couches basses – Profil SS-AW (Spread Spectrum Adaptive Wideband)

1 Généralités

1.1 Domaine d'application et objet

Cette spécification technique décrit les exigences de l'approche SS-AW (Spread Spectrum Adaptive Wideband) qui intègre les services fournis par la couche physique et la sous-couche MAC (Medium Access Control, contrôle d'accès au support). Il est supposé que le support de transmission constitue le réseau de distribution sur les niveaux MT et BT. La sous-couche MAC décrite dans cette spécification sert d'interface avec la couche LLC (Logical Link Control, contrôle de liaison logique) décrite dans la CEI 61334-4-32.

Les caractéristiques d'atténuation de bruit et de signal des réseaux MT et BT requièrent une approche hiérarchique, où les méthodes de modulation/démodulation, de synchronisation, d'égalisation, de codage du contrôle d'erreurs et de contrôle d'accès au support sont spécifiquement conçues pour cet environnement de communications hostile. Cette approche inclut un protocole de liaison bas niveau au sein de la sous-couche MAC, qui intègre certaines fonctions généralement associées à une procédure de commande de la liaison de données. Cette spécification décrit une approche hiérarchique, basée sur une couche physique à large spectre dotée d'une synchronisation rapide permettant des transmissions de courte durée et une égalisation automatique. Le tout associé à un protocole de liaison bas niveau, une utilisation efficace de la correction et de la détection d'erreurs et une gestion sûre de l'accès au support fournit une plate-forme fiable et sûre pour la sous-couche LLC.

L'adaptabilité de cette approche se réfère à la méthode d'égalisation utilisée pour compenser les variations temporelles caractérisant les altérations des canaux de communication. Il faut que le récepteur sélectionne les valeurs d'égalisation appropriées pour s'adapter aux fluctuations des caractéristiques du canal, qui peuvent être spécifiques au nœud, sur la base d'une trame, pour atteindre des performances optimales. Les paramètres d'égalisation sont ajustés en fonction de diverses mesures de qualité disponibles fournies par la trame reçue, par exemple la distance de Hamming du préambule de synchronisation, le statut sans erreur de l'en-tête de trame et du bloc de données, le cas échéant, ou l'échec de réception de la réponse attendue. Ces méthodes d'égalisation sont réputées et la méthode précise est définie par la mise en application particulière de cette spécification, permettant ainsi un équilibre entre les coûts et les performances et des améliorations futures sans perte de compatibilité.

1.2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 61334. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 61334 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 61334-4-32:1996, *Automatisation de la distribution à l'aide de systèmes de communication à courants porteurs – Partie 4: Protocoles de communication de données – Section 32: Couche liaison de données – Contrôle de liaison logique (LLC)*

DISTRIBUTION AUTOMATION USING DISTRIBUTION LINE CARRIER SYSTEMS –

Part 5-3: Lower-layer profiles – Spread spectrum adaptive wideband (SS-AW) profile

1 General

1.1 Scope and object

This specification describes the requirements of the spread spectrum adaptive wideband (SS-AW) approach which incorporates the services provided by the physical layer entity and the MAC sublayer. The transmission medium is assumed to be the distribution network on both the MV or LV level. The MAC sublayer described in this specification interfaces with the logical link control (LLC) layer described in IEC 61334-4-32.

The noise and signal attenuation characteristics of the MV and LV networks require a hierarchical approach, where methods for modulation/demodulation, synchronization, equalization, error control coding, and media access control are designed specifically for this hostile communications environment. This approach includes a low-level link protocol within the MAC sublayer that incorporates some functions generally associated with a data link control procedure. This specification describes such a hierarchical approach based on a spread spectrum physical layer with fast synchronization enabling short-duration transmissions and adaptive equalization. This coupled with a low-level link protocol, the effective utilization of error correction and detection, and robust medium access management provides a robust, reliable platform for the LLC sublayer.

The adaptive component of this approach refers to the equalization method used to compensate for the time-varying nature of the communication channel impairments. The receiver must select appropriate equalization values to adapt to the changing channel characteristics, which can be node-specific, on a frame basis to achieve optimal performance. The equalization parameters are adjusted based on various quality metrics available from the received frame, for example, the Hamming distance of the synchronization preamble, the error-free status of the frame header and data block, if present, or the failure to receive an expected response. The equalization methods are well-known and the precise method is determined by the particular implementation of this specification. This allows cost/performance trade-offs and future improvements to occur without losing compatibility.

1.2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 61334. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this part of IEC 61334 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 61334-4-32:1996, *Distribution automation using distribution line carrier systems – Part 4: Data communication protocols – Section 32: Data link layer – Logical link control (LLC)*

2 Couche physique

2.1 Objectif

Le présent article décrit les services requis par la couche physique au niveau de l'interface logique avec la sous-couche MAC. Elle définit également le mode de transmission utilisé pour transmettre le flux d'informations via le réseau de distribution basse tension.

2.2 Présentation

La couche physique fournit l'interface avec la sous-couche MAC permettant de transmettre des unités de données vers le support physique.

2.3 Méthode de modulation

L'émetteur doit générer un signal à large bande correspondant au signal défini aux paragraphes 2.3.1 et 2.3.2 avec une fréquence centrale f_0 et une largeur de bande de signal nul-à-nul comprise entre $f_0/2$ et $3/2 \times f_0$, où, par exemple, f_0 peut être égal à 47,5 kHz.

2.3.1 Méthode de diffusion

Une forme d'onde antisymétrique est synthétisée numériquement à l'aide de 16 bits (puces) d'une horloge avec une fréquence de $16 \times f_0$. Deux périodes de cette onde (correspondant à 32 puces de l'horloge) définissent un intervalle binaire de données brutes. Cet intervalle peut être constitué, par exemple, de deux cycles d'une onde sinusoïdale.

2.3.2 Modulation binaire des données brutes

Chaque intervalle binaire de données brutes représente une phase binaire générée par décalage (BPSK) utilisant un format de niveau sans retour à zéro (NRZ-L) générant un débit binaire des données brutes égal à $f_0/2$.

2.4 Méthode de transmission

2.4.1 Objectif

Afin de garantir des performances optimales, toutes les unités de données MAC reçues pour la transmission comprennent un préambule et sont codées avec un code FEC (correction d'erreurs sans voie de retour). Le paramètre PHY_frame comprend ce qui suit:

- le paramètre P_sdu (comprenant entre 6 octets et 26 octets), identique au paramètre M_pdu (comprenant entre 3 octets et 13 octets), transmis par la sous-couche MAC et codé avec le code FEC (voir 2.4.4);
- un préambule (5 octets) et un intervalle intertrames (1 octet).

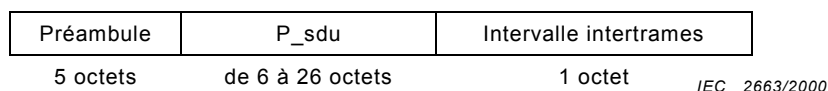


Figure 1 – Structure d'une trame physique

2.4.2 Séquence de bits et d'octets

Les octets sont envoyés selon l'ordre suivant: de l'octet le plus significatif (MSB) vers l'octet le moins significatif (LSB). Par convention, l'octet de poids fort correspond à l'octet de gauche. La même convention est appliquée aux bits: le premier bit d'un octet est le bit de poids fort.

2 Physical layer

2.1 Purpose

This clause details the services required of the physical layer at the logical interface with the MAC sublayer. Also defined is the transmission method used to provide the information flow through the low-voltage distribution network.

2.2 Overview

The physical layer provides the interface to the MAC sublayer for the transmission of data units onto the physical medium.

2.3 Modulation method

The transmitter shall generate a wideband signal to conform to the signal defined in 2.3.1 and 2.3.2 with a centre frequency of f_0 and a null-to-null signal bandwidth of $f_0/2$ to $3/2 \times f_0$, where for example f_0 can be 47,5 kHz.

2.3.1 Spreading method

An anti-symmetric waveform is digitally synthesized using 16 bits (chips) of a $16 \times f_0$ clock. Two periods of the anti-symmetric waveform (corresponding to 32 chips of the clock) define one raw data bit interval; for example, one raw data bit interval can consist of two cycles of a sine wave.

2.3.2 Raw data bit modulation

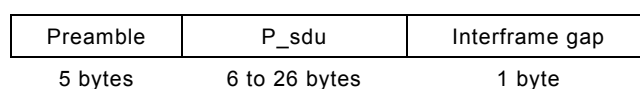
Each raw data bit interval is binary phase shift keyed (BPSK) using a non-return-to-zero level (NRZ-L) format, resulting in a raw data bit rate of $f_0/2$.

2.4 Transmission method

2.4.1 Purpose

In order to ensure optimum performance, all MAC data-units received for transmission are encapsulated with a preceding preamble and encoded with a forward error correcting code (FEC). A PHY_frame consists of

- a P_sdu (from 6 bytes to 26 bytes) the same as the M_pdu (from 3 bytes to 13 bytes) transmitted by the MAC sublayer and encoded with the FEC (see 2.4.4);
- a preceding preamble (5 bytes) and a succeeding interframe gap (1 byte).



IEC 2663/2000

Figure 1 – Physical frame structure

2.4.2 Bit and byte ordering

The bytes are sent from most significant byte (MSB) to least significant byte (LSB). By convention, the most significant byte corresponds to the leftmost byte. Bit fields are packed with the same convention as byte fields. That is, the first bit in an octet is the most significant (leftmost) bit.

2.4.3 Préambule (Pre)

Le préambule, précédant chaque trame transmise, délimite le début d'une trame correcte. Il contient les séquences nécessaires permettant au récepteur d'effectuer une synchronisation avec la trame transmise. Il comprend quatre octets de synchronisation (Sync), suivis d'un octet de fin de synchronisation (EOS). Les valeurs des champs du préambule sont définies dans le tableau 2.

Sync	Sync	Sync	Sync	EOS
------	------	------	------	-----

IEC 2664/2000

Figure 2 – Structure d'un préambule

2.4.4 Correction d'erreurs sans voie de retour (FEC)

Tous les octets contenus dans une trame, à l'exception de ceux du préambule, sont codés avec le code de correction des erreurs (8,4) du tableau 1. Le codage de chaque quartet est effectué en deux étapes: dans un premier temps, un décalage croissant est ajouté au quartet; le quartet résultant est alors codé avec le code du tableau 1. Le décalage est remis à 0 au début de chaque trame; il est ensuite augmenté par 3 modulo 16 pour chaque quartet successif. Le premier octet codé est le moins significatif. Par exemple, la valeur 70 00 (hex) est codée comme suit:

Tableau 1 – Code de correction des erreurs (8,4)

1. $0 + 0 = 0$; $ECC(0) = 5A$ (quartet le moins significatif de 70)
2. $7 + 3 = A$; $ECC(A) = 96$ (quartet le plus significatif de 70)
3. $0 + 6 = 6$; $ECC(6) = 2E$ (quartet le moins significatif de 00)
4. $0 + 9 = 9$; $ECC(9) = 89$ (quartet le plus significatif de 00)

Information	Valeur du code (hexadécimal)
0	5A
1	5D
2	A5
3	69
4	BC
5	43
6	2E
7	D1
8	31
9	89
A	96
B	76
C	A2
D	CE
E	44
F	BB

2.4.5 Intervalle intertrames

Cet intervalle comprend un champ de 8 bits sans transmission.

Il a pour but d'allouer au récepteur le temps nécessaire au décodage et au traitement des données avant de recevoir la trame suivante ou de transmettre une réponse.

2.4.3 Preamble (Pre)

The preamble, which precedes every transmitted frame, delimits the start of a valid frame. It contains the necessary sequences to allow the receiver to synchronize to the transmitted frame. It consists of four synchronization (Sync) bytes followed by one end of synchronization (EOS) byte. Preamble field values are defined in table 2.

Sync	Sync	Sync	Sync	EOS
------	------	------	------	-----

IEC 2664/2000

Figure 2 – Preamble structure

2.4.4 Forward error correction (FEC)

All bytes contained in a frame, except for the preamble bytes, are encoded using the (8,4) error correcting code of table 1. The encoding of each nibble follows a two-step process. First, an increasing offset is added to the nibble; second, the resulting nibble is encoded using the code of table 1. The offset is initialized to 0 at the start of each frame, and is increased by 3 modulo 16 for each successive nibble. Bytes are encoded least significant nibble first. For example, the value 70 00 (hex) is encoded as follows:

Table 1 – (8,4) Error correcting code

1. $0 + 0 = 0$; $ECC(0) = 5A$ (least significant nibble of 70)
2. $7 + 3 = A$; $ECC(A) = 96$ (most significant nibble of 70)
3. $0 + 6 = 6$; $ECC(6) = 2E$ (least significant nibble of 00)
4. $0 + 9 = 9$; $ECC(9) = 89$ (most significant nibble of 00)

Information	Code value (hexadecimal)
0	5A
1	5D
2	A5
3	69
4	BC
5	43
6	2E
7	D1
8	31
9	89
A	96
B	76
C	A2
D	CE
E	44
F	BB

2.4.5 Interframe gap

The interframe gap consists of an 8-bit field with no transmission.

The purpose of the inter-frame gap is to give the receiver time to perform decoding and data processing before it is ready to receive the next frame or transmit a response.

2.5 Spécification des services de la couche physique

2.5.1 Présentation

Les services P_Data fournis par la couche physique permettent à la sous-couche MAC d'échanger des informations avec une ou des sous-couches MAC identiques via le réseau de distribution basse tension.

Il existe trois primitives de service:

- P_Data.request
- P_Data.confirm
- P_Data.indication

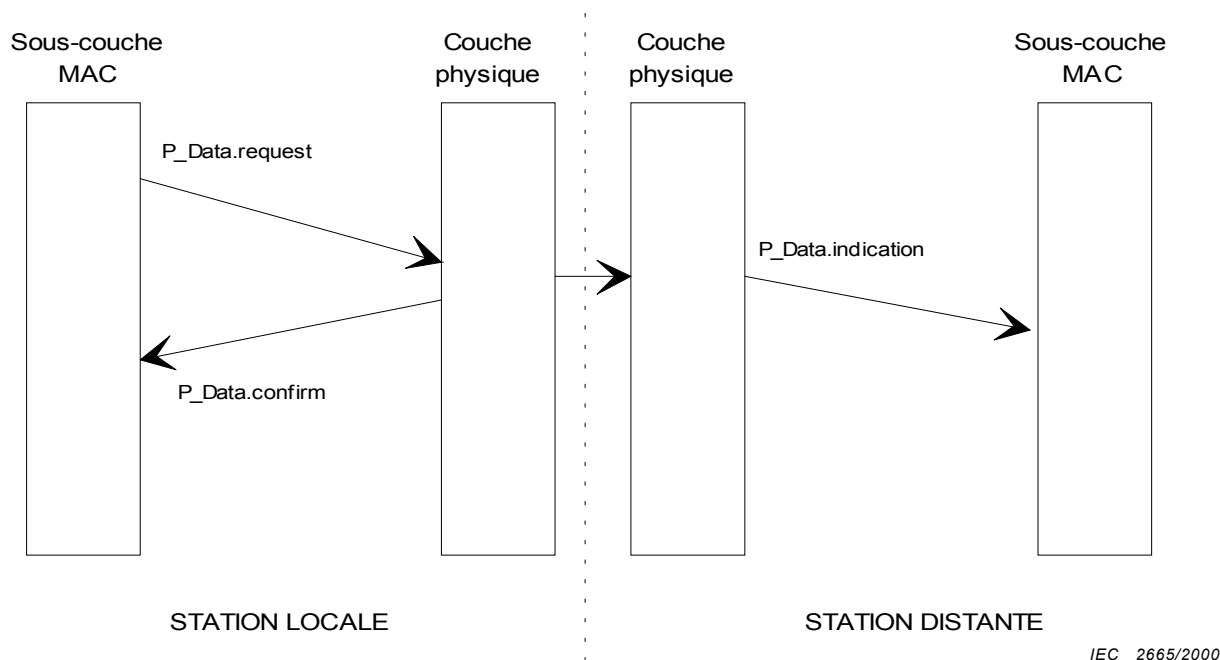


Figure 3 – Services P_Data

2.5.2 P_DATA.request

2.5.2.1 Fonction

Cette primitive définit le transfert des données depuis une sous-couche MAC locale vers une ou des sous-couches MAC identiques dans le cas d'un groupe d'adresses.

2.5.2.2 Structure

La sémantique de cette primitive est la suivante:

```
P_Data.request (
    P_sdu
)
```

2.5.2.3 Utilisation

Cette primitive est générée par la sous-couche MAC lors de toute transmission de données vers une ou des sous-couches MAC identiques. Elle peut être générée en réponse à une demande émanant de couches supérieures du protocole.

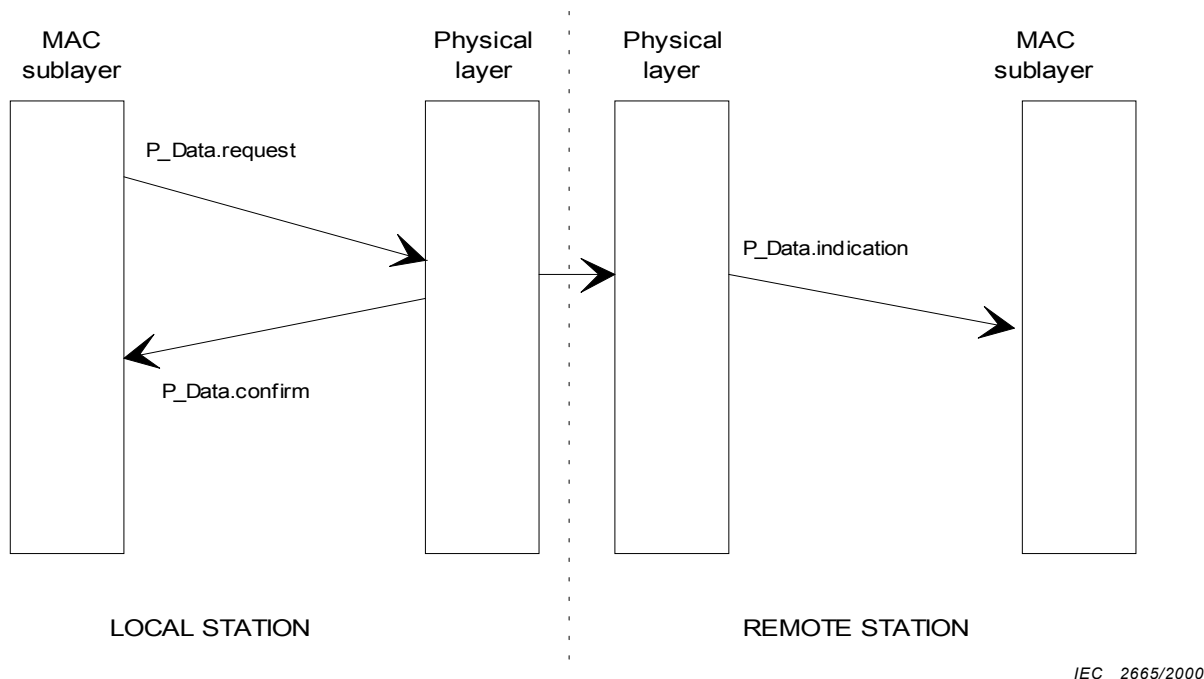
2.5 Physical layer services specification

2.5.1 Overview

The P_Data services provided by the physical layer allow the MAC sublayer entity to exchange information with a peer MAC sublayer entity (ies) using the low-voltage distribution network as the transport medium.

There are three service primitives:

- P_Data.request
- P_Data.confirm
- P_Data.indication



IEC 2665/2000

Figure 3 – P_Data services

2.5.2 P_DATA.request

2.5.2.1 Function

This primitive defines the transfer of data from a local MAC sublayer entity to a single peer MAC entity or multiple peer MAC entities in the case of a group address.

2.5.2.2 Structure

The semantics of the primitive are as follows:

```
P_Data.request (
    P_sdu
)
```

2.5.2.3 Use

This primitive is generated by the MAC sublayer entity whenever data shall be transmitted to a peer MAC entity or entities. This can be in response to a request from higher layers of protocol.

La réception de cette primitive engendre la création d'une trame physique (PHY_frame) par la couche physique, comme décrit dans la figure 1, ainsi que son transfert vers une ou des couches physiques identiques.

2.5.3 P_DATA.confirm

2.5.3.1 Fonction

Cette primitive n'est utilisée que localement et fournit une réponse appropriée à la sous-couche MAC qui a généré une primitive P_Data.request. La primitive P_Data.confirm indique à la sous-couche MAC si le paramètre PHY_frame de la précédente primitive P_Data.request a été transmis.

2.5.3.2 Structure

La sémantique de cette primitive est la suivante:

```
P_Data.confirm (
    Transmission_status)
```

Le paramètre Transmission_status est utilisé pour transmettre les informations relatives à l'état vers la sous-couche MAC locale émettant la demande. Il permet d'indiquer si la précédente primitive P_Data.request associée a abouti ou a échoué.

Les valeurs de ce paramètre sont définies dans la couche de liaison de données (DLL).

2.5.3.3 Utilisation

Cette primitive est générée en réponse à une primitive P_Data.request émanant de la sous-couche MAC locale.

Les informations nécessaires doivent être disponibles pour permettre à la sous-couche MAC d'associer la confirmation à la demande correspondante.

2.5.4 P_DATA.indication

2.5.4.1 Fonction

Cette primitive définit le transfert des données de la sous-couche physique vers la sous-couche MAC.

2.5.4.2 Structure

La sémantique de cette primitive est la suivante:

```
P_Data.indication (
    P_sdu
)
```

2.5.4.3 Utilisation

La primitive P_Data.indication est transmise de la sous-couche physique vers la sous-couche MAC pour indiquer l'arrivée d'une trame vers la sous-couche physique locale.

The receipt of this primitive will cause the PHY entity to construct a PHY_frame as described in figure 1 and its transfer to the peer PHY layer entity or entities.

2.5.3 P_DATA.confirm

2.5.3.1 Function

This primitive has only local significance and provides an appropriate response to the MAC sublayer entity which initiated a P_Data.request primitive. The P_Data.confirm primitive tells the MAC sublayer entity whether the PHY_frame of the previous P_Data.request has been transmitted on the medium.

2.5.3.2 Structure

The semantics of the primitive are as follows:

```
P_Data.confirm (  
    Transmission_status)
```

The Transmission_status parameter is used to pass status information back to the local requesting MAC sublayer entity. It is used to indicate the success or failure of the previous associated P_Data.request.

Transmission_status values are defined in the data link layer (DLL).

2.5.3.3 Use

This primitive is generated in response to a P_Data.request from the local MAC sublayer entity.

It is assumed that sufficient information is available to the MAC sublayer to associate the confirm with the appropriate request.

2.5.4 P_DATA.indication

2.5.4.1 Function

This primitive defines the transfer of data from the PHY sublayer entity to the MAC sublayer entity.

2.5.4.2 Structure

The semantics of the primitive are as follows:

```
P_Data.indication (  
    P_sdu  
)
```

2.5.4.3 Use

The P_Data.indication is passed from the PHY sublayer entity to the MAC sublayer entity to indicate the arrival of a frame to the local PHY sublayer entity.

2.6 Envoi et réception de sous-couches physiques

2.6.1 Envoi

La couche physique reçoit une primitive `P_data.request` de la sous-couche MAC, uniquement lorsqu'elle dispose du jeton et dirige, par conséquent, la communication DLC. Elle vérifie en premier la longueur du paramètre `P_sdu` reçu. Si la longueur maximale autorisée est dépassée, une primitive `P_Data.confirm` négative est immédiatement envoyée à la sous-couche MAC.

Si la longueur est correcte, la couche physique transmet en premier lieu le préambule, tel qu'il est défini en 2.4.3, puis le paramètre `P_sdu` codé provenant de la sous-couche MAC. Ce paramètre est codé dans la couche physique.

Au terme de la transmission des paramètres `PHY_frame`, la couche physique retourne à l'état d'attente et est prête à traiter les trames physiques arrivant ou les primitives `P_Data.request`.

2.6.2 Réception

Si la structure du signal démodulé reçu correspond au début d'une trame physique, la couche physique poursuit la démodulation du champ d'en-tête de trame. Si le décodage de ce champ est correctement effectué, les octets restants sont reçus, la taille de la trame étant déterminée à partir de l'en-tête de trame. Une primitive `P_Data.indication` est alors transmise à la sous-couche MAC supérieure. Elle reste en état d'attente jusqu'à la réception de la trame physique entrante ou de la primitive `P_Data.request` suivante.

Si la structure du signal démodulé reçu ne correspond pas au début d'une trame physique, il doit s'agir de bruit. La couche physique devient immédiatement inactive jusqu'au début d'une nouvelle trame physique ou d'une primitive `P_Data.request`.

3 Sous-couche MAC

3.1 Spécification des services de la sous-couche MAC

Le présent paragraphe décrit schématiquement les services fournis par la sous-couche MAC à la sous-couche LLC afin de permettre à la sous-couche LLC d'échanger des unités de données LLC avec des sous-couches LLC identiques.

2.6 Sending and receiving physical sublayer

2.6.1 Sending

The physical layer will receive a P_data.request primitive from the MAC sublayer only when it is in the possession of the token and therefore is the master of the DLC communication. It first checks the length of the received P_sdu. If this length exceeds the maximum allowable length, a negative P_Data.confirm is immediately returned to the MAC sublayer.

If the length of the P_sdu is valid, the physical layer first transmits the preamble, as defined in 2.4.3, followed by the encoded P_sdu issued from the MAC sublayer. Note, the encoding of the P_sdu occurs at the physical layer.

Once the transmission of this PHY_frame is over, the physical layer resumes an idle state when it is ready for processing incoming physical frames or P_Data.request primitives.

2.6.2 Receiving

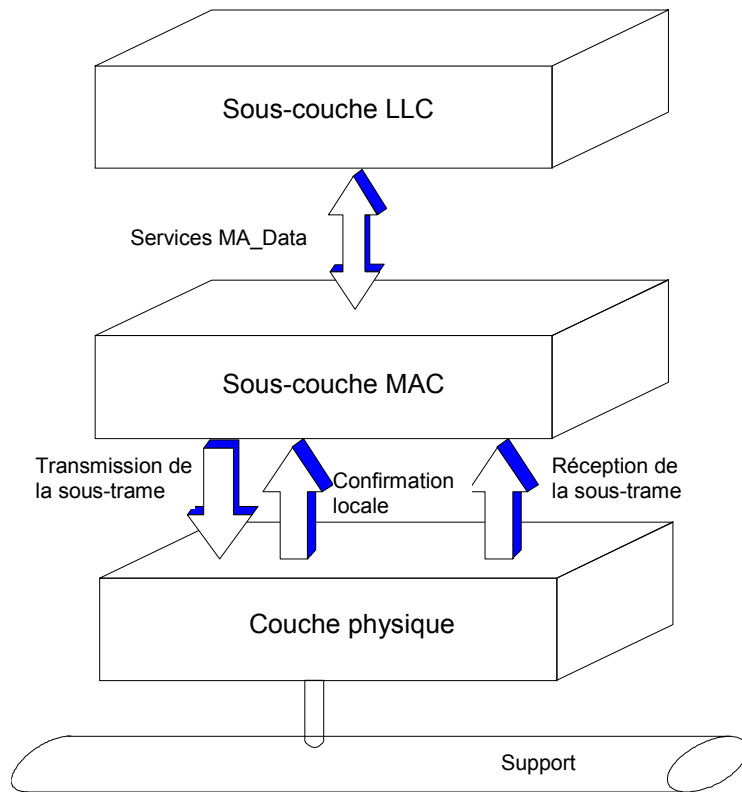
If the received demodulated signal structure corresponds to the beginning of a physical frame, the physical layer carries on the demodulation of the frame header field. If the frame header field decodes successfully, the remaining bytes of the frame are received, with the size of the frame determined from the frame header. A P_Data.indication primitive is then issued to the upper MAC sublayer. It then enters the idle state, waiting for the next incoming physical frame or P_Data.request primitive.

If the received demodulated signal structure does not correspond to the beginning of a physical frame, it is presumed to be noise. The physical layer immediately enters the idle state and waits for the start of a new physical frame or P_Data.request primitive.

3 Medium access control (MAC) sublayer

3.1 MAC sublayer service specification

This subclause describes the services provided by the medium access control (MAC) sublayer to the logical link control (LLC) sublayer to allow the LLC sublayer entity to exchange LLC data units with peer LLC sublayer entities. The services are described in an abstract way.



IEC 2666/2000

Figure 4 – Relations avec le modèle de référence

3.1.1 Présentation

Le modèle OSI propose trois services de base:

- MA_Data.request
- MA_Data.confirm
- MA_Data.indication

La figure 5 décrit le transfert des primitives MA_Data entre une station locale et deux stations distantes.

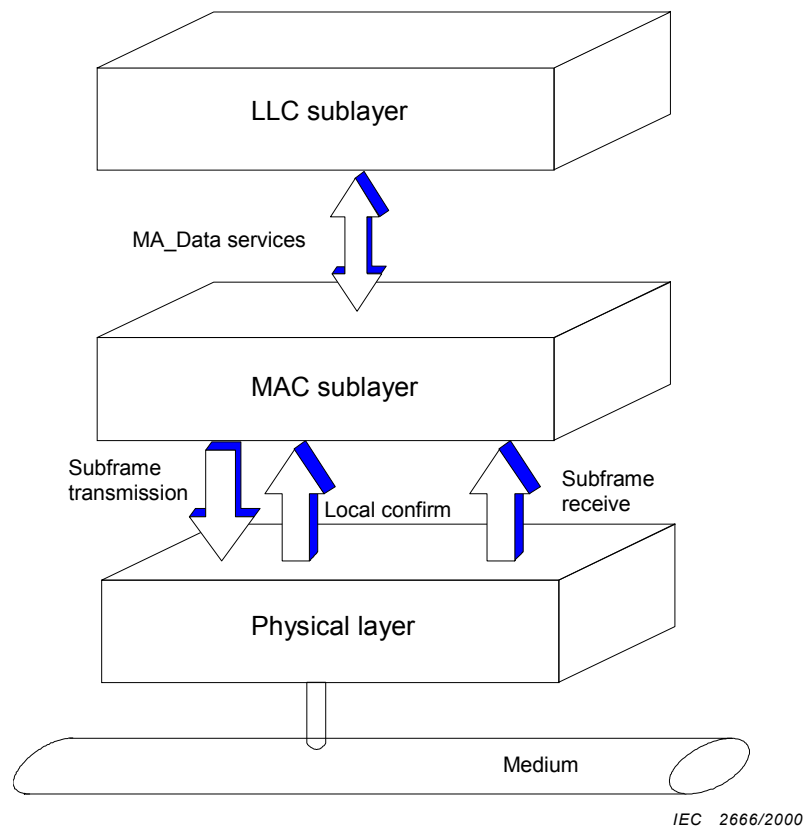


Figure 4 – Relationship with reference model

3.1.1 Overview

Three ground services are proposed, as usual in the OSI model:

- MA_Data.request
- MA_Data.confirm
- MA_Data.indication

Figure 5 below describes the exchange of MA_Data primitives between a local station and two remote stations.

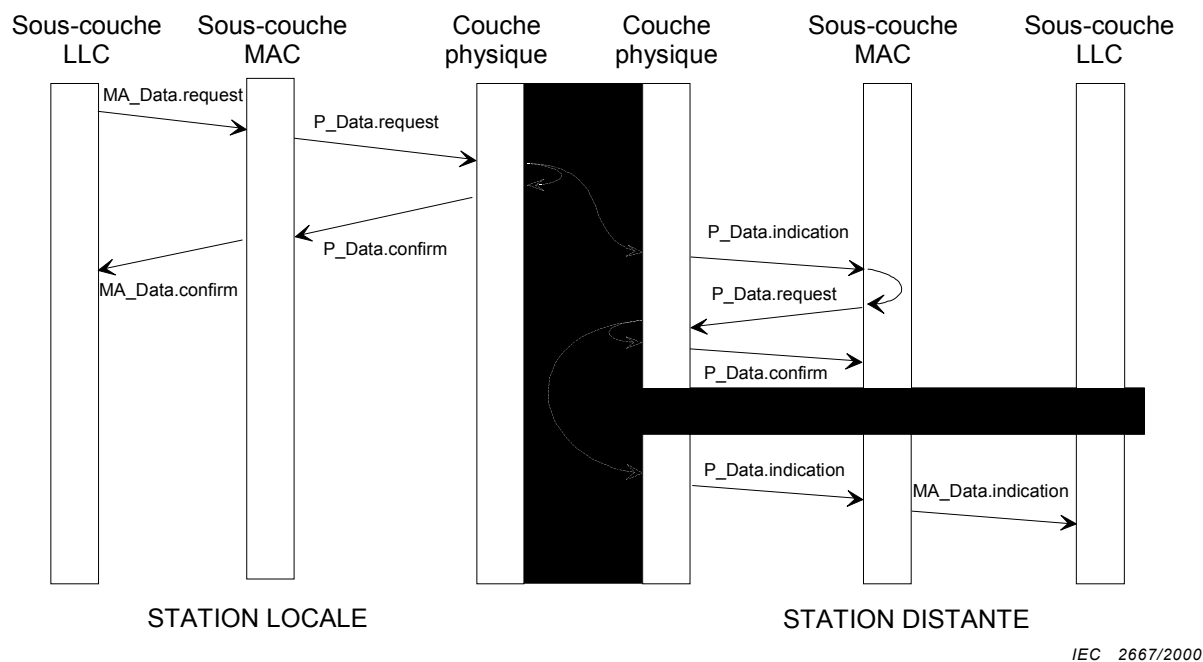


Figure 5 – Primitives de service MA_Data

La première station distante (partie supérieure du schéma) ne génère pas de primitive MA_Data.indication, car la primitive P_Data.indication reçue n'est pas adressée à cette station. Toutefois, cette dernière est configurée comme un répéteur et la trame reçue doit être répétée. C'est pourquoi la sous-couche MAC émet une primitive P_Data.request dès réception de la primitive P_data.indication.

La seconde station distante (partie inférieure du schéma) génère une primitive MA_Data.indication, car la primitive P_Data.indication reçue est adressée à cette station.

3.1.2 MA_DATA.request

3.1.2.1 Fonction

Cette primitive définit le transfert des données à partir d'une sous-couche LLC locale vers une ou plusieurs entités LLC identiques dans le cas d'un groupe d'adresses.

3.1.2.2 Structure

La sémantique de cette primitive est la suivante:

```
MA_Data.request (
    Destination_address,
    M_sdu,
    Service_Class
)
```

Le paramètre Destination_address peut spécifier une adresse MAC individuelle ou de groupe. Il convient qu'il contienne les informations nécessaires à la création du champ d'adresse de destination (DA) contenu dans l'en-tête de trame par la sous-couche MAC locale.

NOTE Le champ d'adresse source (SA) n'est pas spécifié car il s'agit d'un paramètre local renseigné par la sous-couche MAC.

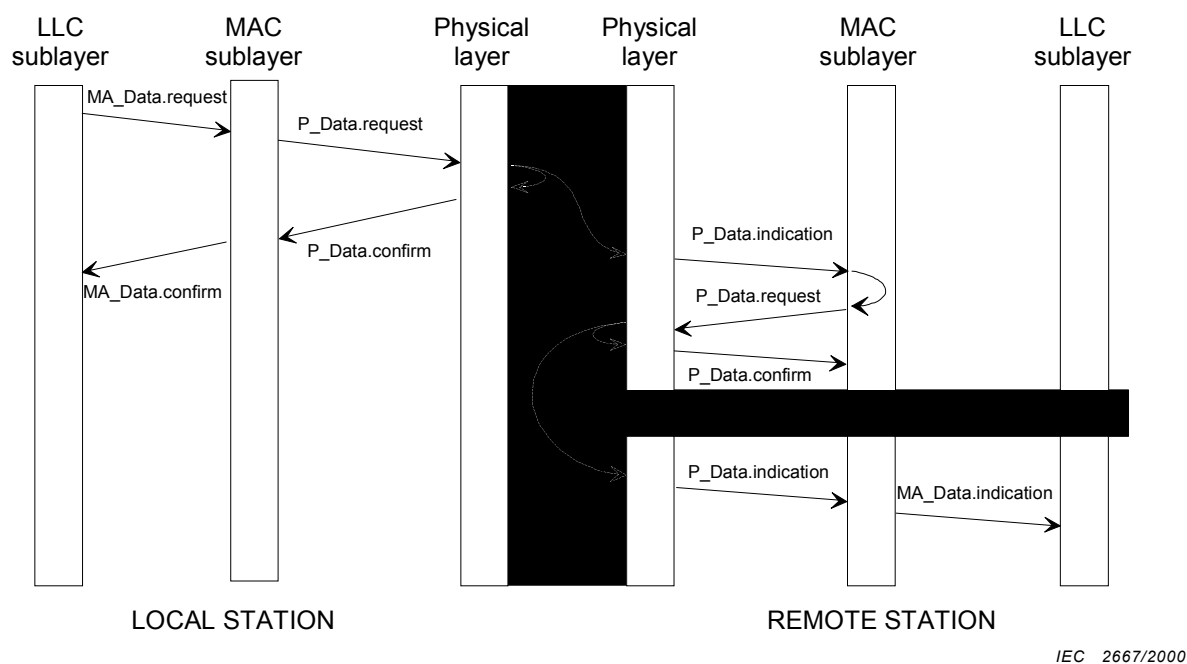


Figure 5 – MA_Data service primitives

The first remote station (upper part of the schema) does not generate an MA_Data.indication because the receive P_Data.indication primitive is not addressed to this station. Nevertheless, this one is configured as a repeater and the received frame must be repeated. This is the reason the MAC sublayer issues a P_Data.request primitive on reception of the P_data.indication.

The second remote station (lower part of the schema) generates a MA_Data.indication because the receive P_Data.indication primitive is addressed to this station.

3.1.2 MA_DATA.request

3.1.2.1 Function

This primitive defines the transfer of data from a local LLC sublayer entity to a single peer LLC entity or multiple peer LLC entities in the case of group addresses.

3.1.2.2 Structure

The semantics of the primitive are as follows:

```
MA_Data.request (
    Destination_address,
    M_sdu,
    Service_Class
)
```

The Destination_address parameter may specify either an individual or a group MAC entity address. It should contain sufficient information to create the destination address (DA) that is included in the header of the frame by the local MAC sublayer entity.

NOTE The source address is not specified because it is a local parameter that the MAC sublayer entity will fill itself.

Le paramètre M_sdu (MAC service data unit) spécifie l'unité des données de service MAC à transmettre par la sous-couche MAC. Les informations associées à ce paramètre sont suffisantes pour permettre à la sous-couche MAC de déterminer la longueur de l'unité de données.

Le paramètre Service_Class spécifie le type de classe de services qu'il faut que la sous-couche MAC utilise pour transmettre le paramètre M_sdu.

3.1.2.3 Utilisation

Cette primitive est générée par la sous-couche LLC lorsque des données doivent être transmises à une ou des entités LLC identiques, par exemple en réponse à une demande émanant de couches supérieures du protocole.

La réception de cette primitive permet à l'entité MAC d'ajouter tous les champs spécifiques à MAC et de transmettre les trames correctement formatées vers les couches inférieures du protocole de transfert vers la ou les sous-couches MAC identiques.

3.1.3 MA_DATA.confirm

3.1.3.1 Fonction

Cette primitive n'est utilisée que localement et fournit une réponse appropriée à la sous-couche LLC ayant émis une primitive MA_Data.request. La primitive MA_Data.confirm indique à la sous-couche LLC si la transmission du paramètre M_pdu de la précédente primitive MA_Data.request par la couche physique a échoué.

3.1.3.2 Structure

La sémantique de cette primitive est la suivante:

```
MA_Data.confirm (
    Transmission_status)
```

Le paramètre Transmission_status est utilisé pour transmettre des informations relatives à l'état vers la sous-couche LLC locale émettant une demande. Il permet d'indiquer si la précédente primitive MA_Data.request associée a abouti ou a échoué.

Les valeurs de ce paramètre sont définies dans la couche de liaison de données (DLL).

3.1.3.3 Utilisation

Cette primitive est générée en réponse à une primitive MA_Data.request émanant de la sous-couche LLC locale.

Les informations nécessaires doivent être disponibles pour permettre à la sous-couche LLC d'associer la confirmation à la demande correspondante.

3.1.4 MA_DATA.indication

3.1.4.1 Fonction

Cette primitive définit le transfert des données depuis la sous-couche MAC vers la sous-couche LLC.

The M_sdu (MAC service data unit) parameter specifies the MAC service data unit to be transmitted by the MAC sublayer entity. There is sufficient information associated with the M_sdu for the MAC sublayer entity to determine the length of the data unit.

The Service_Class parameter specifies the type of class of service that the MAC sublayer entity must use to transmit the M_sdu.

3.1.2.3 Use

This primitive is generated by the LLC sublayer entity whenever data shall be transmitted to a peer LLC entity or entities. This can be in response to a request from higher layers of protocol.

The receipt of this primitive will cause the MAC entity to append all MAC specific fields and pass the properly formatted frames to the lower layers of protocol for transfer to the peer MAC sublayer entity or entities.

3.1.3 MA_DATA.confirm

3.1.3.1 Function

This primitive has only local significance and provides an appropriate response to the LLC sublayer entity which initiated an MA_Data.request primitive. The MA_Data.confirm primitive tells the LLC sublayer entity whether the M_pdu of the previous MA_Data.request has unsuccessfully been transmitted by the physical layer.

3.1.3.2 Structure

The semantics of the primitive are as follows:

MA_Data.confirm (
 Transmission_status)

The Transmission_status parameter is used to pass status information back to the local requesting LLC sublayer entity. It is used to indicate the success or failure of the previous associated MA_Data.request.

Transmission_status values are defined in the data link layer (DLL) .

3.1.3.3 Use

This primitive is generated in response to an MA_Data.request from the local LLC sublayer entity.

It is assumed that sufficient information is available to the LLC sublayer to associate the confirm with the appropriate request.

3.1.4 MA_DATA.indication

3.1.4.1 Function

This primitive defines the transfer of data from the MAC sublayer entity to the LLC sublayer entity.

3.1.4.2 Structure

La sémantique de cette primitive est la suivante:

```
MA_Data.indication (
    Destination_address,
    Source_address,
    M_sdu
)
```

Le paramètre Destination_address permet d'indiquer une adresse individuelle ou de groupe, comme spécifié dans le champ DA de la trame entrante.

Le paramètre Source_address représente une adresse individuelle, comme spécifié dans le champ SA de la trame entrante.

Le paramètre M_sdu spécifie l'unité de données de service MAC telle qu'elle est reçue par la sous-couche MAC locale.

3.1.4.3 Utilisation

La primitive MA_Data.indication est transmise de la sous-couche MAC vers la ou les sous-couches LLC pour indiquer l'arrivée d'une trame dans la sous-couche MAC locale.

3.2 Formats de trames

Ce paragraphe définit les formats de trames MAC requis. Cela comprend les composants de trame ainsi que leur position à l'intérieur de la trame. Les composants sont présentés en premier, puis sont suivis de la définition des formats de trames corrects.

Le format de trame général de la sous-couche MAC est le suivant:

Pre	Hdr	HEC	Bloc de données	FCS-16
-----	-----	-----	--------------------	--------

Champ	Taille (octets)	Description
Pre	5	Préambule de synchronisation
Hdr	2	En-tête de trame
HEC	1	Contrôle des erreurs de l'en-tête
Data Block	0..8	Bloc de données
FCS-16	2	Séquence de contrôle de trame CRC-16

Le bloc de données représente l'unité de base de la sous-trame contenant les informations relatives aux paquets, c'est-à-dire l'adresse, la taille du paquet ou les données. Ce bloc est toujours suivi d'un champ de séquence de contrôle de trame. Le format de la trame de diffusion est légèrement différent du format général. Ce format et celui des blocs de données sont décrits ci-après.

3.2.1 Composants de trame

Le présent paragraphe décrit chaque composant de la trame.

3.1.4.2 Structure

The semantics of the primitive are as follows:

```
MA_Data.indication (
    Destination_address,
    Source_address,
    M_sdu
)
```

The Destination_address parameter may specify either an individual or a group address as specified by the DA field of the incoming frame.

The Source_address parameter is an individual address as specified by the SA field of the incoming frame.

The M_sdu parameter specifies the MAC service data unit as received by the local MAC sublayer entity.

3.1.4.3 Use

The MA_Data.indication is passed from the MAC sublayer entity to the LLC sublayer entity or entities to indicate the arrival of a frame to the local MAC sublayer entity.

3.2 Frame formats

This subclause defines the required MAC frame formats. This includes the frame components and their position within the frame. First, the components of the frames are presented, followed by the definition of the valid frame formats.

The general frame format for the MAC sublayer is as follows:

Pre	Hdr	HEC	Data Block	FCS-16
-----	-----	-----	------------	--------

Field	Size (bytes)	Description
Pre	5	Synchronization preamble
Hdr	2	Frame header
HEC	1	Header error control
Data Block	0..8	Data block
FCS-16	2	CRC-16 frame check sequence

The data block is the basic subframe unit that contains packet information, i.e. address, packet size, or data, and is always followed by a frame check sequence field. Note, the broadcast frame format is modified slightly from the general format shown above. The details of the data block format and broadcast frame format will be discussed below.

3.2.1 Frame components

This subclause describes each of the frame components in detail.

3.2.1.1 Préambule (Pre)

Ce champ précède chaque trame transmise. Il délimite le début d'une trame correcte et contient les séquences nécessaires à la synchronisation entre les stations concernées par le transfert. Pour plus d'informations sur ce champ, voir 2.4.3. Ses valeurs sont définies au tableau 2.

3.2.1.2 Champ d'en-tête de trame

Ce champ contient un champ de type d'en-tête à un seul octet qui détermine le type de la trame et sa taille, un octet correspondant à l'ID de réseau et un champ de contrôle des erreurs de l'en-tête.

Type de trame	ID de réseau	HEC
---------------	--------------	-----

3.2.1.2.1 Type d'en-tête de trame (Hdr)

Ce champ détermine le type de la trame ainsi que sa taille. La taille des types de trames de longueur fixe est déterminée implicitement par le type de trame. La taille des types de trames de longueur variable est déterminée par un sous-champ dans le champ d'en-tête.

3.2.1.2.2 ID de réseau (Net ID)

L'octet le plus significatif de l'adresse de 24 bits est utilisé comme ID de réseau et figure dans chaque en-tête.

3.2.1.2.3 Champ de contrôle des erreurs de l'en-tête de trame (HEC)

L'octet le moins significatif de la valeur CRC-16 ($g(x) = x^{16} + x^{15} + x^2 + 1$) obtenue à partir des champs type d'en-tête de trame et ID de réseau est utilisé pour détecter les erreurs dans le champ de type d'en-tête.

3.2.1.3 Champs d'adresses

Une trame peut contenir un ou deux champs d'adresse: le champ d'adresse de destination et le champ d'adresse source, respectivement, si les deux champs sont utilisés. Les adresses ont une longueur de 24 bits, l'octet le plus significatif étant utilisé comme ID de réseau.

3.2.1.3.1 Champ d'adresse de destination (DA)

Ce champ permet de spécifier une adresse individuelle ou de diffusion. Une adresse individuelle identifie une station particulière sur le réseau et est distincte de toutes les autres adresses individuelles de nœuds du même réseau. L'adresse de diffusion indique l'ensemble des stations présentes sur le réseau; elle est spécifiée par une adresse regroupant toutes les adresses de ces stations pour les 16 bits inférieurs.

3.2.1.3.2 Champ d'adresse source (SA)

Ce champ identifie la station d'où provient la trame. En tant qu'octet le plus significatif de l'adresse source, l'ID de réseau est le second octet de l'en-tête. Seuls les 16 bits les moins significatifs de l'adresse source sont contenus dans le champ SA du bloc de données de la trame.

3.2.1.3.3 Champ de longueur de paquet (Len)

Ce champ spécifie la longueur en octets du paramètre M_sdu.

3.2.1.1 Preamble (Pre)

The preamble field precedes every transmitted frame. The preamble delimits the start of a valid frame. It contains the necessary sequences to achieve synchronization between communicating devices. See 2.4.3 for the specification of the preamble field. Preamble field values are defined in table 2.

3.2.1.2 Frame header field

The frame header field contains a single byte header type field that determines both the frame type and the frame size, a network ID byte, and a header error control field for header error detection.

Frame Type	Network ID	HEC
------------	------------	-----

3.2.1.2.1 Frame header type (Hdr)

The frame header type field determines both the frame type and the frame size. The frame size for frame types with a fixed length are determined implicitly from the frame type. The frame size for frame types with a variable length are determined from a subfield within the frame header field.

3.2.1.2.2 Network ID (Net ID)

The most significant byte of the 24-bit address is used as the network ID and is included in every header.

3.2.1.2.3 Frame header error control (HEC) field

The least significant byte of the CRC-16 ($g(x) = x^{16} + x^{15} + x^2 + 1$) value formed over the frame header type and network ID fields is used to perform error detection on the header type field.

3.2.1.3 Address fields

A frame may contain either one or two address fields: the destination address field and source address field, in that order, if both address fields are present. Addresses are 24 bits in length, where the most significant byte is used as the network ID.

3.2.1.3.1 Destination address (DA) field

The destination address can specify an individual address or a broadcast address. An individual address identifies a particular station on the network and is distinct from all other individual node addresses on the same network. The broadcast address denotes the set of all stations on the network and is specified by one address for all of the lower 16 bits.

3.2.1.3.2 Source address (SA) field

The source address identifies the station originating the frame. As the most significant byte of the source address, the network ID, is the second header byte, only the least significant 16 bits of the source address are contained in the SA field in the frame data block.

3.2.1.3.3 Packet length (Len) field

The packet length field specifies the length in bytes of the M_sdu.

3.2.1.4 Champs de données MAC

3.2.1.4.1 Bloc de données (Block)

Données1	...	Données8	FCS-16
----------	-----	----------	--------

Un bloc de données est utilisé dans les trames pour associer 1 octet à 8 octets de données avec le CRC-16 utilisé pour le champ de contrôle d'erreurs du FCS-16.

3.2.1.4.2 Trame

Une trame de données peut contenir un seul bloc de données.

3.2.1.4.3 Bloc de diffusion de sous-trame (Block-Brd)

Données1	Données2	Données3	Données4	FCS-16
----------	----------	----------	----------	--------

Un bloc est utilisé dans les trames de données de diffusion pour associer 4 octets de données avec le CRC-16 utilisé pour le champ de contrôle d'erreurs du bloc FCS-16. Le CRC-16 est formé par les 4 octets du bloc. Les blocs de diffusion sont affectés de 00.

3.2.1.4.4 Trame de diffusion

Une trame de données de diffusion est constituée de un à deux blocs de diffusion de sous-trame.

3.2.1.5 Champ Séquence de contrôle de trame 16 (FCS-16)

Le champ FCS-16 constitue une séquence de contrôle de trame de 16 bits utilisant le polynôme CRC-16 $g(x) = x^{16} + x^{15} + x^2 + 1$. A l'exception des trames ContOddBroadcast et ContEvenBroadcast, ce polynôme CRC-16 est obtenu à partir des champs Hdr, Net ID et Data Block.

3.2.2 Liste des types de trames

Il existe deux types de trames: les trames de contrôle et les trames de données. La structure de trame de base, décrite ci-dessus, est commune à ces deux types de trames. Les trames de contrôle servent au transfert du contrôle du réseau, aux accusés de réception, ainsi qu'à la resynchronisation des numéros des séquences de paquets. Elles comprennent toutes au moins un préambule de trame et un champ d'en-tête. Si un champ de données est requis, une séquence de contrôle de trame est incluse pour garantir l'intégrité du champ de données jointes. Les trames de données servent au transfert des unités de données LLC et peuvent être à monodiffusion ou multidiffusion. Les trames de données contiennent un préambule de trame, un champ d'en-tête, ainsi qu'un bloc de données.

3.2.2.1 Formats de trames de contrôle MAC

Les trames suivantes sont envoyées puis reçues par la sous-couche MAC et ne sont pas transmises aux couches supérieures.

3.2.2.1.1 Poll

L'emplacement réservé du jeton utilise cette trame pour demander à la station de l'adresse spécifiée dans le champ DA si elle a besoin d'accéder au réseau pour envoyer des paquets de données placés dans la file d'attente. Une trame Poll équivaut à la méthode du passage du jeton, à la différence près que la station spécifiée dans le champ DA doit renvoyer le jeton à l'émetteur à la fin de la transmission.

3.2.1.4 MAC data fields

3.2.1.4.1 Data block (Block)

Data1	...	Data8	FCS-16
-------	-----	-------	--------

A data block is used in frames to combine from one to eight data bytes with the CRC-16 used for the FCS-16 block error control field.

3.2.1.4.2 Frame

A data frame can contain a maximum of one data block.

3.2.1.4.3 Subframe broadcast block (Block-Brd)

Data1	Data2	Data3	Data4	FCS-16
-------	-------	-------	-------	--------

A block is used in broadcast data frames to combine four data bytes with the CRC-16 used for the FCS-16 block error control field. The CRC-16 is formed over the 4 bytes of the block. Broadcast blocks are padded with 00.

3.2.1.4.4 Broadcast frame

A broadcast data frame consists of one to two subframe broadcast blocks.

3.2.1.5 Frame check sequence-16 (FCS-16) field

The FCS-16 field is a 16-bit frame check sequence using the CRC-16 polynomial $g(x) = x^{16} + x^{15} + x^2 + 1$. With the exception of ContOddBroadcast and ContEvenBroadcast frames, the CRC-16 is formed over the Hdr, Net ID, and Data Block fields.

3.2.2 Enumeration of frame types

There are two types of frames, control frames and data frames, both using the same basic frame structure described above. Control frames are used for the transfer of network control, acknowledgments, and the resynchronization of packet sequence numbers. Control frames all contain a minimum of the frame preamble and header field. If a data field is required, a frame check sequence is included to ensure the integrity of the attached data field. Data frames are used to transfer LLC data-units, and can be unicast or broadcast. Data frames contain a frame preamble, header field, and one data block.

3.2.2.1 MAC control frame formats

The following frames are sent and received by the MAC sublayer and are not passed to the higher layers.

3.2.2.1.1 Poll

The frame is used by the token holder to query the address specified by DA if it requires access to the network to send queued data packet(s). A Poll is equivalent to a token pass except that the station specified by DA must return the token to the originator after completing its transmission.

Pre	Hdr	HEC	DA	SA	FCS-16
-----	-----	-----	----	----	--------

3.2.2.1.2 PollHandshake

Après avoir accusé réception d'une trame Poll, l'emplacement réservé du jeton utilise cette trame pour effectuer le protocole de reconnaissance à trois directions. La trame PollHandshake indique à la station de démarrer la transmission.

Pre	Hdr	HEC	DA	FCS-16
-----	-----	-----	----	--------

3.2.2.1.3 ReturnControl

Après transmission de son ou de ses paquets de données, le destinataire d'une trame Poll utilise cette trame pour renvoyer le contrôle du jeton à l'emplacement réservé initial. La trame ReturnControl indique à cet emplacement de reprendre le contrôle du réseau.

Pre	Hdr	HEC	SA	FCS-16
-----	-----	-----	----	--------

3.2.2.1.4 Token

L'emplacement réservé du jeton utilise cette trame pour demander à l'adresse spécifiée dans le champ DA si elle accepte ce jeton.

Pre	Hdr	HEC	DA	SA	FCS-16
-----	-----	-----	----	----	--------

3.2.2.1.5 TokenHandshake

Après avoir accusé réception d'une trame Token, l'emplacement réservé du jeton utilise cette trame pour effectuer le protocole de reconnaissance à trois directions. La trame TokenHandshake indique à la station spécifiée dans le champ DA que le jeton est à présent en sa possession et qu'elle doit prendre en charge le contrôle du réseau.

Pre	Hdr	HEC	DA	FCS-16
-----	-----	-----	----	--------

3.2.2.1.6 Nak

La station réceptrice utilise cette trame en réponse à une trame de données reçue indiquant qu'elle a détecté des erreurs, en réponse à une trame Poll émise par l'emplacement réservé du jeton refusant la demande d'invitation à émettre, et en réponse à une trame Token refusant le jeton.

Pre	Hdr	HEC
-----	-----	-----

3.2.2.1.7 LongAck

La station réceptrice utilise cette trame en réponse à la dernière trame d'un paquet de données indiquant une réception correcte sans erreur, en réponse à une trame Poll émise de l'emplacement réservé du jeton indiquant l'acceptation de la demande d'invitation à émettre, et en réponse à une trame Token émise par l'emplacement réservé du jeton indiquant l'acceptation du jeton. Cette trame inclut le champ SA défini en fonction de l'adresse de la station.

Pre	Hdr	HEC	SA	FCS-16
-----	-----	-----	----	--------

Pre	Hdr	HEC	DA	SA	FCS-16
-----	-----	-----	----	----	--------

3.2.2.1.2 PollHandshake

The frame is used by the token holder following the acknowledgment of a Poll frame to complete the three-way handshake. The PollHandshake frame signals the station to start transmitting.

Pre	Hdr	HEC	DA	FCS-16
-----	-----	-----	----	--------

3.2.2.1.3 ReturnControl

The frame is used by the recipient of a Poll frame after completing the transmission of its data packet(s) to return control of the token back to the original token holder. The ReturnControl frame signals the token holder to resume control of the network.

Pre	Hdr	HEC	SA	FCS-16
-----	-----	-----	----	--------

3.2.2.1.4 Token

The frame is used by the token holder to query the address specified by DA if it will accept the token.

Pre	Hdr	HEC	DA	SA	FCS-16
-----	-----	-----	----	----	--------

3.2.2.1.5 TokenHandshake

The frame is used by the token holder following the acknowledgment of a Token frame to complete the three-way handshake. The TokenHandshake frame signals the station specified by DA that the token is now in its possession and it should assume control of the network.

Pre	Hdr	HEC	DA	FCS-16
-----	-----	-----	----	--------

3.2.2.1.6 Nak

The frame is used as a response by the receiving station to a received data frame indicating that it has detected errors, to a Poll frame from the token holder declining the poll query, or to a Token frame declining acceptance of the token.

Pre	Hdr	HEC
-----	-----	-----

3.2.2.1.7 LongAck

The frame is used as a response by the receiving station to the last frame of a data packet indicating a successful reception without error, to a Poll frame from the token holder indicating the acceptance of the poll query, or to a Token frame from the token holder indicating the acceptance of the token. The frame includes the SA field set to the station's address.

Pre	Hdr	HEC	SA	FCS-16
-----	-----	-----	----	--------

3.2.2.1.8 ConnAck

La station réceptrice utilise cette trame en réponse à une trame de données Connect0 ou Connect1 indiquant la réception réussie de la première trame du paquet.

Pre	Hdr	HEC
-----	-----	-----

3.2.2.1.9 Ack

La station réceptrice utilise cette trame en réponse à une trame de données ContOdd ou ContEven indiquant la réception réussie de la trame de données.

Pre	Hdr	HEC
-----	-----	-----

3.2.2.1.10 DupAck

La station réceptrice utilise cette trame en réponse à une trame de données Connect0 ou Connect1 indiquant que le paquet entrant est un doublon.

Pre	Hdr	HEC	SA	FCS-16
-----	-----	-----	----	--------

3.2.2.1.11 BusyNak

La station réceptrice utilise cette trame en réponse à une trame de données Connect0 ou Connect1 indiquant que les ressources tampon de la station réceptrice sont temporairement insuffisantes pour accepter les paquets entrants.

Pre	Hdr	HEC
-----	-----	-----

3.2.2.1.12 NakAbort

La station réceptrice utilise cette trame en réponse à une trame de données ContOdd ou ContEven indiquant que le récepteur n'est plus en synchronisation de trames avec l'émetteur et qu'il va annuler la réception des paquets courants ou en réponse à la dernière trame d'un paquet de données indiquant une discordance au niveau d'une séquence de contrôle des paquets.

Pre	Hdr	HEC
-----	-----	-----

3.2.2.1.13 TxAbort

La station émettrice utilise cette trame pour annuler une transmission de paquets.

Pre	Hdr	HEC
-----	-----	-----

3.2.2.1.14 ActivityFrame

L'emplacement réservé du jeton utilise cette trame pour indiquer la présence du jeton sur le réseau. Il transmet cette trame de contrôle lorsqu'il est en attente, c'est-à-dire lorsqu'il ne participe pas à un échange de paquets ou de contrôle. L'attente de l'emplacement réservé du jeton est de 19,2 ms entre deux transmissions successives de cette trame.

Pre	Hdr	HEC	SA	FCS-16
-----	-----	-----	----	--------

3.2.2.1.8 ConnAck

The frame is used as a response by the receiving station to a Connect0 or Connect1 data frame indicating that it has successfully received the first frame of the packet.

Pre	Hdr	HEC
-----	-----	-----

3.2.2.1.9 Ack

The frame is used as a response by the receiving station to a ContOdd or ContEven data frame indicating that it has successfully received the data frame.

Pre	Hdr	HEC
-----	-----	-----

3.2.2.1.10 DupAck

The frame is used as a response by the receiving station to a Connect0 or Connect1 data frame indicating that the incoming packet is a duplicate.

Pre	Hdr	HEC	SA	FCS-16
-----	-----	-----	----	--------

3.2.2.1.11 BusyNak

The frame is used as a response by the receiving station to a Connect0 or Connect1 data frame indicating that the receiving station has a temporary lack of buffer resources to accept the incoming packet.

Pre	Hdr	HEC
-----	-----	-----

3.2.2.1.12 NakAbort

The frame is used as a response by the receiving station either to a ContOdd or ContEven data frame indicating that the receiver has lost frame synchronization with the transmitter and is aborting the current packet reception, or to the last frame of a data packet indicating a packet check sequence mismatch.

Pre	Hdr	HEC
-----	-----	-----

3.2.2.1.13 TxAbort

The frame is used as by the transmitting station to abort a packet transmission.

Pre	Hdr	HEC
-----	-----	-----

3.2.2.1.14 ActivityFrame

The frame is used by the token holder to indicate the presence of the token on the network. The token holder transmits this control frame while in the idle state, i.e. while not engaged in a data packet exchange or a control exchange. The token holder waits 19,2 ms between successive transmissions of this frame.

Pre	Hdr	HEC	SA	FCS-16
-----	-----	-----	----	--------

3.2.2.1.15 Resync

Une trame Connect0/Connect1 dont la valeur de champ Len est 0 indique un paquet de resynchronisation des numéros de séquences. Ainsi, le récepteur ne considère pas le paquet suivant comme un doublon et ne le rejette pas.

Pre	Hdr	HEC	DA	SA	Len = 0	FCS-16
-----	-----	-----	----	----	---------	--------

3.2.2.2 Format de trame de données LLC

Les trames de données LLC possèdent une adresse de destination et une unité de données spécifiées par la sous-couche LLC d'une station. La sous-couche MAC décompose cette unité de données LLC en une séquence de trames de taille maximale en vue de la transmission à l'adresse de la station spécifiée dans le champ DA. La première trame du paquet est une trame Connect0 ou Connect1 (ou RepeatConnect0/RepeatConnect1) et est suivie d'une séquence alternant les trames ContOdd et ContEven, jusqu'à la transmission de la totalité de l'unité de données LLC.

3.2.2.2.1 Connect0/Connect1 et RepeatConnect0/RepeatConnect1

Il s'agit de la première trame d'un paquet envoyé à l'adresse de la station spécifiée dans le champ DA. Pour chaque nouveau paquet, la première trame envoyée à la même adresse DA alterne les trames Connect0 et Connect1 pour permettre la détection de doublons par le récepteur. Dans le cas d'une trame RepeatConnect, la destination finale du paquet est contenue dans les deux premiers octets du champ de données. L'octet le plus significatif de l'adresse, à savoir l'ID de réseau, n'est pas inclus car les répéteurs fonctionnent uniquement au sein d'un réseau unique, c'est-à-dire avec un ID de réseau commun.

Pre	Hdr	HEC	DA	SA	Len	FCS-16
-----	-----	-----	----	----	-----	--------

3.2.2.2.2 ContOdd/ContEven

Les trames succédant à une trame Connect alternent entre des trames ContOdd et ContEven. Les trames intermédiaires contiennent un seul bloc de données de 8 octets, alors que la dernière trame du paquet peut contenir un bloc de données de 1 octet à 8 octets. Les deux derniers octets du paquet contiennent le CRC-UIT-T ($g(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$) obtenu à partir du paramètre M-sdu, c'est-à-dire les octets Len de ce paquet.

Pre	Hdr	HEC	Block	FCS-16
-----	-----	-----	-------	--------

3.2.2.2.3 Connect_broadcast

Il s'agit de la première trame d'un paquet de diffusion. Etant donné que les demandes de retransmission de la part du récepteur sont impossibles, cette trame est répétée huit fois afin que les chances de réception de paquets de diffusion par toutes les stations réceptrices soient maximales. Le champ SeqNo est remis à 0 et incrémenté pour chaque transmission succédant à la trame Connect_broadcast.

Pre	Hdr	HEC	SeqNo	SA	Len	FCS-16
-----	-----	-----	-------	----	-----	--------

3.2.2.2.4 ContOdd_broadcast/ContEven_broadcast

Les trames succédant à la trame Connect_broadcast alternent entre des trames ContOdd_broadcast et ContEven_broadcast. Chaque trame ContOdd_/ContEven_broadcast est répétée trois fois. Les trames intermédiaires contiennent deux blocs de données, alors que la dernière trame du paquet peut en contenir un ou deux. Les deux derniers octets du paquet contiennent le CRC-UIT-T ($g(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$) obtenu à partir du paramètre M-sdu, c'est-à-dire les octets Len de ce paquet.

Pre	Hdr	HEC	Block-Brd1	Block-Brd2
-----	-----	-----	------------	------------

3.2.2.1.15 Resync

A Connect0/Connect1 frame with the Len field set to 0 indicates a sequence number resynchronization packet. This prevents the receiver from discarding the subsequent packet as a duplicate.

Pre	Hdr	HEC	DA	SA	Len = 0	FCS-16
-----	-----	-----	----	----	---------	--------

3.2.2.2 LLC data frame format

LLC data frames have a DA and a data-unit specified by a station's LLC sublayer. The MAC sublayer decomposes this LLC data-unit into a sequence of maximum-sized frames for transmission to the station address specified by DA. The first frame of the packet is a Connect0 or Connect1 (or RepeatConnect0/RepeatConnect1) and is followed by an alternating sequence of ContOdd and ContEven frames until the entire LLC data-unit has been transmitted.

3.2.2.2.1 Connect0/Connect1 and RepeatConnect0/RepeatConnect1

The first frame of a packet to the station address specified by DA. The first frame to the same DA alternates between Connect0 and Connect1 for each new packet to enable receiver duplicate detection. In the case of a RepeatConnect, the final destination for the packet is contained in the first 2 bytes of the data field. The most significant byte of the address, the NetID, is not included, as repeaters only function within a single network, i.e. a common NetID.

Pre	Hdr	HEC	DA	SA	Len	FCS-16
-----	-----	-----	----	----	-----	--------

3.2.2.2.2 ContOdd/ContEven

Frames succeeding the Connect frame alternate between ContOdd and ContEven. Intermediate frames contain a single 8-byte data block, while the last frame of the packet can contain from 1 byte to 8 bytes in the data block. The last 2 bytes of the packet contain the CRC- ITU-T ($g(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$) over the M-sdu, i.e., the Len bytes of the packet.

Pre	Hdr	HEC	Block	FCS-16
-----	-----	-----	-------	--------

3.2.2.2.3 Connect_broadcast

The first frame of a broadcast packet. The frame is repeated eight times to allow all receiving stations ample opportunity to initiate a broadcast packet reception since receiver requests for retransmission are not possible. The SeqNo field is initialized to 0 and is incremented for each subsequent transmission of the Connect_broadcast frame.

Pre	Hdr	HEC	SeqNo	SA	Len	FCS-16
-----	-----	-----	-------	----	-----	--------

3.2.2.2.4 ContOdd_broadcast/ContEven_broadcast

Frames succeeding the Connect_broadcast frame alternate between ContOdd_broadcast and ContEven_broadcast. Each ContOdd_/ContEven_broadcast is repeated three times. Intermediate frames contain two data blocks, while the last frame of the packet can contain one or two data blocks. The last 2 bytes of the packet contain the CRC- ITU-T ($g(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$) over the M-sdu, i.e. the Len bytes of the packet.

Pre	Hdr	HEC	Block-Brd1	Block-Brd2
-----	-----	-----	------------	------------

3.2.3 Valeurs du champ d'en-tête de trame

Tableau 2 – Valeurs des champs d'en-tête de trame

Champ et type d'en-tête	Valeur (Hex)
Préambule (voir 2.4.3)	
Sync	01
EOS	EE
Trames de contrôle (voir 3.2.2.1)	
Poll	70
PollHandshake	05
ReturnControl	06
Token	78
TokenHandshake	08
Nak	03
LongAck	58
ConnAck	11
Ack	12
DupAck	15
BusyNak	10
NakAbort	13
TxAbort	30
ActivityFrame	20
Trames de données (voir 3.2.2.2)	
Connect0	E0
Connect1	C0
RepeatConnect0	E8
RepeatConnect1	C8
ContOdd ^a	A0..A7
ContEven ^a	80..87
ConnectBroadcast	18
ContOddBroadcast ^b (1 bloc)	40
ContOddBroadcast ^b (2 blocs)	41
ContEvenBroadcast ^b (1 bloc)	44
ContEvenBroadcast ^b (2 blocs)	45
^a ContOdd et ContEven associent la valeur d'en-tête au nombre d'octets du champ de données à l'aide des 3 bits les moins significatifs. ^b ContOddBroadcast et ContEvenBroadcast associent la valeur d'en-tête au nombre de blocs de sous-trame du champ de données à l'aide des 2 bits les moins significatifs.	

3.2.4 Trames incorrectes

Une trame incorrecte remplit au moins l'une des conditions suivantes:

- a) le type d'en-tête contient une valeur indéfinie;
- b) le champ de contrôle d'erreurs d'en-tête reçu ne correspond pas à la valeur générée;
- c) le champ FCS-16 reçu ne correspond pas à la valeur générée.

3.2.3 Frame header field values

Table 2 – Frame header field values

Header field and type	Value (Hex)
Preamble (see 2.4.3)	
Sync	01
EOS	EE
Control frames (see 3.2.2.1)	
Poll	70
PollHandshake	05
ReturnControl	06
Token	78
TokenHandshake	08
Nak	03
LongAck	58
ConnAck	11
Ack	12
DupAck	15
BusyNak	10
NakAbort	13
TxAbort	30
ActivityFrame	20
Data frames (see 3.2.2.2)	
Connect0	E0
Connect1	C0
RepeatConnect0	E8
RepeatConnect1	C8
ContOdd ^a	A0..A7
ContEven ^a	80..87
ConnectBroadcast	18
ContOddBroadcast ^b (1 block)	40
ContOddBroadcast ^b (2 blocks)	41
ContEvenBroadcast ^b (1 block)	44
ContEvenBroadcast ^b (2 blocks)	45
^a ContOdd and ContEven combine the header value with the number of bytes in the Data field using the least significant 3 bits. ^b ContOddBroadcast and ContEvenBroadcast combine the header value with the number of subframe blocks in the Data field using the least significant 2 bits.	

3.2.4 Invalid Frames

An invalid frame is defined as one which meets at least one of the following conditions:

- a) the Header Type contains an undefined value;
- b) the received Header Error Control field does not match the generated value;
- c) the received FCS-16 field does not match the generated value.

3.3 Fonctionnement de la sous-couche MAC

3.3.1 Présentation

La sous-couche MAC présentée remplit les fonctions suivantes:

- gestion des accès au support;
- décomposition et recomposition des unités de données LLC;
- adressage;
- détection et correction d'erreurs/ARQ;
- interface LLC.

Pour remédier à la nature hostile du support physique et obtenir des protocoles de communication de données fiables, il faut que la sous-couche MAC comprenne certaines fonctions généralement associées à une procédure de contrôle de liaison de données. Un tel protocole de liaison bas niveau basé sur une couche physique à support optimisé fournit une structure fiable pour les fonctions de gestion des accès au support généralement associées à la sous-couche MAC. Il faut que cette gestion soit également optimisée en fonction de la nature du support physique. Ainsi, une approche hiérarchique permet de transformer le support de nature hostile en un fournisseur de services fiable pour la sous-couche LLC.

La décomposition d'une unité de données LLC en trames plus courtes constitue une des fonctionnalités clés du protocole de liaison de bas niveau. Seule une certaine quantité d'informations contiguës peut être transmise sur le support avant qu'un défaut de transmission ne survienne. Cette caractéristique du support définit la nécessité d'une trame courte. Ce processus de décomposition est décrit en 3.3.2 pour une transmission de données en monodiffusion et en 3.3.3 pour une transmission de données en multidiffusion.

L'efficacité de l'adaptabilité de l'égalisation constitue un autre avantage du protocole de liaison de bas niveau basé sur des trames courtes. Le récepteur est en mesure de s'adapter aux variations constantes des conditions du support.

La combinaison de la détection et de la correction rigoureuses des erreurs représente une autre fonctionnalité clé. Contrairement aux protocoles de liaison utilisant des supports fiables, la correction d'erreurs permet de réduire le nombre de retransmissions générées lorsque seule la détection d'erreurs est mise en œuvre.

3.3.2 Echange de paquets de données

Lorsque la sous-couche LLC demande la transmission d'une unité de données, la sous-couche MAC ajoute aux paquets une adresse de destination, une adresse source et le champ de longueur. Elle ajoute également une séquence de contrôle de paquets, CRC-UIT-T, à la fin de l'unité de données LLC. Elle décompose ensuite cette unité de données LLC encapsulée en une séquence de trames de taille maximale en vue de la transmission à l'adresse de la station spécifiée dans le champ DA. La première trame du paquet est une trame Connect0 ou Connect1, et est suivie d'une séquence alternant entre les trames ContOdd et ContEven, jusqu'à la transmission de la totalité de l'unité de données LLC.

Après la transmission d'une trame Connect0 ou Connect1, la station de destination peut envoyer les réponses suivantes:

- ConnAck – indique la réception correcte de la trame; l'émetteur peut transmettre la trame suivante, ContOdd;
- BusyNak – indique que les ressources tampon de la station de destination sont actuellement insuffisantes pour prendre en charge le paquet de données;
- DupAck – indique que la station de destination a identifié ce paquet comme doublon; l'émetteur a traité la demande de transmission LLC;

3.3 MAC sublayer operation

3.3.1 Overview

The MAC sublayer presented here performs the following functions:

- medium access management;
- LLC data-unit decomposition and recomposition;
- addressing;
- error correction and error detection/ARQ;
- LLC interface.

To overcome the hostile nature of the physical medium for reliable data communications, the MAC sublayer must incorporate some functions generally associated with a data link control procedure. Such a low-level link protocol using a foundation of a medium-optimized physical layer provides a reliable structure for the medium access management functions generally associated with the MAC sublayer. The medium access management must also be optimized for the nature of the physical medium. Thus, a hierarchical approach is used to transform the hostile nature of the medium to a reliable service provider for the LLC sublayer.

One of the key features of the low-level link protocol is the decomposition of an LLC data-unit to shorter frames. Only a certain amount of contiguous information can be transmitted on the medium before it is almost a certainty that the transmission will be corrupted. This characteristic of the medium sets the requirement for a short frame. This decomposition process is described for a unicast data transmission in 3.3.2 and for a broadcast data transmission in 3.3.3.

An additional benefit of a low-level link protocol based on short frames is the effectiveness of adaptive equalization. The receiver can adaptively equalize on a frame basis to the constantly changing conditions of the medium.

Another key feature is the combination of rigorous error correction and error detection. In contrast to link protocols that operate on reliable media, error correction is required to minimize the number of retransmissions that would result if error detection alone was used.

3.3.2 Data packet exchange

When the LLC sublayer requests the transmission of a data-unit, the MAC sublayer appends a destination address, source address, and length field to the packet. It appends a packet check sequence, CRC-ITU-T, at the end of the LLC data-unit. It then decomposes this encapsulated LLC data-unit into a sequence of maximum-sized frames for transmission to the station address specified by DA. The first frame of the packet is a Connect0 or Connect1 and is followed by an alternating sequence of ContOdd and ContEven frames until the entire LLC data-unit has been transmitted.

After the transmission of a Connect0 or Connect1 frame, the following responses can be received from the destination station:

- ConnAck – indicating the correct reception of the frame; the transmitter can advance to the next frame, ContOdd;
- BusyNak – indicating that the destination station has insufficient buffer resources to accommodate the data packet at this time;
- DupAck – indicating that the destination station detected this packet as a duplicate; the transmitter has completed the LLC transmission request;

- time-out – indique que la station de destination n'a pas reçu la trame ou que l'émetteur n'a pas reçu de réponse; il faut que ce dernier procède à la retransmission de la trame Connect. La temporisation équivaut à deux intervalles intertrames plus la durée correspondant à la réponse la plus longue.

Après la transmission d'une trame ContOdd ou ContEven, la station de destination peut envoyer les réponses suivantes:

- Ack – indique la réception correcte de la trame; l'émetteur peut transmettre la trame suivante;
- Nak – indique que des erreurs ont été détectées lors de la réception de la trame; il faut que l'émetteur procède à une retransmission de cette trame;
- LongAck – cette réponse est utilisée uniquement pour la dernière trame du paquet. Elle indique que la réception de la totalité du paquet par la station de destination s'est correctement déroulée, incluant la concordance du paquet CRC-UIT-T. L'émetteur a effectué la demande de transmission LLC;
- time-out – indique que la station de destination n'a pas reçu la trame ou que l'émetteur n'a pas reçu de réponse; il faut que ce dernier procède à la retransmission de la trame. La temporisation équivaut à deux intervalles intertrames plus la durée de la réponse la plus longue. Cette valeur est différente pour les trames intermédiaires et la dernière trame du paquet.

3.3.3 Echange de paquets de données de diffusion

Lorsque la sous-couche LLC demande la transmission de diffusion d'une unité de données, la sous-couche MAC ajoute une adresse source et la longueur du champ au paquet. Elle ajoute également une séquence de contrôle du paquet, FCS-16, à la fin de l'unité de données LLC. Elle décompose alors cette unité de données encapsulée en une séquence de trames de taille maximale en vue de la transmission de diffusion à toutes les stations. La première trame du paquet est une trame Connect_broadcast et est suivie d'une séquence alternant entre les trames ContOdd_broadcast et ContEven_broadcast, jusqu'à la transmission complète de l'unité de données LLC.

Lors d'une transmission de diffusion, les stations réceptrices ne peuvent pas répondre à l'émetteur par des accusés de réception ou des demandes de retransmission. La trame Connect_broadcast est répétée huit fois afin de permettre à toutes les stations réceptrices de recevoir un paquet de diffusion. Toutes les trames ContOdd_broadcast et ContEven_broadcast suivantes sont répétées trois fois afin de permettre aux stations réceptrices de recevoir au moins une trame sans erreur.

3.3.4 Echange d'invitation à émettre

L'emplacement réservé du jeton peut demander à une station de déterminer si elle a besoin de l'accès au réseau pour envoyer un ou des paquets placés dans la file d'attente à l'aide d'une trame Poll. Une trame Poll équivaut à la méthode du passage du jeton, à la différence près qu'il faut que la station spécifiée dans le champ DA renvoie le jeton à l'émetteur après la transmission.

La station de destination peut envoyer les réponses suivantes:

- Nak – indique que la station ne requiert pas l'accès au réseau, car aucun paquet de données ne figure dans la file d'attente;
- LongAck – indique que la station a des paquets de données en attente et requiert l'accès au réseau. L'emplacement réservé du jeton peut fournir à la station l'accès au réseau;
- time-out – indique que la station de destination n'a pas reçu la trame Poll ou que l'emplacement réservé du jeton n'a pas reçu de réponse; celui-ci peut procéder à la retransmission de la trame Poll. La temporisation équivaut à deux intervalles intertrames plus la longueur de la réponse la plus longue.

- time-out – indicating that either the destination station did not receive the frame or the transmitter did not receive the response; the transmitter must retransmit the Connect frame. The time-out duration is equal to two interframe gaps plus the length of the longest possible response.

After the transmission of a ContOdd or ContEven frame, the following responses can be received from the destination station:

- Ack – indicating the correct reception of the frame; the transmitter can advance to the next frame;
- Nak – indicating that the frame was received with errors; the transmitter must retransmit the frame;
- LongAck – this response is only valid for the last frame of the packet. It indicates that the destination station has received the entire packet successfully, including the correct match of the packet CRC-ITU-T. The transmitter has completed the LLC transmission request;
- time-out – indicating that either the destination station did not receive the frame or the transmitter did not receive the response; the transmitter must retransmit the frame. The time-out duration is equal to two interframe gaps plus the length of the longest possible response. Note this value is different for intermediate frames and the last frame of the packet.

3.3.3 Broadcast data packet exchange

When the LLC sublayer requests the broadcast transmission of a data-unit, the MAC sublayer appends a source address and length field to the packet. It appends a packet check sequence, FCS-16, at the end of the LLC data-unit. It then decomposes this encapsulated LLC data-unit into a sequence of maximum-sized frames for broadcast transmission to all stations. The first frame of the packet is a Connect_broadcast and is followed by an alternating sequence of ContOdd_broadcast and ContEven_broadcast frames until the entire LLC data-unit has been transmitted.

In a broadcast transmission, the receiving stations cannot respond to the transmitter with acknowledgments or requests for retransmission. The Connect_broadcast frame is repeated eight times to allow all receiving stations the opportunity to initiate a broadcast packet reception. All subsequent ContOdd_broadcast and ContEven_broadcast frames are repeated three times to allow the receiving stations sufficient opportunity to receive at least one error-free frame from each repeated frame.

3.3.4 Polling Exchange

The token holder can query a station to determine if it requires access to the network to send queued data packet(s) by using a Poll frame. A Poll is equivalent to a token pass except that the station specified by DA must return the token to the originator after completing its transmission.

The destination station can respond as follows:

- Nak – indicating that the station does not require access to the network as it has no queued data packets;
- LongAck – indicating that the station has queued data packets and requires access to the network. The token holder can continue with granting the station access to the network;
- time-out – indicating that either the destination station did not receive the Poll frame or the token holder did not receive the response; the token holder can retransmit the Poll frame. The time-out duration is equal to two interframe gaps plus the length of the longest possible response.

Si la station de destination émet la réponse LongAck, l'emplacement réservé du jeton utilise la trame PollHandshake pour procéder à l'échange du contrôle. Cela permet à la station de destination de démarrer la transmission du ou des paquets de données mis en file d'attente; lorsque les transmissions ont été effectuées, la station de destination rend le contrôle du jeton à l'emplacement réservé initial du jeton à l'aide d'une trame ReturnControl.

3.3.5 Echange du jeton

L'emplacement réservé du jeton peut demander à une station, en envoyant une trame Token, de déterminer si elle accepte le jeton.

La station de destination peut envoyer les réponses suivantes:

- Nak – indique que la station n'accepte pas le jeton;
- LongAck – indique que la station accepte le jeton; l'emplacement réservé du jeton peut transférer le jeton vers la station;
- time-out – indique que la station de destination n'a pas reçu la trame Token ou que l'emplacement réservé du jeton n'a pas reçu de réponse; celui-ci peut retransmettre la trame Token. La temporisation équivaut à deux intervalles intertrames plus la durée de la réponse la plus longue.

Si la station de destination émet la réponse LongAck, l'emplacement réservé du jeton utilise une trame TokenHandshake pour procéder à l'échange du jeton. Cela indique à la station de destination que le jeton est à présent en sa possession et qu'il convient qu'elle prenne en charge le contrôle du réseau.

If the destination station responds with a LongAck, the token holder completes the control exchange with a PollHandshake frame. This allows the destination station to start transmitting its queued data packets(s). On completion of its transmissions, the destination station returns control of the token to the originating token holder with a ReturnControl frame.

3.3.5 Token exchange

The token holder can query a station to determine if it will accept the token by sending a Token frame.

The destination station can respond as follows:

- Nak – indicating that the station cannot accept the token;
- LongAck – indicating that the station will accept the token. The token holder can continue with transferring the token to the station;
- time-out – indicating that either the destination station did not receive the Token frame or the token holder did not receive the response; the token holder can retransmit the Token frame. The time-out duration is equal to two interframe gaps plus the length of the longest possible response.

If the destination station responds with a LongAck, the token holder completes the token exchange with a TokenHandshake frame. This signals the destination station that the token is now in its possession and it should assume control of the network.



Standards Survey

The IEC would like to offer you the best quality standards possible. To make sure that we continue to meet your needs, your feedback is essential. Would you please take a minute to answer the questions overleaf and fax them to us at +41 22 919 03 00 or mail them to the address below. Thank you!

Customer Service Centre (CSC)

International Electrotechnical Commission

3, rue de Varembe
1211 Genève 20
Switzerland

or

Fax to: **IEC/CSC** at +41 22 919 03 00

Thank you for your contribution to the standards-making process.

A Prioritaire

Nicht frankieren
Ne pas affranchir



Non affrancare
No stamp required

RÉPONSE PAYÉE

SUISSE

Customer Service Centre (CSC)
International Electrotechnical Commission
3, rue de Varembe
1211 GENEVA 20
Switzerland



Q1 Please report on **ONE STANDARD** and **ONE STANDARD ONLY**. Enter the exact number of the standard: (e.g. 60601-1-1)

.....

Q2 Please tell us in what capacity(ies) you bought the standard (tick all that apply). I am the/a:

- purchasing agent ☐
librarian ☐
researcher ☐
design engineer ☐
safety engineer ☐
testing engineer ☐
marketing specialist ☐
other

Q3 I work for/in/as a:
(tick all that apply)

- manufacturing ☐
consultant ☐
government ☐
test/certification facility ☐
public utility ☐
education ☐
military ☐
other

Q4 This standard will be used for:
(tick all that apply)

- general reference ☐
product research ☐
product design/development ☐
specifications ☐
tenders ☐
quality assessment ☐
certification ☐
technical documentation ☐
thesis ☐
manufacturing ☐
other

Q5 This standard meets my needs:
(tick one)

- not at all ☐
nearly ☐
fairly well ☐
exactly ☐

Q6 If you ticked NOT AT ALL in Question 5 the reason is: (tick all that apply)

- standard is out of date ☐
standard is incomplete ☐
standard is too academic ☐
standard is too superficial ☐
title is misleading ☐
I made the wrong choice ☐
other

Q7 Please assess the standard in the following categories, using the numbers:

- (1) unacceptable,
(2) below average,
(3) average,
(4) above average,
(5) exceptional,
(6) not applicable

- timeliness
quality of writing.....
technical contents.....
logic of arrangement of contents
tables, charts, graphs, figures.....
other

Q8 I read/use the: (tick one)

- French text only ☐
English text only ☐
both English and French texts ☐

Q9 Please share any comment on any aspect of the IEC that you would like us to know:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....





Enquête sur les normes

La CEI ambitionne de vous offrir les meilleures normes possibles. Pour nous assurer que nous continuons à répondre à votre attente, nous avons besoin de quelques renseignements de votre part. Nous vous demandons simplement de consacrer un instant pour répondre au questionnaire ci-après et de nous le retourner par fax au +41 22 919 03 00 ou par courrier à l'adresse ci-dessous. Merci !

Centre du Service Clientèle (CSC)

Commission Electrotechnique Internationale

3, rue de Varembé

1211 Genève 20

Suisse

ou

Télécopie: **CEI/CSC** +41 22 919 03 00

Nous vous remercions de la contribution que vous voudrez bien apporter ainsi à la Normalisation Internationale.

A Prioritaire

Nicht frankieren
Ne pas affranchir



Non affrancare
No stamp required

RÉPONSE PAYÉE

SUISSE

Centre du Service Clientèle (CSC)

Commission Electrotechnique Internationale

3, rue de Varembé

1211 GENÈVE 20

Suisse



Q1 Veuillez ne mentionner qu'**UNE SEULE NORME** et indiquer son numéro exact:
(ex. 60601-1-1)
.....

Q2 En tant qu'acheteur de cette norme, quelle est votre fonction?
(cochez tout ce qui convient)
Je suis le/un:

- agent d'un service d'achat ☐
- bibliothécaire ☐
- chercheur ☐
- ingénieur concepteur ☐
- ingénieur sécurité ☐
- ingénieur d'essais ☐
- spécialiste en marketing ☐
- autre(s).....

Q3 Je travaille:
(cochez tout ce qui convient)

- dans l'industrie ☐
- comme consultant ☐
- pour un gouvernement ☐
- pour un organisme d'essais/ certification ☐
- dans un service public ☐
- dans l'enseignement ☐
- comme militaire ☐
- autre(s).....

Q4 Cette norme sera utilisée pour/comme
(cochez tout ce qui convient)

- ouvrage de référence ☐
- une recherche de produit ☐
- une étude/développement de produit ☐
- des spécifications ☐
- des soumissions ☐
- une évaluation de la qualité ☐
- une certification ☐
- une documentation technique ☐
- une thèse ☐
- la fabrication ☐
- autre(s).....

Q5 Cette norme répond-elle à vos besoins:
(une seule réponse)

- pas du tout ☐
- à peu près ☐
- assez bien ☐
- parfaitement ☐

Q6 Si vous avez répondu PAS DU TOUT à Q5, c'est pour la/les raison(s) suivantes:
(cochez tout ce qui convient)

- la norme a besoin d'être révisée ☐
- la norme est incomplète ☐
- la norme est trop théorique ☐
- la norme est trop superficielle ☐
- le titre est équivoque ☐
- je n'ai pas fait le bon choix ☐
- autre(s)

Q7 Veuillez évaluer chacun des critères ci-dessous en utilisant les chiffres
(1) inacceptable,
(2) au-dessous de la moyenne,
(3) moyen,
(4) au-dessus de la moyenne,
(5) exceptionnel,
(6) sans objet

- publication en temps opportun
- qualité de la rédaction.....
- contenu technique
- disposition logique du contenu
- tableaux, diagrammes, graphiques, figures
- autre(s)

Q8 Je lis/utilise: (une seule réponse)

- uniquement le texte français ☐
- uniquement le texte anglais ☐
- les textes anglais et français ☐

Q9 Veuillez nous faire part de vos observations éventuelles sur la CEI:

-
-
-
-
-



ISBN 2-8318-5485-7



9 782831 854854

ICS 33.200
