

**RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT**

**CEI
IEC**

61334-5-2

Première édition
First edition
1998-05

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

Partie 5-2:

Profils des couches basses –

**Profil FSK (modulation par déplacement
de fréquence)**

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

Part 5-2:

Lower layer profiles –

Frequency shift keying (FSK) profile



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61334-5-2:1998

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications 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.

Validité de la présente publication

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 la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- **«Site web» de la CEI***
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. 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.

Validity of this publication

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 the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

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 to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT**

**CEI
IEC**

61334-5-2

Première édition
First edition
1998-05

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

Partie 5-2:

Profils des couches basses –

**Profil FSK (modulation par déplacement
de fréquence)**

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

Part 5-2:

Lower layer profiles –

Frequency shift keying (FSK) profile



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61334-5-2:1998

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	8
Articles	
1 Généralités	12
1.1 Domaine d'application et objet.....	12
1.2 Références normatives	12
1.3 Acronymes.....	14
2 Structure du profil des couches basses	16
2.1 Sous-couche MAC	16
2.2 Sous-couche PLS.....	18
2.3 MAU	18
3 Sous-couche MAC.....	18
3.1 Généralités	18
3.2 Classes de service	20
3.2.1 Classes de service en mode orienté connexion (CO)	20
3.2.2 Classes de service en mode sans connexion (CL)	24
3.3 Services MAC	30
3.4 Interfaces entre MAC et LLC	30
3.4.1 MA_Data.request	30
3.4.1.1 Fonction.....	30
3.4.1.2 Structure.....	30
3.4.1.3 Utilisation.....	30
3.4.2 MA_Data.indication	32
3.4.2.1 Fonction.....	32
3.4.2.2 Structure.....	32
3.4.2.3 Utilisation.....	32
3.4.3 MA_Data.confirm.....	32
3.4.3.1 Fonction.....	32
3.4.3.2 Structure.....	32
3.4.3.3 Utilisation.....	32
3.5 Interfaces entre MAC et la couche Physique.....	32
3.6 Interface entre MAC et la couche Gestion.....	34
3.6.1 Fonction.....	34
3.6.2 Structure	34
3.6.3 Utilisation	34
3.7 Format de la trame MAC	34
3.8 Trame MAC	36

CONTENTS

	Page
FOREWORD	9
Clause	
1 General.....	13
1.1 Scope and object	13
1.2 Normative references	13
1.3 Acronyms.....	15
2 The lower layer profile structure	17
2.1 MAC sublayer	17
2.2 PLS sublayer.....	19
2.3 MAU	19
3 MAC sublayer.....	19
3.1 Overview.....	19
3.2 Classes of service	21
3.2.1 Class of service in connection oriented (CO) mode	21
3.2.2 Class of service in connectionless (CL) mode	25
3.3 MAC services.....	31
3.4 MAC to LLC interfaces	31
3.4.1 MA_Data.request	31
3.4.1.1 Function	31
3.4.1.2 Structure	31
3.4.1.3 Use	31
3.4.2 MA_Data.indication	33
3.4.2.1 Function	33
3.4.2.2 Structure	33
3.4.2.3 Use	33
3.4.3 MA_Data.confirm.....	33
3.4.3.1 Function	33
3.4.3.2 Structure	33
3.4.3.3 Use	33
3.5 MAC to Physical layer interfaces	33
3.6 MAC to Layer Management Interface.....	35
3.6.1 Function.....	35
3.6.2 Structure	35
3.6.3 Use	35
3.7 MAC frame format.....	35
3.8 MAC frame.....	37

Articles	Pages
3.9 Eléments de la trame MAC.....	36
3.9.1 Preamble = préambule	36
3.9.2 Flag = délimiteur	38
3.9.3 Address = adresse	38
3.9.4 Control = commande	38
3.9.4.1 Style de répétition 1.....	38
3.9.4.2 Style de répétition 2.....	42
3.9.5 Repetition = répétition	44
3.9.6 Information.....	46
3.9.7 Frame Checking Sequence (FCS) = séquence de contrôle de trame.....	46
3.10 Trame MAC invalide.....	46
3.11 Procédures MAC.....	46
3.11.1 Procédures MACph	46
3.11.1.1 Transmettre une trame.....	46
3.11.1.2 Recevoir une trame	48
3.11.1.3 Détection d'un retard de phase AC.....	48
3.11.2 Procédures MACre	48
3.11.3 Procédures de répétitions MAC de Style 1.....	52
3.11.3.1 Service_Class = 1	52
3.11.3.2 Service_Class = 2	52
3.11.4 Procédure de répétition MAC de Style 2.....	54
3.12 Gestion des répétitions.....	60
3.13 Changements d'état de MAC	62
3.13.1 Tableau de changements d'état pour une exploitation de Style 1.....	62
3.13.2 Description des états.....	64
3.13.3 Description des changements d'état	66
3.13.4 Description des actions	66
3.13.5 Notation utilisée dans le tableau de changements d'état	68
4 Sous-couche PLS.....	68
4.1 Spécification de service PLS	68
4.1.1 Description globale du service	68
4.1.2 Spécifications détaillées des services	68
4.1.2.1 Ph_Data.request	68
4.1.2.2 Ph_Data.confirm	70
4.1.2.3 Ph_Data.indication	70
4.1.2.4 Ph_ZC.indication	72
4.2 Structure et synchronisation des trames	72
4.2.1 Structure des trames	72
4.2.2 Synchronisation des trames.....	74

Clause	Page
3.9 Elements of the MAC frame.....	37
3.9.1 Preamble	37
3.9.2 Flag	39
3.9.3 Address	39
3.9.4 Control	39
3.9.4.1 Repetition Style 1.....	39
3.9.4.2 Repetition Style 2.....	43
3.9.5 Repetition.....	45
3.9.6 Information.....	47
3.9.7 Frame Checking Sequence (FCS)	47
3.10 MAC invalid frame	47
3.11 MAC procedures	47
3.11.1 MACph procedures.....	47
3.11.1.1 Transmit a frame	47
3.11.1.2 Receive a frame	49
3.11.1.3 Detection of the AC phase delay	49
3.11.2 MACre procedures	49
3.11.3 MAC repetition procedures Style 1.....	53
3.11.3.1 Service_Class = 1.....	53
3.11.3.2 Service_Class = 2.....	53
3.11.4 MAC repetition procedures Style 2.....	55
3.12 Repetition management	61
3.13 MAC state transition.....	63
3.13.1 State transition table for the operation Style 1.....	63
3.13.2 State description	65
3.13.3 Event descriptions.....	67
3.13.4 Actions description	67
3.13.5 Notation used in the transition table.....	69
4 PLS sublayer.....	69
4.1 PLS service specification	69
4.1.1 General description of the service.....	69
4.1.2 Detailed specification of the service.....	69
4.1.2.1 Ph_Data.request.....	69
4.1.2.2 Ph_Data.confirm	71
4.1.2.3 Ph_Data.indication.....	71
4.1.2.4 Ph_ZC.indication	73
4.2 Frame structure and synchronization	73
4.2.1 Frame structure.....	73
4.2.2 Frame synchronization	75

Articles	Pages
4.3 Caractéristiques de MI	74
4.3.1 Description globale des caractéristiques	74
4.3.2 Description détaillée des signaux.....	74
4.3.2.1 Transmit Data (TD = transmettre des données)	74
4.3.2.2 Receive Data (RD = recevoir des données)	74
4.3.2.3 Mode Control (MC = mode de contrôle)	76
4.3.2.4 Bit Clock (BC = horloge bit)	76
4.3.2.5 Zero Crossing (ZC = passage par zéro)	76
4.4 Description des procédures	76
4.4.1 Description des états du composant PLS	76
4.4.2 Description des changements d'état du composant PLS.....	76
4.4.3 Description des actions du composant PLS	78
5 MAU	80
5.1 Généralités	80
5.2 Caractéristiques générales.....	80
5.2.1 Vitesse de modulation	80
5.2.2 Plage de fréquences.....	80
5.2.3 Circuits d'échange optionnels	82
5.3 Caractéristiques des modems de moyenne tension.....	82
5.3.1 Impédance nominale d'entrée/sortie	82
5.3.2 Impédance de charge	82
5.3.3 Puissance nominale du signal de sortie	82
5.3.4 Bande de fréquence nominale du signal (BN)	84
5.3.5 Masque de transmission.....	84
5.3.6 Stabilisation de la porteuse.....	84
5.3.7 Sensibilité en entrée.....	84
5.3.8 Plage dynamique de l'entrée.....	84
5.3.9 Taux d'erreur par bit.....	84
5.3.10 Risques de récupération de l'horloge	84
5.4 Caractéristiques de modems en basse tension	84
5.4.1 Bandes de fréquences.....	84
5.4.2 Impédance d'entrée-sortie	86
5.4.3 Impédance de charge	86
5.4.4 Masque de transmission.....	86
5.4.5 Stabilisation de la fréquence du signal	86
5.4.6 Sensibilité en entrée.....	86
5.4.7 Plage dynamique en entrée	86
5.4.8 Taux d'erreur par bit.....	86
5.4.9 Risques de récupération de l'horloge	86

Clause	Page
4.3 MI characteristics	75
4.3.1 General description of the characteristics	75
4.3.2 Detailed description of the signals	75
4.3.2.1 Transmit Data (TD)	75
4.3.2.2 Receive Data (RD)	75
4.3.2.3 Mode Control (MC)	77
4.3.2.4 Bit Clock (BC)	77
4.3.2.5 Zero Crossing (ZC)	77
4.4 Description of the procedures	77
4.4.1 PLS component state descriptions	77
4.4.2 PLS component event descriptions	77
4.4.3 PLS component action descriptions	79
5 MAU	81
5.1 General	81
5.2 General characteristics	81
5.2.1 Modulation rate	81
5.2.2 Frequency range	81
5.2.3 Optional interchange circuits	83
5.3 MV modem characteristics	83
5.3.1 Nominal input-output impedance	83
5.3.2 Load impedance	83
5.3.3 Nominal signal output power	83
5.3.4 Nominal signal frequency band (BN)	85
5.3.5 Transmission mask	85
5.3.6 Carrier stabilization	85
5.3.7 Input sensitivity	85
5.3.8 Input dynamic range	85
5.3.9 Bit error rate	85
5.3.10 Recovered clock jitter	85
5.4 LV modem characteristics	85
5.4.1 Frequency bands	85
5.4.2 Input-output impedance	87
5.4.3 Load impedance	87
5.4.4 Transmission mask	87
5.4.5 Signal frequency stabilization	87
5.4.6 Input sensitivity	87
5.4.7 Input dynamic range	87
5.4.8 Bit error rate	87
5.4.9 Recovered clock jitter	87

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

Partie 5-2: Profils des couches basses – Profil FSK (modulation par déplacement de fréquence)

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique 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, 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 recommandation de la CEI et la norme nationale 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 Norme internationale 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 d'élaborer des Normes internationales. Exceptionnellement, un comité d'études peut proposer la publication d'un rapport technique de l'un des types suivants:

- type 1, lorsque, en dépit de maints efforts, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale;
- type 2, lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou lorsque, 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;
- type 3, lorsqu'un comité d'études a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales, cela pouvant comprendre, par exemple, des informations sur l'état de la technique.

Les rapports techniques des types 1 et 2 font l'objet d'un nouvel examen trois ans au plus tard après leur publication afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales. Les rapports techniques du type 3 ne doivent pas nécessairement être révisés avant que les données qu'ils contiennent ne soient plus jugées valables ou utiles.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**DISTRIBUTION AUTOMATION USING
DISTRIBUTION LINE CARRIER SYSTEMS –****Part 5-2: Lower layer profiles –
Frequency shift keying (FSK) 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 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 International Standard 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 report of one of the following types:

- type 1, when the required support cannot be obtained for the publication of an International Standard, despite repeated efforts;
- type 2, when 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;
- type 3, when a technical committee has collected data of a different kind from that which is normally published as an International Standard, for example "state of the art".

Technical reports of types 1 and 2 are subject to review within three years of publication to decide whether they can be transformed into International Standards. Technical reports of type 3 do not necessarily have to be reviewed until the data they provide are considered to be no longer valid or useful.

La CEI 61334-5-2, rapport technique de type 2, a été établie par le comité d'études 57 de la CEI: Conduite des systèmes de puissance et communications associées.

Le texte de ce rapport technique est issu des documents suivants:

Projet de comité	Rapport de vote
57/272/CDV	57/301/RVC

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

Le présent document est publié dans la série des rapports techniques de type 2 (conformément au paragraphe G.3.2.2 de la partie 1 des Directives CEI/ISO) comme «norme prospective d'application provisoire» dans le domaine du profil FSK pour l'automatisation de la distribution à l'aide de systèmes de communication à courants porteurs, car il est urgent d'avoir des indications sur la meilleure façon d'utiliser les normes dans ce domaine afin de répondre à un besoin déterminé.

Ce document ne doit pas être considéré comme une «Norme internationale». Il est proposé pour une mise en œuvre provisoire, dans le but de recueillir des informations et d'acquérir de l'expérience quant à son application dans la pratique. Il est de règle d'envoyer les observations éventuelles relatives au contenu de ce document au Bureau Central de la CEI.

Il sera procédé à un nouvel examen de ce rapport technique de type 2 trois ans au plus tard après sa publication, avec la faculté d'en prolonger la validité pendant trois autres années, de la transformer en Norme internationale ou de l'annuler.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61334-5-2:1998

IEC 61334-5-2, which is a technical report of type 2, has been prepared by IEC technical committee 57: Power system control and associated communications.

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

Committee draft	Report on voting
57/272/CDV	57/301/RVC

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

This document is issued in the type 2 technical report series of publications (according to G.3.2.2 of part 1 of the IEC/ISO Directives) as a "prospective standard for provisional application" in the field of frequency shift keying (FSK) profile for distribution automation using distribution line carrier systems because there is an urgent requirement for guidance on how standards in this field should be used to meet an identified need.

This document is not to be regarded as an "International Standard". It is proposed for provisional application so that information and experience of its use in practice may be gathered. Comments on the content of this document should be sent to the IEC Central Office.

A review of this type 2 technical report will be carried out not later than three years after its publication, with the options of extension for a further three years or conversion to an International Standard or withdrawal.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TS 61334-5-2:1998

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

Partie 5-2: Profils des couches basses – Profil FSK (modulation par déplacement de fréquence)

1 Généralités

1.1 Domaine d'application et objet

Le présent rapport technique de type 2 décrit un profil des couches basses qui inclut la sous-couche MAC (accès au support), la sous-couche PLS (signalisation physique) et les MAU (unités de raccordement au secteur) en vue de contribuer à la construction d'un jeu de normes pour une communication efficace sur les réseaux en moyenne et basse tension pour les systèmes à courants porteurs (DLC, Distribution Line Carrier).

Le présent profil utilise les techniques de modulation FSK, qui offrent l'avantage d'une mise en oeuvre bon marché, une robustesse et une résistance au bruit et aux interférences. La qualité de la transmission est en outre prévisible quand on connaît quelques paramètres du support de transmission. Utilisant une interface normalisée des signaux électriques, le modem est adapté à différentes techniques de modulation.

Des approches techniques diverses sont utilisées pour le développement des communications pour les systèmes DLC. En conséquence, des profils de bas niveau variés sont actuellement réalisables, avec des résultats acceptables en termes de performance et de coûts. Les différences entre les divers cas sont souvent mineures et il est possible de retrouver une racine commune. Le présent rapport décrit un profil de bas niveau qui rassemble des expériences communes.

Conformément à la structure du modèle d'interconnexion des systèmes ouverts, un profil de bas niveau représente une interface à la sous-couche LLC (contrôle de liaison logique) et il se compose de sous-couches telles que MAC, PLS et MAU qui présentent entre elles des interfaces bien connues.

La sous-couche MAC décrite ici fournit une interface à la fois avec le LLC en mode sans connexion (CL) (voir CEI 61334-4-32) et le LLC en mode orienté connexion (CO) (voir la CEI 61334-4-33).

L'utilisation de MAC est différente pour chaque cas à cause de la longueur de la trame et de la séquence des trames sur le support. Pour améliorer l'efficacité de la communication, différentes classes de service sont fournies. Un usage adéquat des classes de service et des paramètres associés permet une surveillance des transferts ainsi que des temps d'attente des processus impliqués dans la communication.

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. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et 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. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60495:1993, *Equipements terminaux à courants porteurs sur lignes d'énergie, à bande latérale unique*

DISTRIBUTION AUTOMATION USING DISTRIBUTION LINE CARRIER SYSTEMS –

Part 5-2: Lower layer profiles – Frequency shift keying (FSK) profile

1 General

1.1 Scope and object

This technical report of type 2 describes a lower layer profile that includes the medium access control (MAC) sublayer, the physical signalling (PLS) sublayer and the mains attachment units (MAU), with the purpose of giving a contribution to build up a set of standards for effective communication on MV and LV network for distribution line carrier (DLC) systems.

This profile uses the FSK modulation technique that offers the advantages of low cost implementation, robustness and immunity against noise and interferences. Furthermore, the transmission quality is predictable knowing few parameters of the transmission medium. Using standard electrical signal interface to the modem, the profile is effective for different modulation techniques.

Different technical approaches in developing communication for DLC systems are in progress. As a consequence, at present different low level profiles are feasible with acceptable results in terms of performance and cost-effectiveness. In many cases, the differences amongst solutions are minor and it is possible to find a common root. This report describes a low level profile that assembles some common experience.

According to the structure of the open system interconnection model, the low level profile should present a standard interface to the logical link control (LLC) sublayer and consists of sublayers such as the MAC sublayer, PLS and MAU, that present well-defined interface to each other.

The MAC sublayer here described interfaces both the LLC connectionless (CL) (see IEC 61334-4-32) and the LLC connection oriented (CO) (see IEC 61334-4-33).

The use of the MAC in the two cases is different due to the frame length and the frame sequence on the medium. To improve the efficiency of the communication, different classes of service are given. The proper use of the class of service and related parameters allow users control of the transfer and waiting time of the processes involved in the transmission.

1.2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 61334. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and 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. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60495:1993, *Single sideband power-line carrier terminals*

CEI 61334-3-1:—, *Automatisation de la distribution à l'aide de systèmes de communication à courants porteurs – Partie 3-1: Prescriptions concernant la transmission des signaux sur le secteur – Bandes de fréquences et niveaux de sortie*¹⁾

CEI 61334-3-21:1996, *Automatisation de la distribution à l'aide de systèmes de communication à courants porteurs – Partie 3-21: Prescriptions concernant la transmission des signaux sur le secteur – Dispositif de couplage phase-phase capacitif isolé MT*

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

CEI 61334-4-33:—, *Automatisation de la distribution à l'aide de systèmes de communication à courants porteurs – Partie 4-33: Protocoles de communication de données – Couche liaison de données – Contrôle de liaison logique – Protocole orienté connexion*¹⁾

ISO/CEI 3309:1993, *Technologies de l'information – Télécommunications et échange d'informations entre systèmes – Procédures de commande de liaison de données à haut niveau (HDLC) – Eléments de procédures (publiée actuellement en anglais seulement)*

UIT-T Recommandation V.24:1996, *Liste des définitions des circuits de jonction à l'interface entre l'équipement terminal de traitement de données et l'équipement de terminaison du circuit de données*

1.3 Acronymes

PLS	Sous-couche de signalisation physique
MAU	Unité de raccordement au secteur
MAC	Contrôle d'accès au support
MI	Interface MAU
LLC	Sous-couche de contrôle de liaison logique
DL	Couche de liaison de données
Ph	Couche physique
SMAP	Système de gestion de processus d'application
LMI	Interface de la couche de gestion
LME	Entité de la couche de gestion
SDU	Unité de données de service
PDU	Unité de données de protocole

¹⁾ A publier.

IEC 61334-3-1:—, *Distribution automation using distribution line carrier systems – Part 3-1: Mains signalling requirements – Frequency bands and output levels*¹⁾

IEC 61334-3-21:1996, *Distribution automation using distribution line carrier systems – Part 3-21: Mains signalling requirements – MV phase-to-phase isolated capacitive coupling device*

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

IEC 61334-4-33:—, *Distribution automation using distribution line carrier systems – Part 4-33: Data communication protocols – Data link layer – Logical link control – Connection oriented protocol*¹⁾

ISO/IEC 3309:1993, *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – High-level data link control (HDLC) procedures – Frame structure*

ITU-T Recommendation V.24:1996, *List of definitions for interchange circuits between data terminal equipment (DTE) and data circuit-terminating equipment (DCE)*

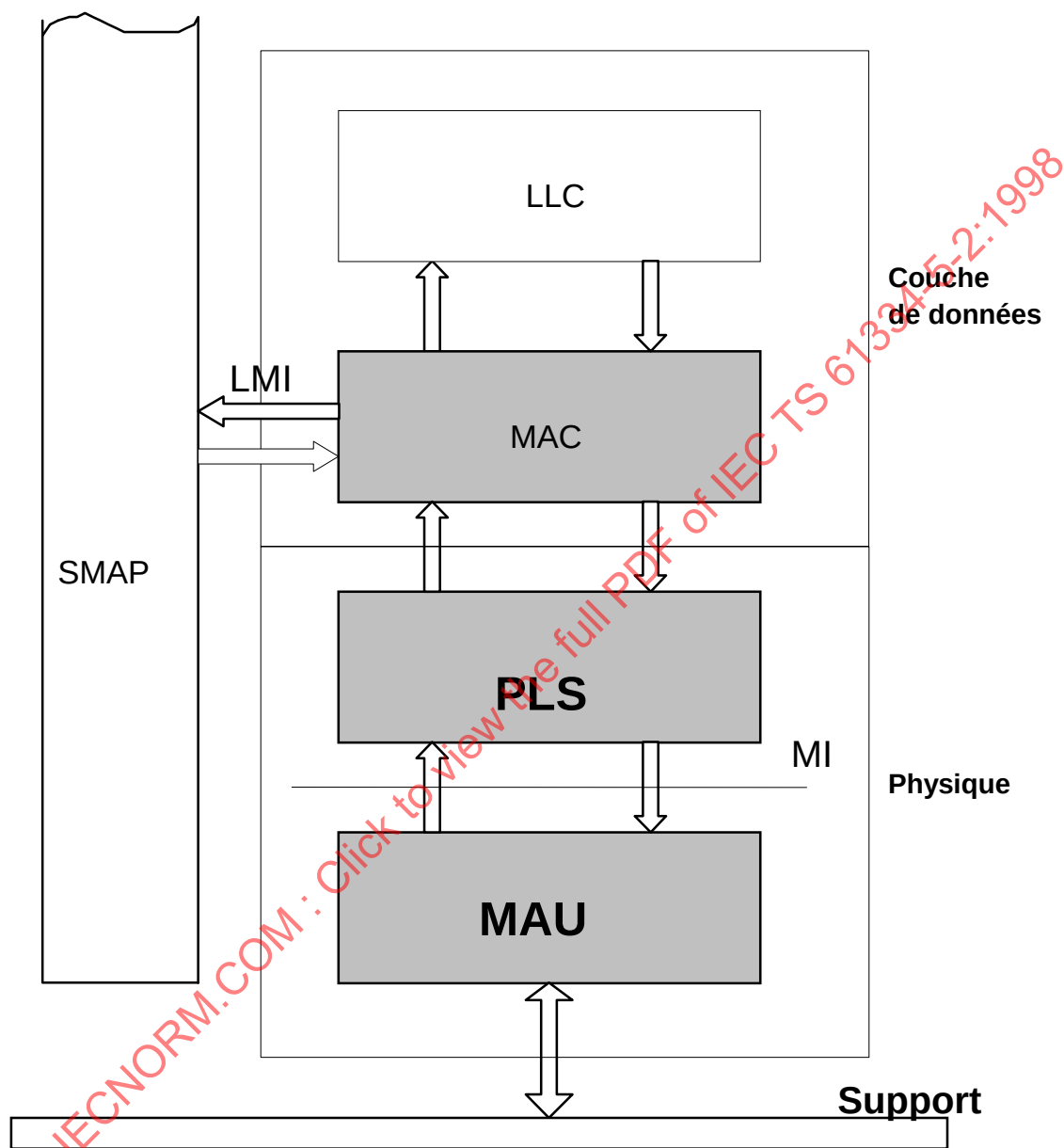
1.3 Acronyms

PLS	Physical Signalling Sublayer
MAU	Mains Attachment Unit
MAC	Medium Access Control
MI	MAU Interface
LLC	Logical Link Control sublayer
DL	Data Link layer
Ph	Physical layer
SMAP	System Management Application Process
LMI	Layer Management Interface
LME	Layer Management Entity
SDU	Service Data Unit
PDU	Protocol Data Unit

¹⁾ To be published.

2 Structure du profil des couches basses

La figure 1 donne le modèle du profil qui se compose d'une sous-couche MAC, d'une sous-couche de signalisation physique et d'une unité de raccordement au secteur.



IEC 301/98

Figure 1 – Structure du profil

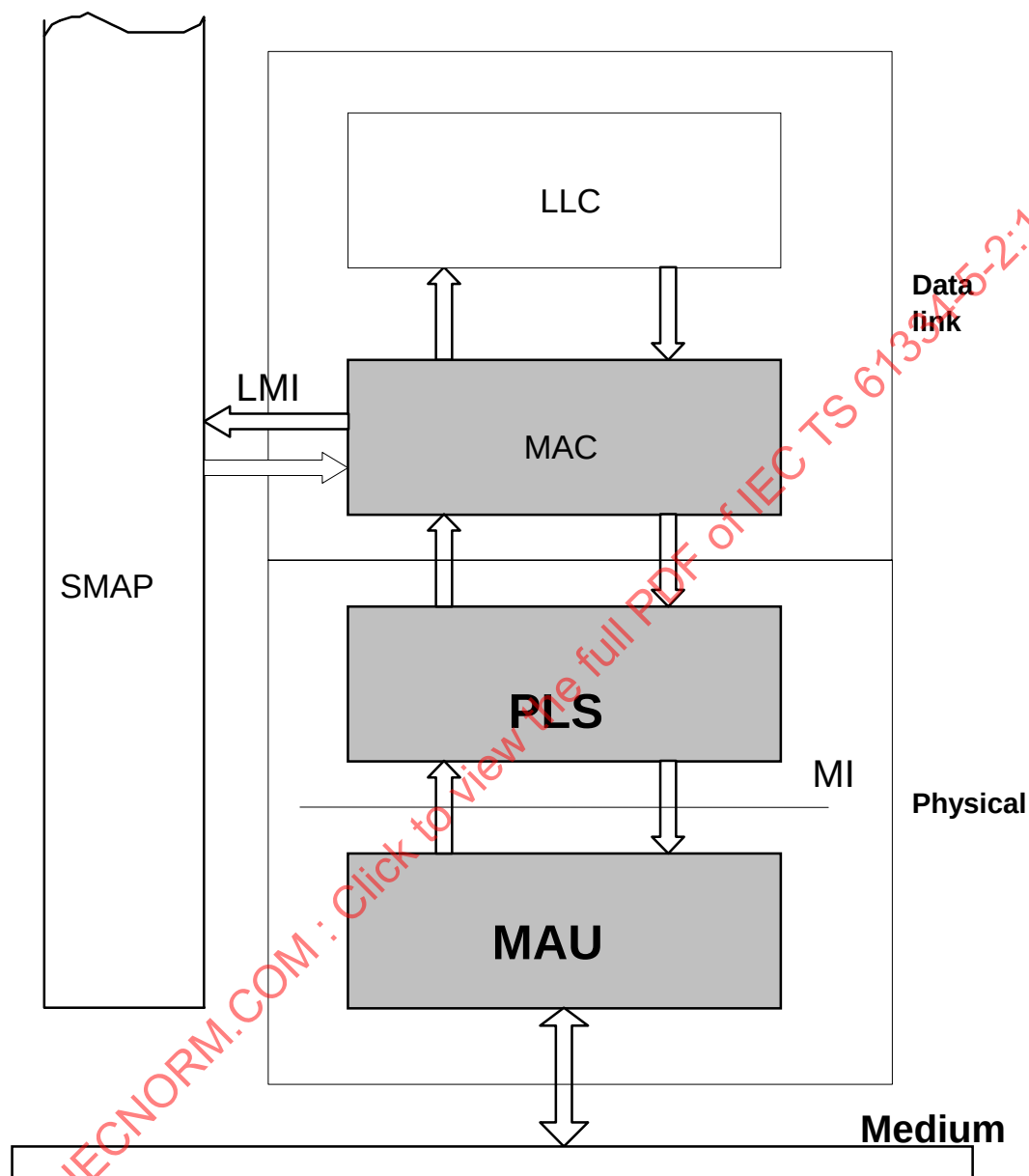
2.1 Sous-couche MAC

La sous-couche MAC présente des interfaces avec la sous-couche LLC et fournit l'accès au support physique pour l'échange d'unités de données entre des entités homologues.

Les fonctions typiques de la sous-couche MAC sont de délimiter les unités de données de protocole dans des trames en fournissant la synchronisation et la détection d'erreurs.

2 The lower layer profile structure

The profile model is shown in figure 1 and consists of a MAC sublayer, a physical signaling sublayer and a mains attachment unit.



IEC 301/98

Figure 1 – Profile structure

2.1 MAC sublayer

The MAC sublayer presents interfaces to the LLC sublayer and provides the access to the physical medium to exchange data units between peer entities.

Typical functions of the MAC sublayer are to delimit the protocol data units into frames, providing synchronization and error detecting.

Une fonction particulière est de détecter, lors d'un échange de données, la corrélation entre les phases de tension de la ligne d'énergie des stations émettrices et réceptrices.

La sous-couche MAC met en outre en oeuvre un mécanisme de répétitions pour surmonter les problèmes de transmission dus à un amortissement des ondes stationnaires.

2.2 Sous-couche PLS

La sous-couche PLS fournit des services à la sous-couche MAC pour le transfert d'unités de données physiques entre des entités homologues connectées par un MAU au support physique.

La sous-couche PLS est prévue pour être indépendante des caractéristiques physiques et de la mise en oeuvre du MAU. La MI entre PLS et MAU permet d'utiliser différents modems et dispositifs de modulation.

Les primitives de service à la MI peuvent correspondre à des signaux échangés, quand le modem existe comme circuit ou partie indépendante du circuit.

2.3 MAU

La MAU transforme les unités de données reçues du PLS en signaux transmissibles sur le support et vice versa.

Les circuits dévolus à la synchronisation et à la détection des passages par zéro de la phase du secteur sont inclus dans la MAU et l'information qui s'y rapporte transite à travers l'interface avec PLS comme un signal propre.

La MAU correspond à un modem, quand elle existe en tant que dispositif physique, ou à une fonction de modulation.

Dans le cas d'une basse tension, la MAU contient aussi le dispositif de couplage à la ligne de puissance. Dans le cas d'une moyenne tension, le dispositif de couplage est en dehors de la MAU (voir CEI 61334-3-21).

3 Sous-couche MAC

3.1 Généralités

La sous-couche MAC fournit des services à la sous-couche LLC pour l'échange d'unités de données entre des entités homologues avec référence à l'architecture OSI de l'ISO.

Les fonctions MAC peuvent être regroupées en MACre et MACph.

Les fonctions fournies par MACre sont les suivantes:

- interface avec LLC;
- contrôle des répétitions.

Les fonctions fournies par MACph sont les suivantes:

- encapsulage des trames à transmettre;
- filtrage des trames, à recevoir sur la base d'une adresse (individuelle ou de groupe);
- détection des trames erronées ou des états de la ligne;
- détection des corrélations entre les phases AC des stations émettrices et réceptrices.

Peculiar function is to detect in a data exchange the correlation between the phases of the power line voltage of the transmitting and receiving stations.

The MAC sublayer implements a repetition mechanism to overcome transmission problems due to attenuation of stationary waves.

2.2 PLS sublayer

The PLS sublayer provides services to the MAC sublayer to transfer physical data unit between peer entities connected through the MAU to the physical medium.

The PLS sublayer is intended to be independent of the physical characteristics and implementation of the MAU. The MI between PLS and MAU allows the use of different modems or modulation devices.

The service primitives at the MI may correspond to exchanged signals, when the modem exists as a circuit or independent part.

2.3 MAU

The MAU transforms the data units received from the PLS into signals suitable to be transmitted on the medium and vice versa.

Circuits devoted to synchronization and to detect the zero-crossing of the mains phase are included in the MAU and the relative information transits at the interface to the PLS as proper signals.

The MAU corresponds to the modem, if it exists as a physical unit, or to the modulation function.

In the case of LV, the MAU contains also the coupling device to the power line. In the case of MV, the coupling device is outside the MAU (see IEC 61334-3-21).

3 MAC sublayer

3.1 Overview

The MAC sublayer provides services to the LLC sublayer to exchange data units between peer entities with reference to ISO – OSI architecture.

The MAC functions may be grouped in MACre and MACph.

The functions provided by the MACre are the following:

- interface to LLC;
- repetition control.

The functions provided by the MACph are the following:

- encapsulating the frame to be transmitted;
- frame filtering the frames to be received on the address basis (individual or group);
- detecting the frame errors or the line status;
- detecting the correlation between the AC phase of the transmitting and receiving stations.

Quand la sous-couche LLC demande une transmission de données vers une station destinataire (appelée "station terminale"), la sous-couche MACre active si nécessaire les procédures de répétition en mettant en place les répéteurs intermédiaires.

Quand une station à distance agit en tant que répéteur, les fonctions les plus hautes impliquées dans la transmission sont celles de MACre.

La figure 2 illustre le schéma des stations et des couches impliquées dans un processus de répétition.

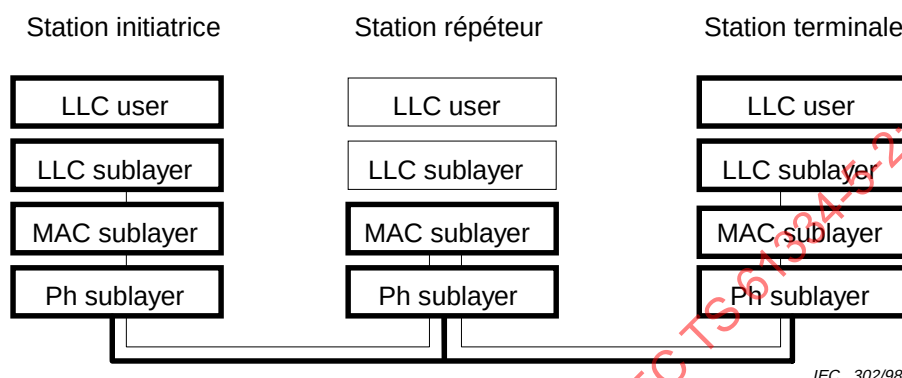


Figure 2 – Couches de protocoles dans un processus de répétitions

3.2 Classes de service

Des classes de service différentes pour supporter un LLC en mode orienté connexion (CO-LLC) et en mode sans connexion (CL-LLC) sont fournies.

Ces classes de service sont les suivantes:

- 0, 1 et 2 pour supporter le mode CO-LLC;
- 1 et 2 pour supporter le mode CL-LLC; chaque classe inclut les sous-classes A, B, C, etc.

Les classes 0 et 1 servent à transmettre des informations ne demandant pas de réponses. La classe 2 sert à transmettre des informations attendant une réponse. Chaque classe définit un délai de supervision (temps d'attente) pour les stations initiatrices, pour les répéteurs et pour les stations terminales pour la prise de contrôle de la ligne.

La classe de service est fournie par les paramètres de classe de services associés aux primitives de service. Ces paramètres naissent dans la couche LLC ou proviennent des couches supérieures en tant que paramètres de classe de liaison. Les sous-classes A, B, C, etc. permettent l'affectation de valeurs différentes aux paramètres de classe de service.

3.2.1 Classes de service en mode orienté connexion (CO)

On utilise les valeurs suivantes de "Service_Class" (classe de service) pour les procédures en mode CO-LLC:

- 0: Classe de service "confirmer après transmission": la sous-couche MAC génère la confirmation à la fin de la transmission par la couche Physique (voir figure 3);
- 1: Classe de service "confirmation différée": la confirmation est différée jusqu'à ce que la transmission, y compris les étapes de répétition, soit complètement terminée (voir figure 4);
- 2: Classe de service "confirmation aller-retour différée": la sous-couche MAC démarre un temporisateur pour une durée égale à celle d'un aller et retour nécessaire à une station à distance pour renvoyer une trame LLC, y compris les étapes de retransmission, si nécessaire (voir figure 5).

When the LLC sublayer requests the transmission of data to a destination station (called end station), if necessary the MACre sublayer activates the repetition procedures setting the intermediate repeaters.

When a remote station operates as repeaters, the highest functions involved in the transmission are the MACre's ones.

The scheme of the stations and the layers involved in a repetition process is shown in figure 2.

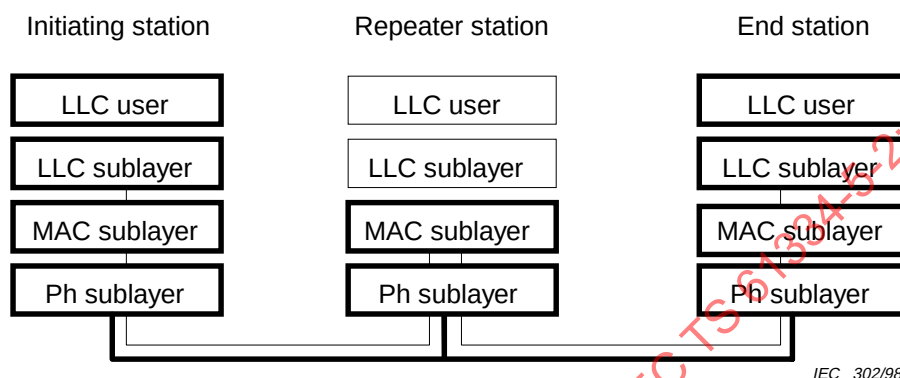


Figure 2 – Protocol layers in repetition process

3.2 Classes of service

Different classes of service are provided to support a connection oriented LLC (CO-LLC) and a connectionless LLC (CL-LLC).

The classes of service are as follows:

- 0, 1 and 2 to support the CO-LLC mode;
- 1 and 2 to support the CL-LLC mode; each class includes the subclasses A, B, C, etc.

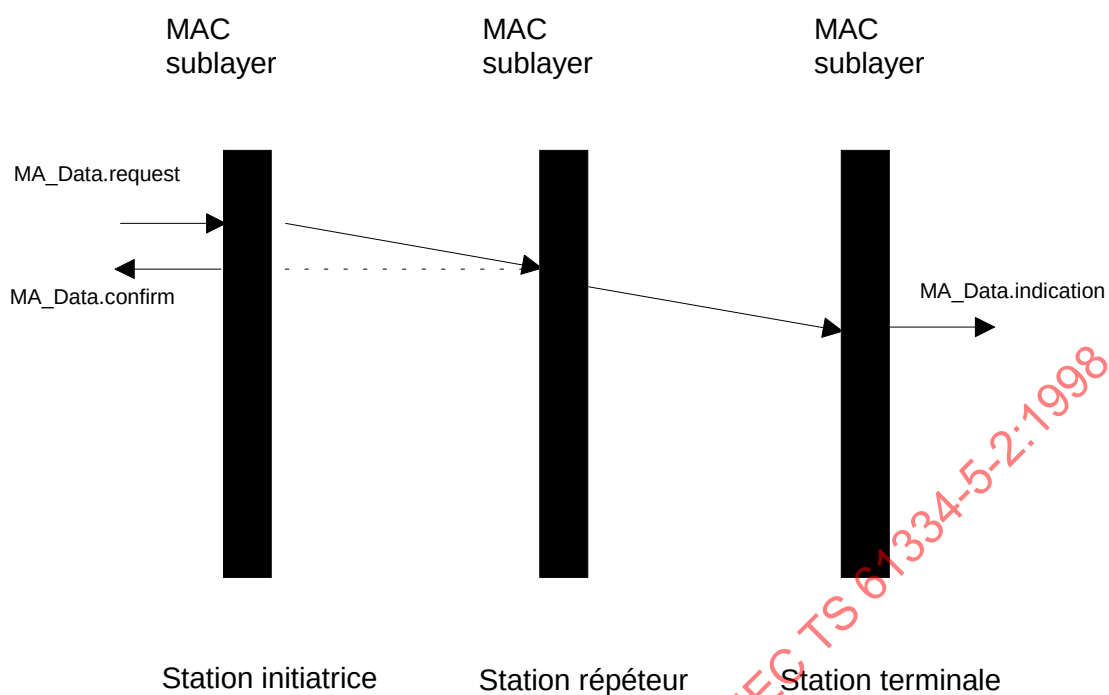
Classes 0 and 1 are used to transmit information not requesting an answer. Class 2 is used to transmit information requesting an answer. Each class defines the supervisory time (waiting time) for the initiating station, for the repeaters and for the end station to take control of the line.

The class of service is given by the service class parameters associated to the service primitive. These parameters originate in the LLC layer or come from the upper layer as link class parameters. The subclasses A, B, C, etc. allow a different set-up of the service class parameters.

3.2.1 Class of service in connection oriented (CO) mode

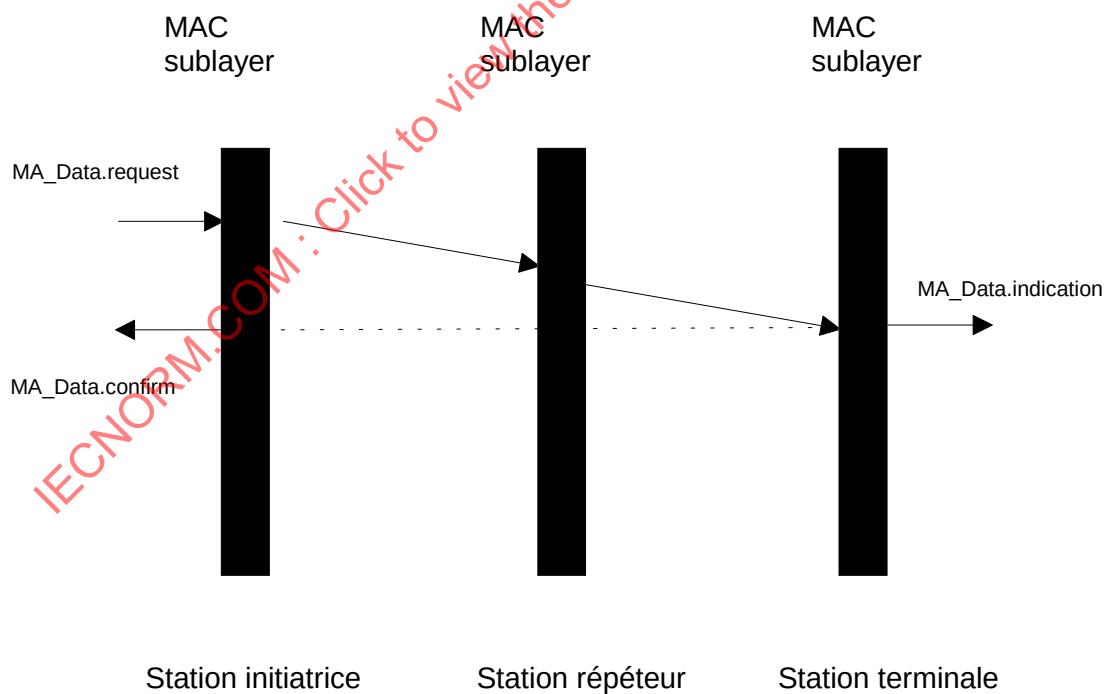
The following Service_Class values are used by the CO-LLC mode procedures:

- 0: Service_Class "confirm after transmission": the MAC sublayer generates the confirmation at the end of the transmission by the Physical layer (see figure 3);
- 1: Service_Class "postponed confirmation": the confirmation is postponed until the complete transmission, including repetition steps, is carried out (see figure 4);
- 2: Service_Class "round-trip delayed confirmation": the MAC sublayer starts a timer as long as the round trip delay, needed for the remote station to transmit an LLC frame back, including the repetition steps, if any (see figure 5).



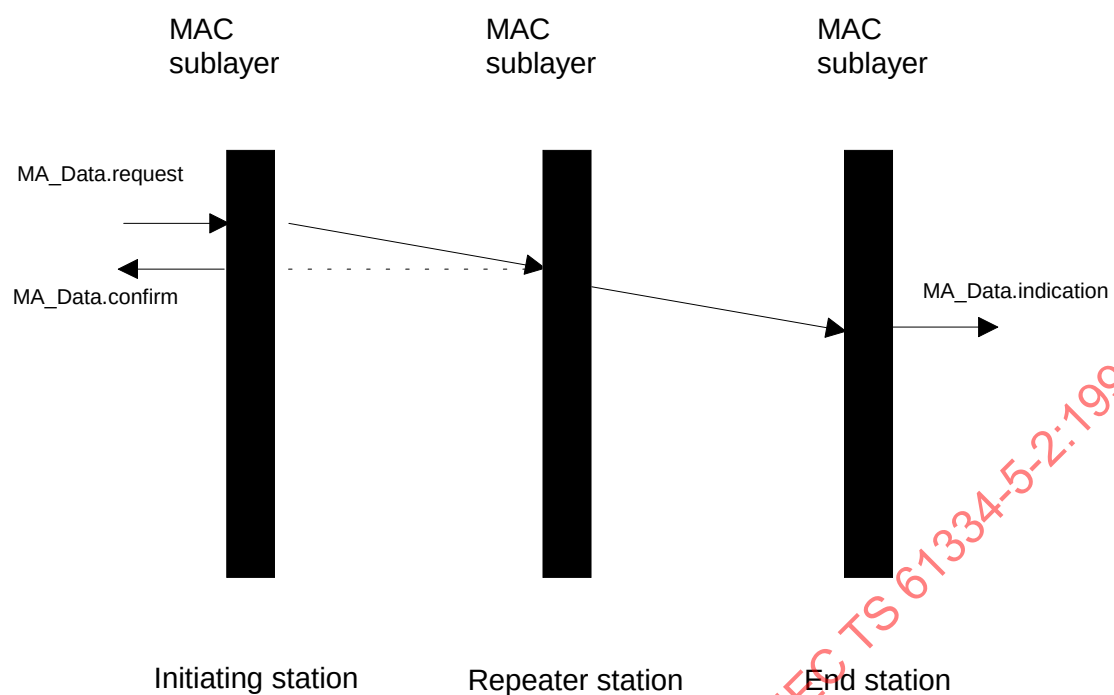
IEC 303/98

Figure 3 – Classe de service 0



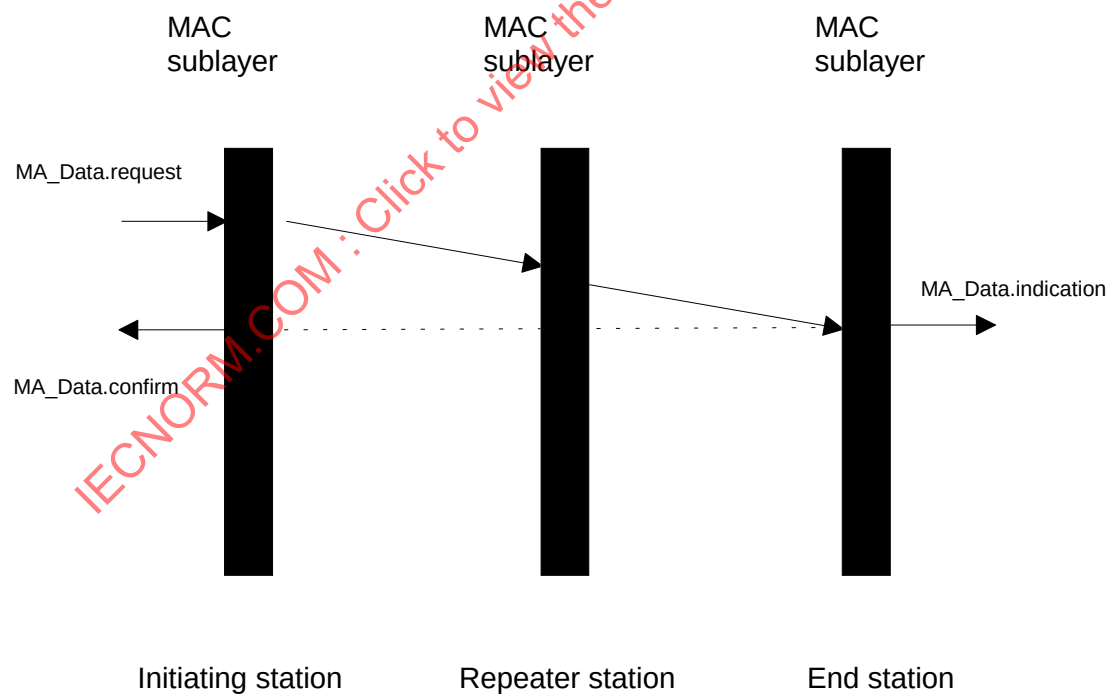
IEC 304/98

Figure 4 – Classe de service 1



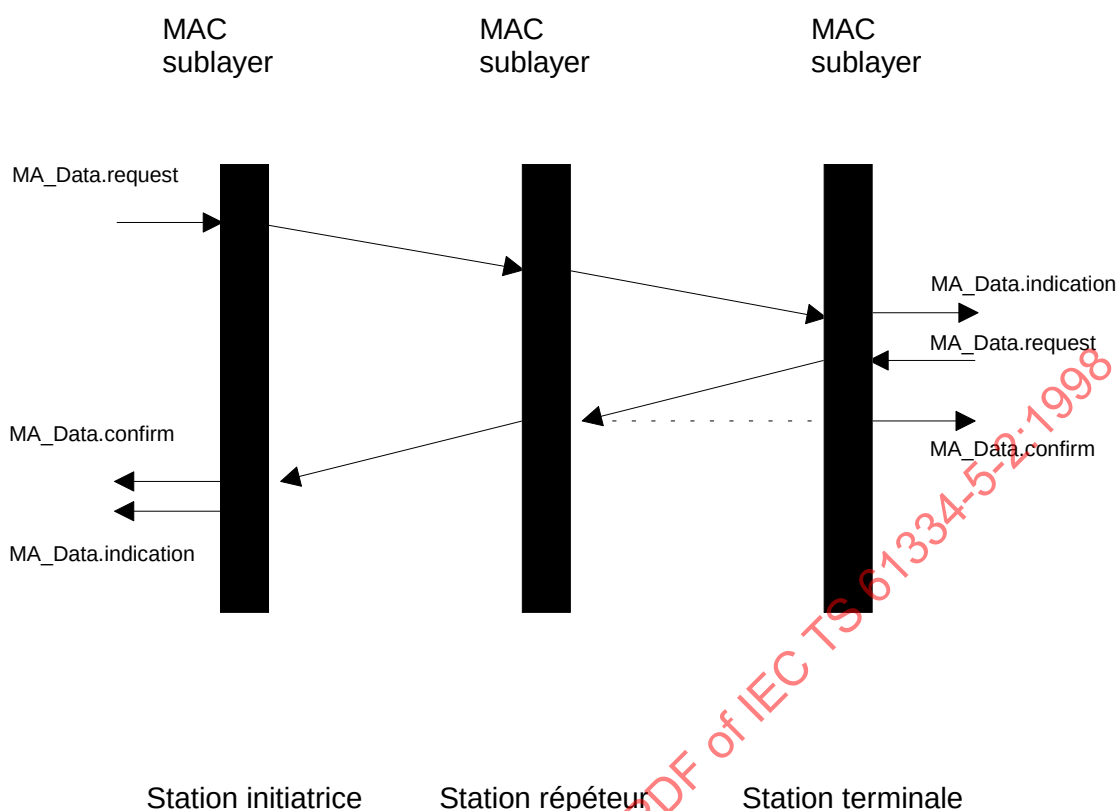
IEC 303/98

Figure 3 – Service class 0



IEC 304/98

Figure 4 – Service class 1



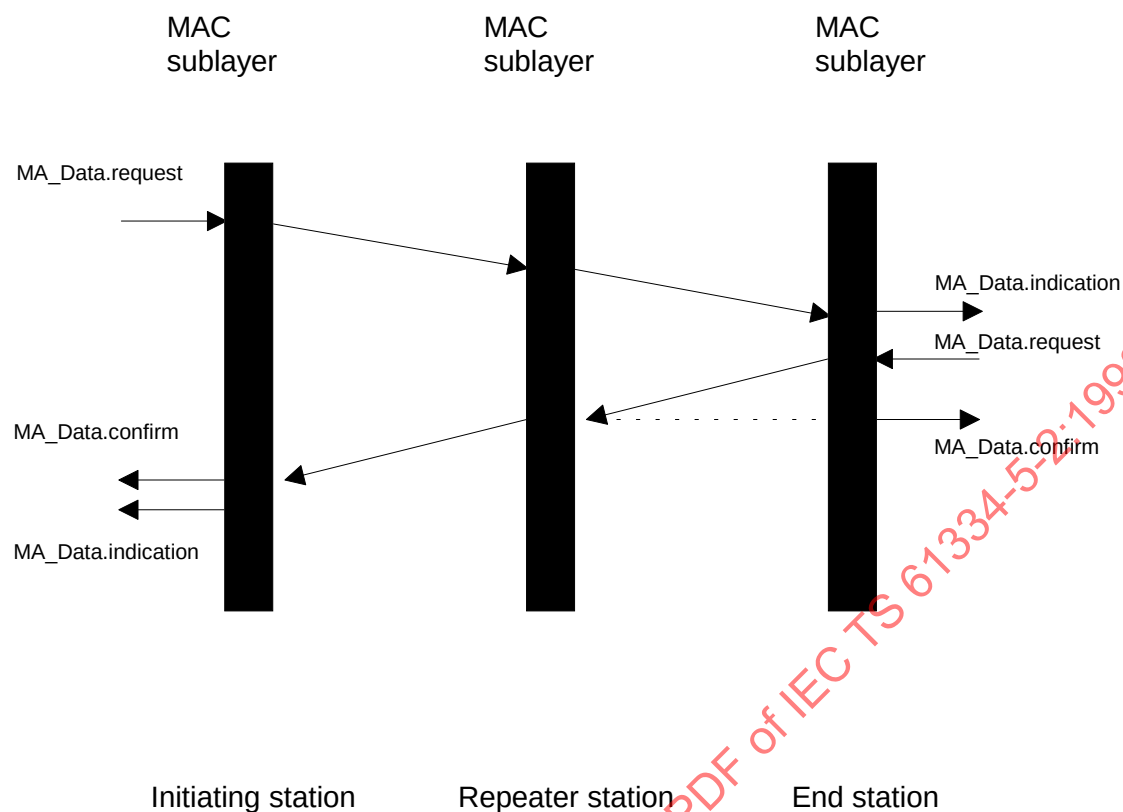
IEC 305/98

Figure 5 – Classe de service 2

3.2.2 Classes de service en mode sans connexion (CL)

On utilise les valeurs suivantes de Service_Class pour les procédures en mode CL-LLC:

- 1: Classe de service "confirmation différée": la confirmation est différée jusqu'à ce que la transmission, y compris les étapes de répétition, soit complètement terminée et que le délai (délai supplémentaire) destiné à la communication suivante sur le réseau expire (voir figure 6);
- 2: Classe de service "confirmation aller-retour retardée": la sous-couche MAC démarre un temporisateur pour une durée égale à celle d'un aller et retour (y compris le délai supplémentaire) nécessaire à une station à distance pour renvoyer une trame LLC (y compris les étapes de répétition, si nécessaire) (voir figure 7).



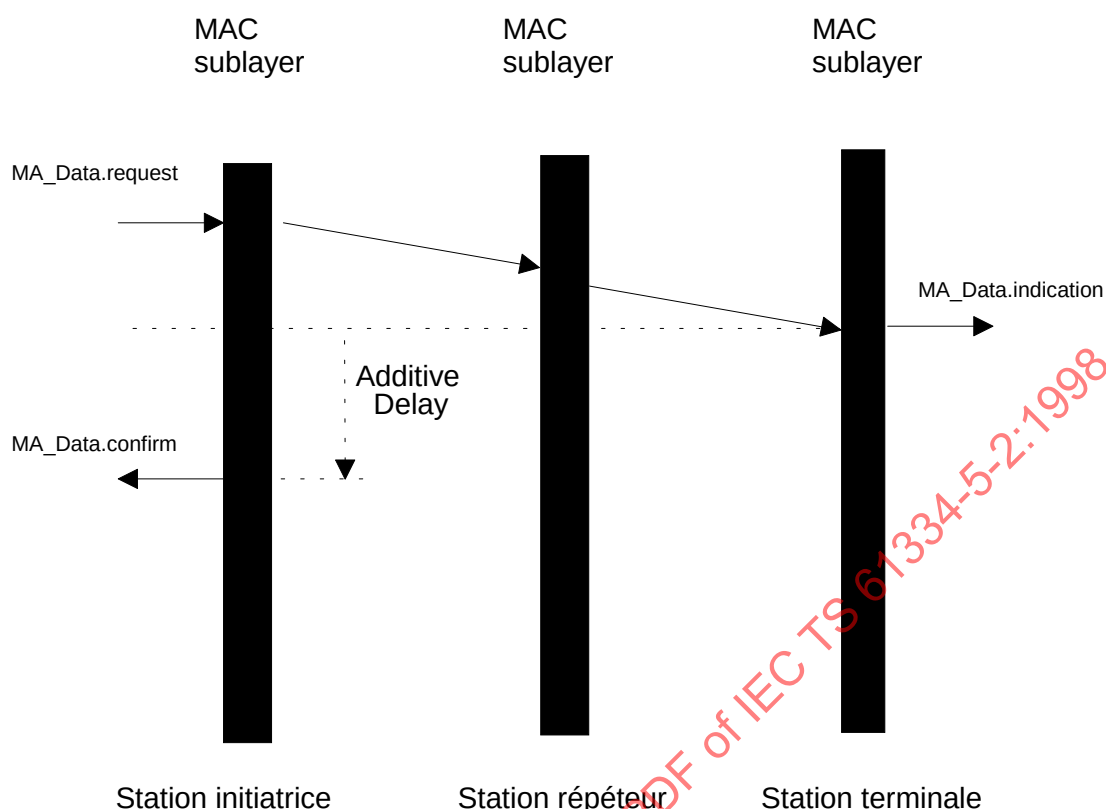
IEC 305/98

Figure 5 – Service class 2

3.2.2 Class of service in connectionless (CL) mode

The following Service_Class values are used by the CL-LLC mode procedures:

- 1: Service_Class "postponed confirmation": the confirmation is postponed until the complete transmission, including repetition steps, is carried out and the time (the Additive Delay) assigned for further communication on the network is expired (see figure 6);
- 2: Service_Class "round-trip delayed confirmation": the MAC sublayer starts a timer as long as the round trip delay (including the Additive Delay), needed to the remote station to transmit an LLC frame back (including the repetition steps, if any) (see figure 7).



IEC 306/98

Figure 6 – Classe de service 1

Pour la classe de service 1, on a défini les sous-classes A, B, C et D.

Le temps d'attente, en millisecondes, est calculé de la manière suivante:

$$T = \text{nbt} \times \text{tbit} \times (\text{nrip} + 1) + 32 \times \text{tbit} \times (\text{nrip} \times (\text{nrip} + 1) / 2) + 50 \times \text{nrip} + \text{Additive Delay} \quad (1)$$

où

nbt est le nombre de bits transmis, sans l'en-tête de répétition;

tbit est le temps pour 1 bit, en millisecondes;

nrip est le numéro de la station répéteur impliquée dans la transmission;

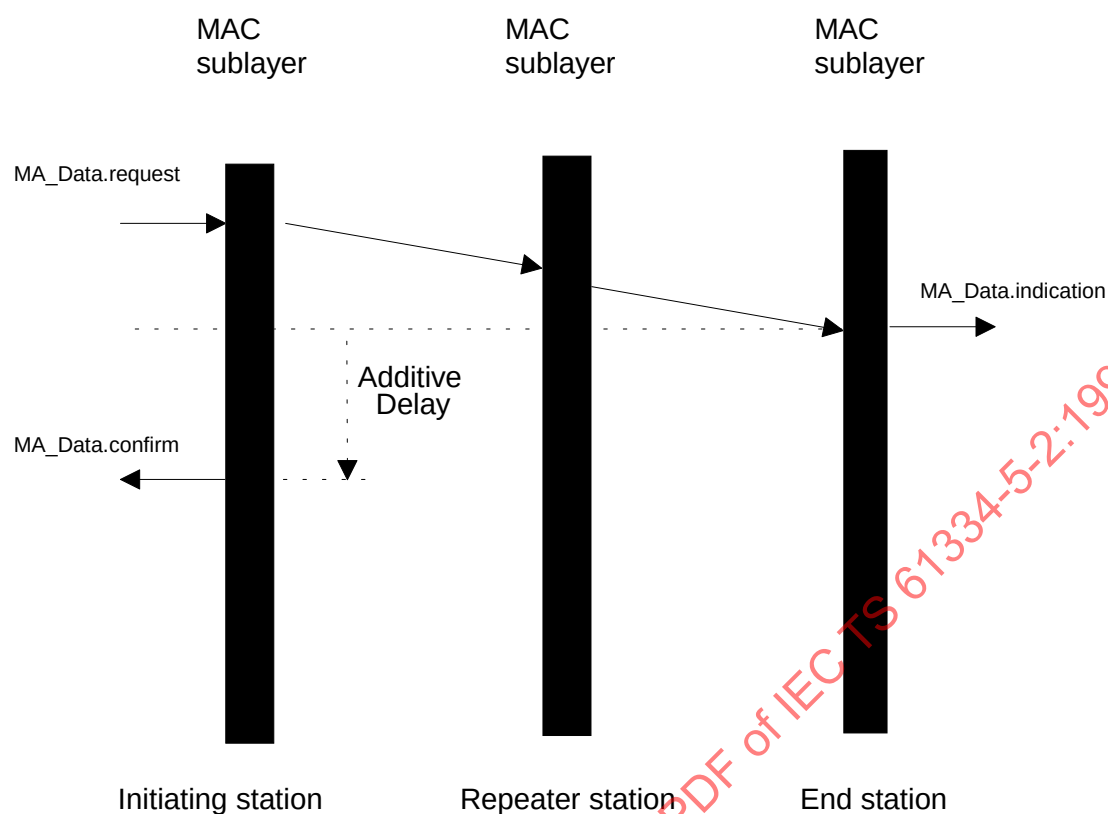
32 est le nombre maximal de bits ajoutés pour chaque répéteur impliqué;

50 est le temps de traitement alloué à chaque répéteur, en millisecondes;

Additive Delay (délai supplémentaire) est le temps libre pour un accès au réseau éventuel par la station terminale, en millisecondes.

Le tableau suivant donne les valeurs des Additive Delay (délai supplémentaire) pour chacune des sous-classes de service.

Sous-classes de service	Délai supplémentaire s
1A	0
1B	1
1C	5
1D	15



IEC 306/98

Figure 6 – Service class 1

As regards service class 1, the subclasses A, B, C and D are defined.

The waiting time, in milliseconds, is computed in the following way:

$$T = \text{nbtx} \times \text{tbit} \times (\text{nrip} + 1) + 32 \times \text{tbit} \times (\text{nrip} \times (\text{nrip} + 1) / 2) + 50 \times \text{nrip} + \text{Additive Delay} \quad (1)$$

where

`nbtx` is the bit number transmitted with exclusion of the repetition header;

`tbit` is the bit time, in milliseconds;

`nrip` is the repetition station number involved in transmission;

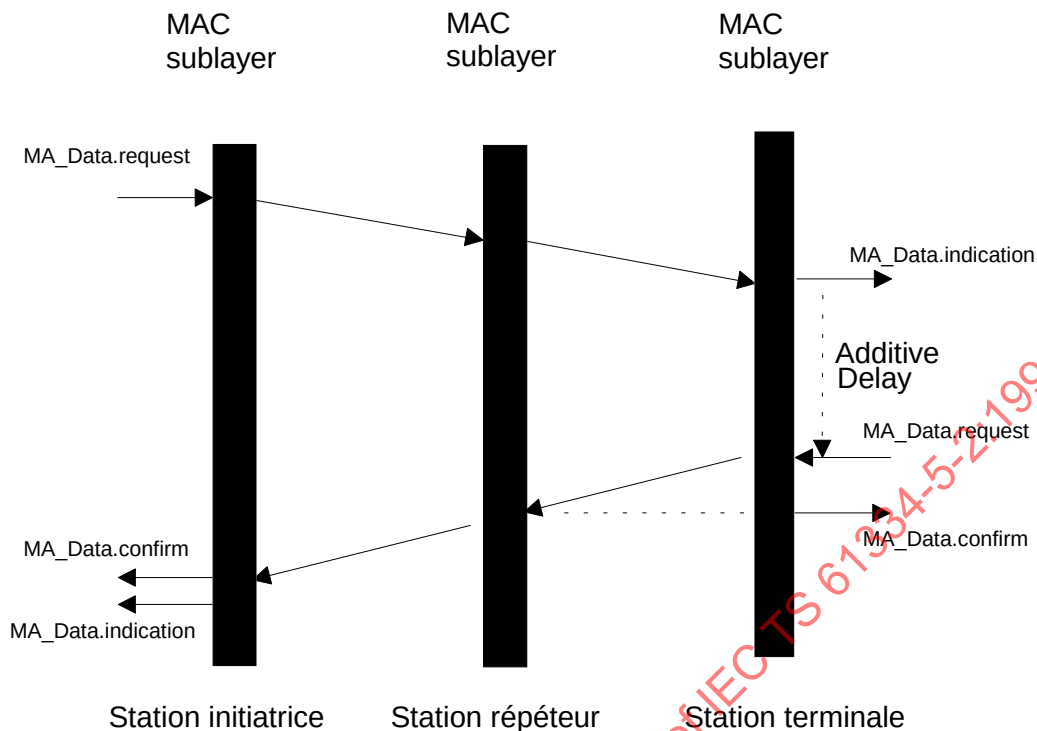
32 is the maximum bit number added for any involved repeater;

50 is the computing time assigned for any repeater, in milliseconds;

Additive Delay is the available time for possible network access by end station, in milliseconds.

The following table shows the Additive Delay value for each subclass of services.

Subclasses of service	Additive Delay s
1A	0
1B	1
1C	5
1D	15



IEC 307/98

Figure 7 – Classe de service 2

Pour la classe de service 2, on a défini les sous-classes A, B, C, D, E, F et G.

Le temps d'attente, en millisecondes, est calculé de la manière suivante:

$$T = ((nbtx + nbrx) \times tbit \times (nrp+1)) + (r/2 \times (nrp+1) \times 32 \times tbit) + 50 \times (2 \times nrp+1) + \text{Additive Delay} \quad (2)$$

où

nbtx est le nombre de bits transmis sans l'en-tête de répétition;

nbrx est le nombre maximal de bits pour la trame montante;

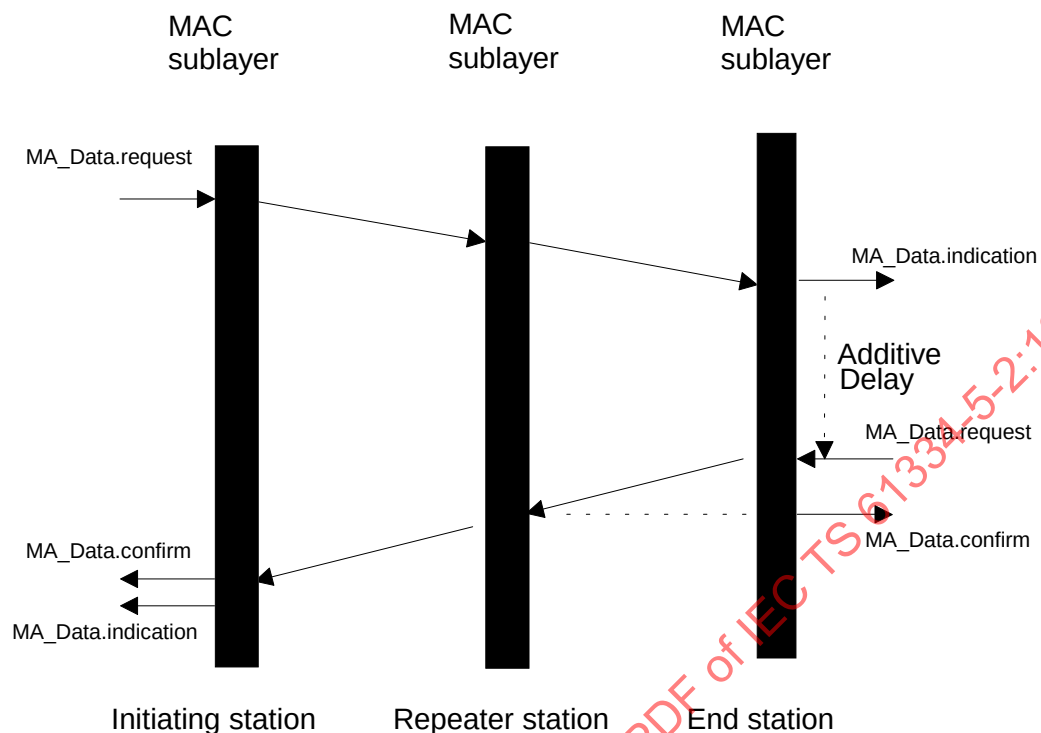
tbit est le temps pour 1 bit, en millisecondes;

nrp est le nombre de stations répéteur impliquées dans la transmission;

32 est le nombre maximal de bits ajoutés pour chaque station répéteur;

50 est le temps de traitement alloué à chaque répéteur, en millisecondes;

Additive Delay (délai supplémentaire) est le temps disponible pour un éventuel accès au réseau par la station terminale, en millisecondes.



IEC 307/98

Figure 7 – Service class 2

As regards service class 2, the subclasses A, B, C, D, E, F and G are defined.

The waiting time, in milliseconds, is computed in the following way:

$$T = ((n_{\text{btx}} + n_{\text{brx}}) \times t_{\text{bit}} \times (n_{\text{rip}} + 1)) + (r/2 \times (n_{\text{rip}} + 1) \times 32 \times t_{\text{bit}}) + 50 \times (2 \times n_{\text{rip}} + 1) + \text{Additive Delay} \quad (2)$$

where

n_{btx} is the bit transmitted without the repetition header;

n_{brx} is the maximum number bit for the upstream frame;

t_{bit} is the bit time, in milliseconds;

n_{rip} is the number of repetition stations involved in the transmission;

32 is the maximum bit number added for any involved repeater;

50 is the computing time, assigned for any repeater, in milliseconds;

Additive Delay is the available time for possible network access by end station, in milliseconds.

Le tableau suivant donne les valeurs des Additive Delay pour chaque sous-classe de service:

Sous-classes de service	Nbrx	Délai supplémentaire s
2A	120	0
2B	256	0
2C	336	0
2D	512	0
2E	128	0,5
2F	128	1
2G	256	1

3.3 Services MAC

Conformément à l'OSI, les services fournis à l'interface entre MAC et LLC sont:

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

Le service fourni à l'interface LMI est le suivant: MA_Event.notify.

Quand on considère la construction de la table des répéteurs dans la station initiatrice, le service fourni à l'interface LMI devra être l'objet d'études ultérieures.

3.4 Interfaces entre MAC et LLC

Dans ce qui suit, les primitives à l'interface entre MAC et LLC sont définies.

3.4.1 MA_Data.request

3.4.1.1 Fonction

Cette primitive définit le transfert de données m_SDU depuis l'entité locale LLC vers une entité unique homologue LLC ou vers des entités homologues LLC dans le cas d'une adresse de groupe.

3.4.1.2 Structure

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

- Le paramètre Destination_address définit l'adresse de la station éloignée; ce paramètre peut être soit une adresse individuelle, soit une adresse de groupe.
- Le paramètre MA_SDU spécifie l'unité de données de service MAC à transmettre par la sous-couche MAC locale.
- Le paramètre Service_Class définit le type de service demandé par la sous-couche LLC; il définit en particulier le temps d'attente pour une mise hors délai adéquate.

3.4.1.3 Utilisation

Cette primitive est générée par l'entité de la sous-couche LLC à chaque fois qu'il faut transmettre des données à une ou des entités LLC homologues.

The following table shows the Additive Delay value for each subclass of service:

Subclasses of service	Nbrx	Additive Delay s
2A	120	0
2B	256	0
2C	336	0
2D	512	0
2E	128	0,5
2F	128	1
2G	256	1

3.3 MAC services

The provided services at the MAC to LLC interface, according to the OSI model, are the following:

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

The provided service at the LMI is the following: MA_Event.notify.

The service provided at the LMI is the subject of further study with regard to the service to build up the repeater table at the initiating station.

3.4 MAC to LLC interfaces

In the following are defined the primitives at the MAC to LLC interface.

3.4.1 MA_Data.request

3.4.1.1 Function

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

3.4.1.2 Structure

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

- The Destination_address parameter defines the address of the remote station; this parameter may be either an individual or a group address.
- The MA_SDU parameter specifies the MAC service data unit to be transmitted by the local MAC sublayer.
- The Service_Class parameter defines the type of service requested by the LLC sublayer; in particular the waiting timer is set for the proper time out.

3.4.1.3 Use

This primitive is generated by the LLC sublayer entity whenever data shall be transmitted to a peer LLC entity or entities.

3.4.2 MA_Data.indication

3.4.2.1 Fonction

Cette primitive définit le transfert de données de l'entité de la sous-couche MAC à l'entité de la sous-couche LLC.

3.4.2.2 Structure

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

- Destination_address est l'adresse de la station réceptrice.
- Source_address est l'adresse de la station émettrice.
- MA_SDU définit l'unité de données de service MAC attendue par la sous-couche locale MAC.

3.4.2.3 Utilisation

On passe cette primitive de l'entité de la sous-couche MAC à l'entité de la sous-couche LLC pour signaler l'arrivée d'une trame à l'entité de la sous-couche locale MAC. On ne transfère cette unité de données de service MAC que si on la reçoit dans un format valide, sans erreurs et livrée avec des adresses correctes.

3.4.3 MA_Data.confirm

3.4.3.1 Fonction

Cette primitive informe la sous-couche locale LLC demanderesse de la fin de la procédure de demande précédente et la couche MAC est donc capable de recevoir une demande ultérieure.

3.4.3.2 Structure

```
MA_Data.confirm ( Status
                  )
```

Le paramètre Status sert à indiquer à la sous-couche LLC locale demanderesse le succès ou le rejet de la demande précédente avec les informations associées.

3.4.3.3 Utilisation

Cette primitive est générée en réponse à une MA_Data.request de la part de l'entité de la sous-couche LLC locale.

3.5 Interfaces entre MAC et la couche Physique

Pour transmettre et recevoir des trames, les services fournis à la sous-couche MAC par la couche Physique sont la transmission et la réception de 1 bit.

On a défini les primitives suivantes:

- Ph_Data.request;
- Ph_Data.confirm;
- Ph_Data.indication;
- Ph_ZC.indication.

Ces primitives sont décrites en détails dans l'article 4 qui traite de la sous-couche PLS.

3.4.2 MA_Data.indication

3.4.2.1 Function

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

3.4.2.2 Structure

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

- The Destination_address is the address for the receiving station.
- The Source_address is the address of the sending station.
- MA_SDU defines the MAC service data unit to be received by the local MAC sublayer.

3.4.2.3 Use

This primitive is passed from the MAC sublayer entity to the LLC sublayer entity to indicate the arrival of a frame to the local MAC sublayer entity. Such MAC service data unit is transferred only if it is received in valid format, without errors and provided with correct addresses.

3.4.3 MA_Data.confirm

3.4.3.1 Function

The primitive informs the local requesting LLC sublayer of the end of the previous request procedure and the MAC layer is able to receive a further request.

3.4.3.2 Structure

```
MA_Data.confirm ( Status  
                  )
```

Status parameter is used to indicate to the local requesting LLC sublayer the success or failure of the previous request and the associated information.

3.4.3.3 Use

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

3.5 MAC to Physical layer interfaces

To transmit and receive frames the services provided to the MAC sublayer by the Physical layer are the transmission and reception of 1 bit.

The following primitives are defined:

- Ph_Data.request;
- Ph_Data.confirm;
- Ph_Data.indication;
- Ph_ZC.indication.

These primitives will be detailed in clause 4 dealing with the PLS sublayer.

3.6 Interface entre MAC et la couche Gestion

A l'interface entre MAC et LMI, on a défini MA_Event.notify.

3.6.1 Fonction

Cette primitive est générée quand on a détecté un changement d'état du LME local.

3.6.2 Structure

```
MA_Event.notify ( Event_identifier,
                  Event_value1,
                  Event_value2
                )
```

- Event_identifier spécifie le changement d'état survenu.
- Event_value spécifie les informations spécifiques supplémentaires concernant le changement d'état.

3.6.3 Utilisation

Cette primitive n'est disponible que dans la station initiatrice. On la passe de l'entité de la sous-couche MAC au SMAP pour signaler l'occurrence d'un changement d'état à l'entité de la sous-couche locale de MAC.

3.7 Format de la trame MAC

Toutes les unités de données MAC sont transmises dans des trames de longueurs variables; le nombre d'octets dans une trame doit être un nombre entier.

Une trame entière transmise a la structure suivante:

PRB	FLAG	ADD	CTL	REP	INF	FCS	FLAG
-----	------	-----	-----	-----	-----	-----	------

Les champs ont la signification suivante:

- PRB: préambule pour permettre à la couche Physique la synchronisation de bits dans les circuits de transmission;
- FLAG: délimiteur de trame pour permettre la synchronisation de trames avec le MAC destinataire;
- ADD: adresse MAC;
- CTL: commande;
- REP: répétition;
- INF: information;
- FCS: Frame Checking Sequence = séquence de contrôle des trames.

Pour la transparence des données, on applique une procédure de bourrage de bits conforme à l'ISO 3309. Pendant la transmission, on examine le contenu de la trame entre le délimiteur initial et le délimiteur final (y compris l'adresse, la commande et la séquence FCS) pour y insérer un bit "0" après toute suite de cinq "1" consécutifs, afin de s'assurer qu'on n'imite pas un délimiteur.

3.6 MAC to Layer Management Interface

At the MAC to LMI the MA_Event.notify is defined.

3.6.1 Function

This primitive is generated when an event is detected at the local LME.

3.6.2 Structure

```
MA_Event.notify ( Event_identifier,
                  Event_value1,
                  Event_value2
                )
```

- Event_identifier specifies the event that occurs.
- Event_value specifies additional event specific information.

3.6.3 Use

This primitive is available only in the initiating station. It is passed from the MAC sublayer entity to the SMAP to indicate an event occurrence at the local MAC sublayer entity.

3.7 MAC frame format

All the MAC protocol data units are transmitted in frames with variable length; the number of bytes in a frame must be an integer.

The complete frame transmitted has the following structure:

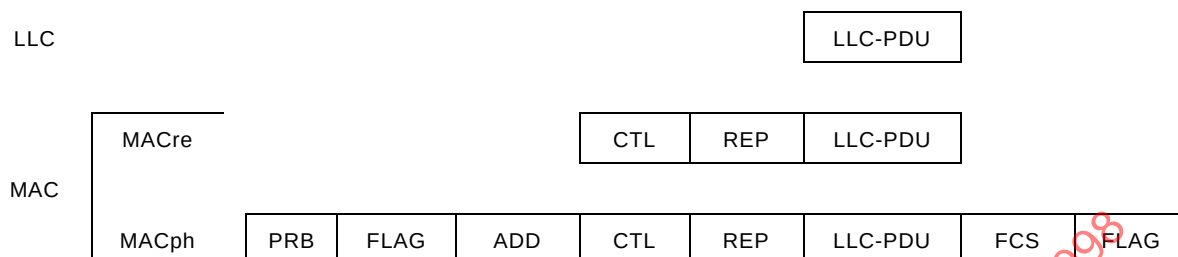
PRB	FLAG	ADD	CTL	REP	INF	FCS	FLAG
-----	------	-----	-----	-----	-----	-----	------

The fields have the following meaning:

- PRB: preamble to allow the Physical layer the bit synchronization to the transmission circuits;
- FLAG: frame delimiter to allow the frame synchronization to the receiving MAC;
- ADD: MAC address;
- CTL: control;
- REP: repetition;
- INF: information;
- FCS: Frame Checking Sequence.

A bit stuffing procedure is applied according to ISO 3309 for data transparency. In transmission, the frame content between the initial and final flag (including the address, control and FCS sequence) is examined to insert a "0" bit after all sequences of five contiguous "1" bits to ensure that a flag sequence is not simulated.

Chaque sous-couche de l'architecture de protocoles agit sur un champ spécifique conformément au schéma suivant:



3.8 Trame MAC

Le schéma ci-dessous résume les champs des trames MAC et leurs contenus.

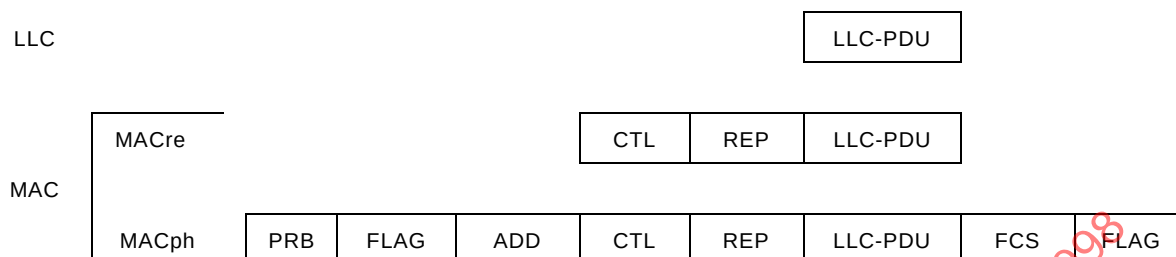
Preamble (préambule)	PRE	2 octets	Permet aux circuits MAU de réaliser la synchronisation des bits.
Flag (délimiteur)	FLAG	1 octet	Permet à MAC de réaliser la synchronisation des trames conformément à l'ISO 3309.
Address (adresse)	ADD	1 octet à 4 octets	Adresse, syntaxe et sémantique sont définies conformément à la norme HDLC (ISO 3309) avec le mode adresse étendue. Chaque unité du réseau éloignée a sa propre adresse individuelle; on fournit aussi des adresses globales et des adresses de groupe.
Control (commande)	CTL	1 octet	Véhicule des paramètres pour effectuer les opérations désirées.
Repetition (répétition)	REP	1 octet à n octets	Adresses du ou des répéteurs et de la station terminale.
Information (information)	INF	1 octet à 128 octets	Informations échangées; nombre entier d'octets.
Frame Checking Sequence (séquence de contrôle)	FCS	2 octets	Détecte, conformément à l'ISO 3309, les erreurs de trame.
Flag (délimiteur)	FLAG	1 octet	Délimiteur final.

3.9 Éléments de la trame MAC

3.9.1 Preamble = préambule

Le champ préambule permet aux circuits de la couche Physique dédiés à la synchronisation de bits d'atteindre l'état prêt (ready). Ce champ de 2 octets contient une suite de "0".

Each sublayer of the protocol architecture operates on a specific field according to the following scheme:



3.8 MAC frame

The following scheme summarizes the MAC frame fields and the field contents:

Preamble	PRE	2 bytes	Allows the MAU circuits to achieve the bit synchronization.
Flag	FLAG	1 byte	Allows the MAC to achieve the frame synchronization, according to ISO 3309.
Address	ADD	1 byte up to 4 bytes	Address, syntax and semantics are defined according to HDLC standard (ISO 3309) extended address mode. Every remote unit in the network has its own individual address; global address and group address are provided.
Control	CTL	1 byte	Carries parameters to perform the desired operations.
Repetition	REP	From 1 byte to n bytes	Repeater (s) and end station addresses.
Information	INF	From 1 byte to 128 bytes	Exchanged information; integer number of bytes.
Frame Checking Sequence	FCS	2 bytes	According to ISO 3309, to detect frame errors.
Flag	FLAG	1 byte	Ending flag.

3.9 Elements of the MAC frame

3.9.1 Preamble

The preamble field allows the Physical layer circuits dedicated to the bit synchronization to reach the steady state. The 2 bytes field is composed by an "0" sequence.

3.9.2 Flag = délimiteur

Ce champ sert à la sous-couche MAC à synchroniser le début d'une trame; c'est une configuration de 8 bits définie par l'ISO 3309.

3.9.3 Address = adresse

L'adresse est définie conformément à l'ISO 3309 avec les facilités d'adresse étendue.

La longueur de champ adresse est variable; elle est de 1 octet pour une adresse de diffusion et va jusqu'à 4 octets pour une adresse individuelle ou une adresse de groupe.

Le champ adresse spécifie l'adresse de destination pour une trame descendante et l'adresse de la source d'où provient la trame pour une trame montante.

3.9.4 Control = commande

Le champ CTL contient 1 octet.

Le format de champ est conforme au Style de répétition utilisé.

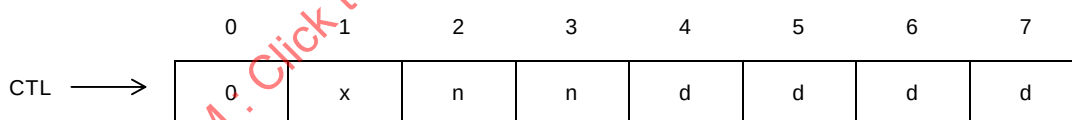
3.9.4.1 Style de répétition 1

Le Style de répétition 1 sert en mode sans connexion (CL).

On montrera plus loin une configuration possible de champ CTL qui identifie les types de trames.

3.9.4.1.1 RS1 (trame de répétition)

Cette trame ne peut être que descendante.



où

- x: ignoré;
- nn indique le nombre de répéteurs impliqués, comme suit:

nn	Nombre de répéteurs
10	1
01	2
11	3
00	4

3.9.2 Flag

This field is used by the MAC sublayer to synchronize the start of a frame; the 8 bit pattern is defined by ISO 3309.

3.9.3 Address

The address is defined according to ISO 3309, extended address facility.

The address field length is variable and it contains 1 byte for broadcast address up to 4 bytes for individual or group addresses.

The address field specifies the destination address for the downstream frames; it specifies the source address, from which the frame is sent, for the upstream frames.

3.9.4 Control

The CTL field consists of 1 byte.

The field format is according to the repetition Style used.

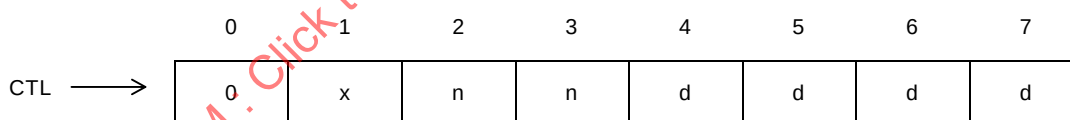
3.9.4.1 Repetition Style 1

The repetition Style 1 is used in connectionless (CL) mode.

In the following will be shown the possible CTL field configuration that identifies the frame types.

3.9.4.1.1 RS1 (repetition frame)

This frame is downstream only.



where

- x: disregarded;
- nn indicate the number of repeaters involved, as follows:

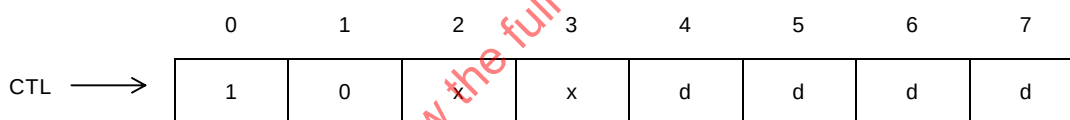
nn	Number of repeaters
10	1
01	2
11	3
00	4

- dddd indique la classe de services à l'aide des codes ci-dessous:

Classe de services	Code (dddd)
1A	0000
1B	1000
1C	0100
1D	1100
2A	0010
2B	1010
2C	0110
2D	1110
2E	0001
2F	1001
3A	0101 (réservé)
3B	1101 (réservé)
3C	1111 (réservé)

3.9.4.1.2 Norm (trame normale)

Cette trame peut être montante ou descendante. Dans cette trame, il n'y a pas de champ REP.



où

- xx: ignoré;
- dddd indique la classe de services à l'aide des codes ci-dessous:

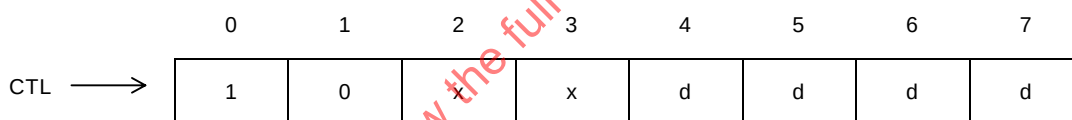
Classe de services	Code (dddd)
1A	0000
1B	1000
1C	0100
1D	1100
2A	0010
2B	1010
2C	0110
2D	1110
2E	0001
2F	1001
3A	0101 (réservé)
3B	1101 (réservé)
3C	1111 (réservé)

- dddd indicate the class of service and the following codes are used:

Service_Class	Code (dddd)
1A	0000
1B	1000
1C	0100
1D	1100
2A	0010
2B	1010
2C	0110
2D	1110
2E	0001
2F	1001
3A	0101 (reserved)
3B	1101 (reserved)
3C	1111 (reserved)

3.9.4.1.2 Norm (normal frame)

This frame may be either downstream or upstream. In this frame the REP field is not present.



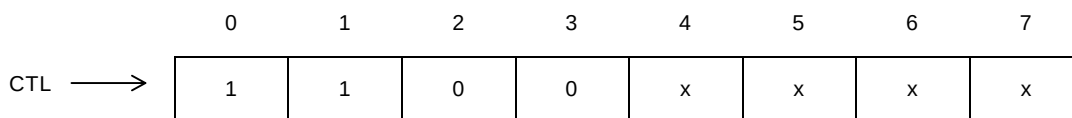
where

- xx: disregarded;
- dddd indicate the class of service and the following codes are used:

Service_Class	Code (dddd)
1A	0000
1B	1000
1C	0100
1D	1100
2A	0010
2B	1010
2C	0110
2D	1110
2E	0001
2F	1001
3A	0101 (reserved)
3B	1101 (reserved)
3C	1111 (reserved)

3.9.4.1.3 RCF (trame de contrôle de répétition)

Cette trame ne peut être que montante. Dans cette trame, il n'y a pas de champ INF et le champ REP contient l'adresse du répéteur qui a généré la trame.



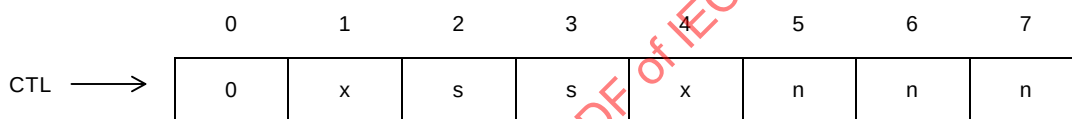
où xxxx: ignoré.

3.9.4.2 Style de répétition 2

Le Style de répétition 2 sert en mode orienté connexion (CO). On montrera plus loin une configuration du champ CTL qui identifie les types de trames.

3.9.4.2.1 RS2 (trame de répétition)

Cette trame ne peut être que descendante.



où

- ss indique la classe de services demandée (classe de trame), comme suit:

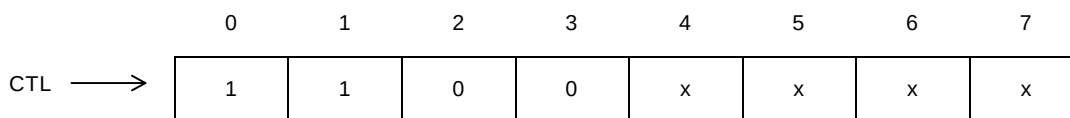
ss	Classe de services
00	0
10	1
01	2
11	Disponible

- x: ignoré;
- nnn indique le nombre de répéteurs impliqués, comme suit:

nnn	Nombre de répéteurs
111	1
110	2
101	3
100	4
011	5
010	6
001	7
000	8

3.9.4.1.3 RCF (Repetition Control Frame)

This frame is upstream only. In this frame the INF field is not present and the REP field contains the address of the repeater that has generated the frame.



where xxxx: disregarded.

3.9.4.2 Repetition Style 2

The repetition Style 2 is used in the connection oriented (CO) mode. In the following will be shown the possible CTL field configurations that identify the frame types.

3.9.4.2.1 RS2 (repetition frame)

This frame is downstream only.



where

- ss indicate the requested Service_Class (frame class), as follows:

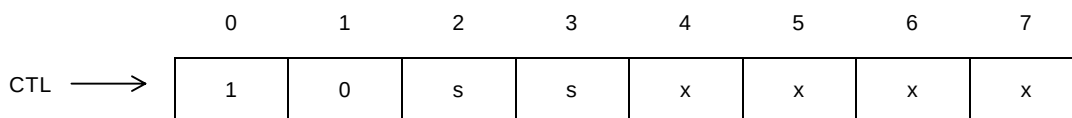
ss	Service_Class
00	0
10	1
01	2
11	Available

- x: disregarded;
- nnn indicate the number of the repeaters involved, as follows:

nnn	Number of repeaters
111	1
110	2
101	3
100	4
011	5
010	6
001	7
000	8

3.9.4.2.2 Norm (trame normale)

Cette trame peut être montante ou descendante. Dans cette trame il n'y a pas de champ REP.



où

- ss indique la classe de services demandée (classe de trame), comme suit:

ss	Classe de services
00	0
10	1
01	2
11	Disponible

- xxxx: ignoré.

3.9.4.2.3 RCF (trame de contrôle de répétition)

Cette trame ne peut être que montante. Dans cette trame, il n'y a pas de champ INF et le champ REP contient l'adresse du répéteur qui a généré la trame.



où

- xxxxx: ignoré;
- w indique le type du délai écoulé, comme suit:

w	Délai
0	Montant
1	Descendant

3.9.5 Repetition = répétition

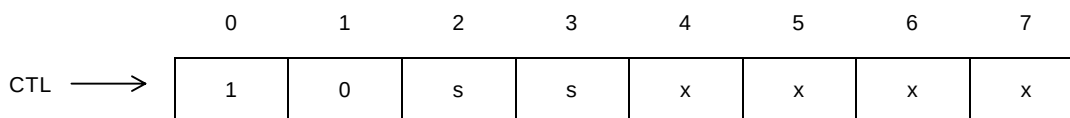
Ce champ est de longueur variable; il contient la liste des adresses des répéteurs consécutifs et l'adresse de la station terminale. La signification de ce champ varie en fonction du type de trame. Dans le cas d'une trame RSn (n = 1, 2), ce champ indique la liste d'adresses, comme suit:

champ REP

Rep. 1 address.... (1..4 octets)
Rep. n address (1..4 octets)
Adresse station terminale (1..4 octets)

3.9.4.2.2 Norm (normal frame)

This frame may be either downstream or upstream. In this frame the REP field is not present.



where

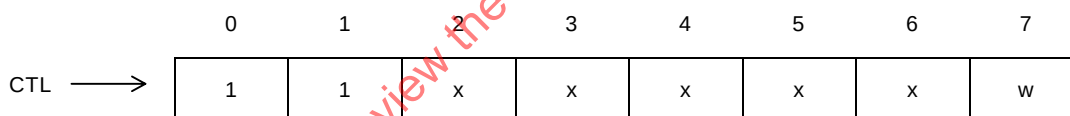
- ss indicate the requested Service_Class (frame class), as follows:

ss	Service_Class
00	0
10	1
01	2
11	Available

- xxxx: disregarded.

3.9.4.2.3 RCF (repetition control frame)

This frame is upstream only. In this frame the INF field is not present and the REP field contains the address of the repeater that has generated the frame.



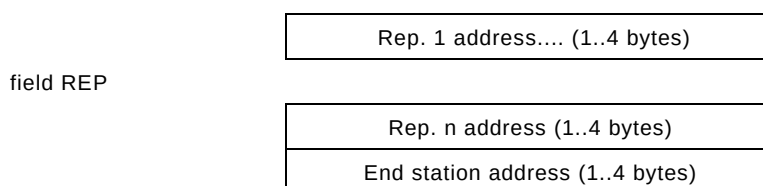
where

- xxxxx: disregarded;
- w indicates the type of the waiting time expired, as follows:

w	Waiting time
0	Upstream
1	Downstream

3.9.5 Repetition

This field has a variable length that contains the address list of the consecutive repeaters and the end station address. The meaning of this field is different according to the frame type. In case of RSn (n = 1, 2) frame, this field indicates the address list, as follows:



Dans le cas d'une trame RCF, le champ REP indique l'adresse du répéteur qui a généré la trame, comme suit:

Rep. Address (1..4 bytes)

3.9.6 Information

Ce champ contient l'unité de données de service (MAC_SDU) à échanger pendant une communication d'homologue à homologue. La longueur de ce champ est un nombre entier d'octets, elle peut atteindre 128 octets.

3.9.7 Frame Checking Sequence (FCS) = séquence de contrôle de trame

Ce champ contient un CRC (Cyclic Redundancy Code) pour protéger l'information.

Le CRC est généré conformément à l'ISO 3309.

3.10 Trame MAC invalide

Une trame MAC est invalide quand

- la vérification de séquence génère un FCS différent de celui qui est reçu;
- le nombre d'octets contenu dans la trame n'est pas un nombre entier;
- le nombre d'octets du champ Information est hors des limites;
- les champs CTL, REP et ADD ne sont pas conformes au format et aux règles de procédures.

3.11 Procédures MAC

Les fonctions MAC sont les suivantes:

- réception et émission de données;
- interface avec LLC;
- filtrage des trames;
- adressage;
- délimitation et synchronisation des trames;
- détection des erreurs;
- accès au support;
- répétition des trames vers la station finale;
- retarder la phase AC entre la station émettrice et la station destinataire.

Ces fonctions peuvent être regroupées en MACph et MACre.

3.11.1 Procédures MACph

3.11.1.1 Transmettre une trame

Quand MAC reçoit une demande pour la transmission d'une trame, MACph complète la trame avec les champs nécessaires, applique la procédure de bourrage de bits et passe la trame à la couche Physique pour transmission sur le support.

La transmission d'une trame est une opération synchrone.

In case of RCF frame, the REP field indicates the address of the repeater that has generated the frame, as follows:

Rep. Address (1..4 bytes)

3.9.6 Information

This field contains the service data unit (MAC_SDU) to be exchanged in the peer to peer communication. The length of the field is an integer number of bytes up to 128 bytes.

3.9.7 Frame Checking Sequence (FCS)

This field contains the cyclic redundancy code (CRC) to protect the information.

The CRC is generated according to ISO 3309.

3.10 MAC invalid frame

A MAC frame is invalid when

- the check sequence generates a FCS not corresponding to that received;
- the number of bytes included in the frame is not an integer;
- the number of bytes in the Information field is outside the range;
- the CTL, REP and ADD fields are not according to the format and the procedures' rules.

3.11 MAC procedures

The MAC functions are the following:

- data transmitting and receiving;
- LLC interface;
- frame filtering;
- addressing;
- frame delimiting and synchronization;
- error detection;
- medium access;
- repetition of frames to the final station;
- AC phase delay between the transmitting and receiving station.

These functions may be grouped in the MACph and MACre.

3.11.1 MACph procedures

3.11.1.1 Transmit a frame

When the MAC receives a request for the transmission of a frame, the MACph completes the frame with the necessary fields, applies the bit stuffing procedure and passes it to the Physical layer for the transmission on the medium.

The transmission of a frame is a synchronous operation.

Pendant la transmission, on passe le contenu de la trame en cours de la sous-couche MAC à la couche Physique bit par bit à l'aide des primitives Ph_Data.request et Ph_Data.confirm. Chaque invocation de Ph_Data.request passe un nouveau bit de la trame en cours à la couche Physique. L'opération se termine quand la couche Physique est prête à accepter le prochain bit et rend le contrôle à la sous-couche MAC à l'aide de la primitive Ph_Data.confirm. La primitive Ph_ZC.indication peut être utilisée pour synchroniser le début de la transmission d'une trame.

Conformément à la "Service_Class" demandée, on passe une primitive MA_Data.confirm à la sous-couche LLC pour notifier la fin de la procédure de transmission.

3.11.1.2 Recevoir une trame

La réception d'une trame est une opération synchrone qui ne se termine que quand une trame a été totalement reçue.

Chaque invocation de la primitive Ph_Data.indication retire un nouveau bit pour la trame en cours de la couche Physique.

Quand MAC reçoit la séquence de bits, MACph effectue les actions suivantes:

- détecter le délimiteur de trame;
- appliquer la procédure de déburrage de bits (écarter tous les zéro qui suivent directement 5 bits "1" consécutifs);
- vérifier le CRC, la longueur maximale autorisée de la trame et si le nombre d'octets reçus est entier.

3.11.1.3 Détection d'un retard de phase AC

La procédure suivante sert à détecter, lors d'un échange de données, la corrélation entre la phase AC de la station émettrice et celle de la station destinataire. La station émettrice envoie les trames dans le mode synchrone par rapport à la phase AC (Ph_ZC.indication est le début). La station destinataire détecte les retards de la trame reçue par rapport à la phase AC. Le retard détecté est passé par le LME au SMAP comme paramètre de la primitive MA_Event.notify.

3.11.2 Procédures MACre

MAC adopte une procédure de répétition déterministe. En fait,

- la station initiatrice connaît les chemins de répétition de chaque station terminale;
- chaque chemin est contenu dans une table de répétitions tenue à jour par MAC LME et son interface avec SMAP.

Les fonctions MACre sont appliquées aux champs CTL et REP pour contrôler les procédures de transmission depuis la station initiatrice jusqu'à la station terminale et vice versa.

La station répéteur capable de communiquer directement avec la station terminale est le dernier répéteur.

Les trames transmises depuis le dernier répéteur à la station terminale sont des trames NORM.

Les trames transmises depuis la station terminale à la station initiatrice sont toujours des trames NORM.

L'exemple suivant montre une transmission d'un LLC_PDU de la station initiatrice à la station terminale quand deux répéteurs intermédiaires (R1 et R2) sont impliqués.

During transmission, the contents of an outgoing frame are passed from the MAC sublayer to the Physical layer by bit-by-bit using the Ph_Data.request and Ph_Data.confirm primitives. Each invocation of the Ph_Data.request passes one new bit of the outgoing frame to the Physical layer. The operation completes when the Physical layer is ready to accept the next bit and transfers the control to the MAC sublayer via the Ph_Data.confirm primitive. The Ph_ZC.indication primitive may be used to synchronize the start of the transmission of a frame.

According to the requested Service_Class, a MA_Data.confirm primitive is passed to the LLC sublayer to notify the end of the transmission procedure.

3.11.1.2 Receive a frame

The receiving of a frame is a synchronous operation and it lasts until a frame has been completely received.

Each invocation of the Ph_Data.indication primitive retrieves one new bit of the incoming frame from the Physical layer.

When the MAC receives the sequence of bits, the MACph performs the following actions:

- detects the frame delimiting (flags recognition);
- applies the bit destuffing procedure (discarding any “0” bit which directly follows five contiguous “1” bits);
- verifies the CRC, the maximum length of the frame allowed and if the number of the bytes received is an integer.

3.11.1.3 Detection of the AC phase delay

The following procedure is used to detect in a data exchange the correlation between the AC phase of the transmitting and the receiving stations. The transmitting station sends the frames in synchronous mode respect to the AC phase (the Ph_ZC.indication is the start). The receiving station detects the delay of the received frame in respect to the AC phase. The detected delay is passed by the LME to the SMAP as parameter of the MA_Event.notify primitive.

3.11.2 MACre procedures

The MAC adopts a deterministic repetition procedure. In fact,

- the initiating station MAC knows the repetition path for each end station;
- each path is contained in a repetition table updated through the MAC LME and its interface with the SMAP.

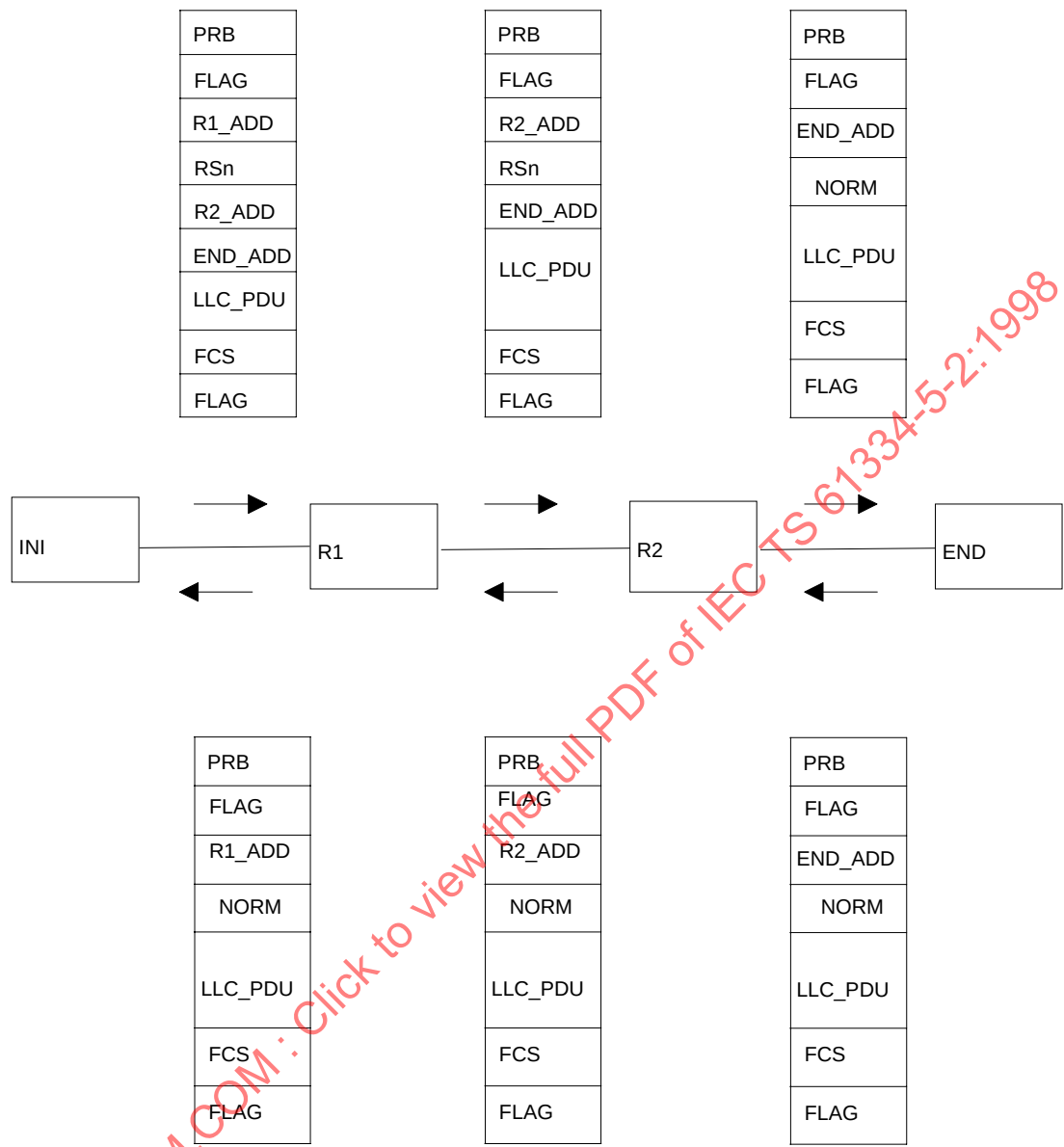
The MACre functions are applied to the CTL and REP fields to control the transmission procedures from the initiating station to the end station and vice versa.

The repeating station able to communicate directly to the end station is the last repeater.

The frames transmitted from the last repeater to the end station is a NORM frame.

The frames transmitted from the end station to the initiating station are always NORM frames.

The following example shows an example of a LLC_PDU transmission from the initiating station to the end station when two intermediate repeaters (R1 and R2) are involved.

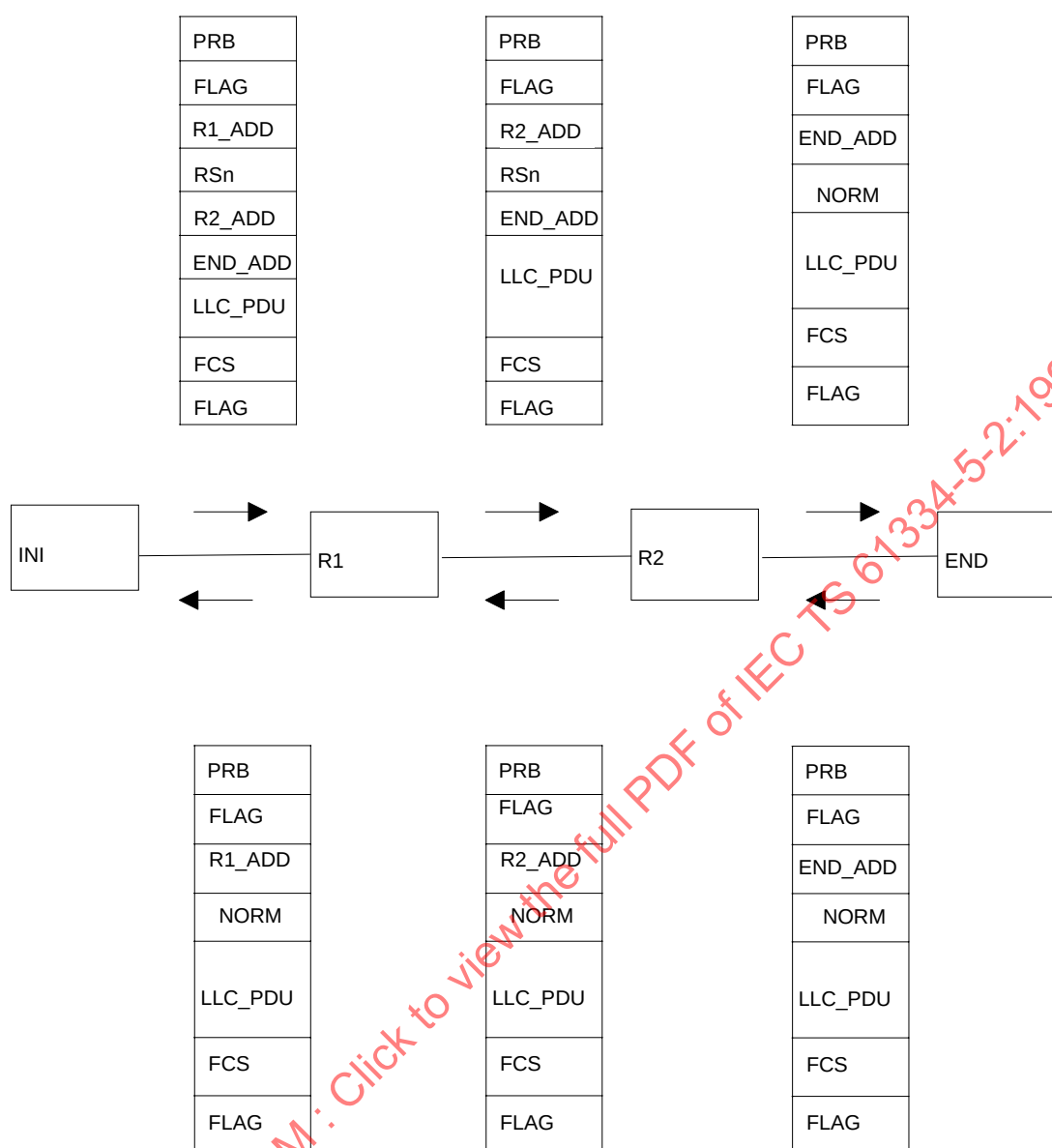


IEC 308/98

Figure 8 – Exemple de transmission de trame en Service_Class 2 utilisant deux répéteurs avec pour chacun le Style de répétition 1 (RSn, où n = 1) et le Style 2 (RSn, où n = 2)

Pour que la sous-couche MAC travaille correctement, il faut, à l'aide de MAC LME, définir les informations suivantes:

- le style de répétition utilisé;
- la table de répétitions contenant le chemin utilisé pour atteindre la station terminale.



IEC 308/98

Figure 8 – Example of the transmitting frame using two repeaters in Service_Class 2 for both repetition Style 1 (RSn, where n = 1) and Style 2 (RSn, where n = 2)

Through the MAC LME the following information shall be set up to make the MAC sublayer work correctly:

- the repetition style to be used;
- the repetition table containing the path used to reach an end station.

3.11.3 Procédures de répétitions MAC de Style 1

3.11.3.1 Service_Class = 1

Dans ce qui suit, on décrit la procédure de Style 1 avec deux répéteurs (R1 et R2) impliqués.

MAC (de la station initiatrice) examine la MA_Data.request pour décider si la transmission est directe ou si elle passe à travers un groupe de répéteurs.

MAC balaie la table de répétitions pour sélectionner l'adresse des répéteurs appropriés et les formats des champs REP. MAC bourre la trame adressée à la station R1 agissant en tant que premier répéteur. Le temporisateur d'attente est lancé.

MAC de la station R1 reçoit la trame, ajuste les contenus des champs CTL et REP, et envoie la trame à la station R2 agissant en tant que dernier répéteur. On ne lance pas de chronométrage pour la supervision.

MAC de la station R2 reçoit la trame, ajuste les contenus des champs CTL et REP et envoie la trame à la station terminale. On ne lance pas de chronométrage pour la supervision.

MAC de la station terminale reçoit la trame NORM, étant compris qu'elle est cette fois la dernière station et elle transfère le LLC_PDU à la sous-couche LLC.

L'information contenue dans les champs CTL et REP permet pendant le processus de répétition

- à chaque répéteur de transmettre une trame descendante au bon répéteur suivant;
- au dernier répéteur de transmettre la trame descendante à la station terminale.

Dans la station initiatrice, la sous-couche MAC envoie à la sous-couche LLC l'information de mise hors délai à l'aide d'un MA_Data.confirm avec la valeur du paramètre "status" de la transmission fixée de façon à indiquer la conclusion de la transmission.

3.11.3.2 Service_Class = 2

Dans la procédure ci-dessous, on décrit la procédure de Style 1 avec deux répéteurs (R1 et R2) impliqués (voir figure 8).

MAC de la station initiatrice examine la MA_Data.request pour décider si la transmission est directe ou se fait à travers des répéteurs.

MAC balaie la table de répétitions pour sélectionner l'adresse des répéteurs appropriés et les formats des champs REP. MAC bourre la trame adressée à la station R1 agissant en tant que premier répéteur. Le temporisateur d'attente est lancé.

MAC de la station R1 reçoit la trame, ajuste les contenus des champs CTL et REP, envoie la trame à la station R2 agissant en tant que second répéteur et lance le temporisateur pour la supervision.

MAC de la station R2 reçoit la trame NORM, ajuste les contenus des champs CTL et REP, envoie la trame à la station terminale et lance le temporisateur pour la supervision.

MAC de la station terminale reçoit la trame NORM, étant compris qu'elle est cette fois la dernière station, et elle transfère le LLC_PDU à la sous-couche LLC.

Les répéteurs attendent les unités de données en retour (ascendantes) à transmettre à la station initiatrice.

3.11.3 MAC repetition procedures Style 1

3.11.3.1 Service_Class = 1

In the following the procedure Style 1 is described when two repeaters (R1 and R2) are involved.

The MAC of the initiating station examines the MA_Data.request to decide whether the transmission is direct or through repeaters.

The MAC scans the repetition table to select the address of the appropriate repeaters and formats a REP field. The MAC pads the frame addressed to the R1 station, acting as first repeater. The waiting timer is set.

The MAC of the R1 station receives the frame, arranges the contents of the CTL and REP fields and sends the frame to the R2 station, acting as last repeater. No supervisor timer is set.

The MAC of the R2 station receives the frame, arranges the contents of the CTL and REP fields and sends the frame to the end station. No supervisor timer is set.

The MAC of the end station receives the NORM frame, understood to be actually the end station and transfers the LLC_PDU to the LLC sublayer.

In the repetition process the information contained in the CTL and REP fields allows

- to each repeater the transmission of the downstream frame to the next proper repeater;
- to the last repeater the transmission of the downstream frame to the end station.

In the initiating station the MAC sublayer sends to the LLC sublayer the time out information through a MA_Data.confirm with the transmission status parameter set to indicate the conclusion of the transmission.

3.11.3.2 Service_Class = 2

In the following the procedure Style 1 is described when two repeaters (R1 and R2) are involved (see figure 8).

The MAC of the initiating station examines the MA_Data.request to decide whether the transmission is direct or through repeaters.

The MAC scans the repetition table to select the address of the appropriate repeaters and formats a REP field. The MAC pads the frame addressed to the R1 station, acting as first repeater. The waiting timer is set.

The MAC of the R1 station receives the frame, arranges the contents of the CTL and REP fields and sends the frame to the R2 station, acting as second repeater and sets the supervisor timer.

The MAC of the R2 station receives the NORM frame, arranges the contents of the CTL and REP fields and sends the frame to the end station and sets the supervisor timer.

The MAC of the end station receives the frame, understanding it to be actually the end station and transfers the LLC_PDU to the LLC sublayer.

The repeaters are waiting for the backwards (upstream) data unit to be transmitted to the initiating station.

La station terminale envoie la trame de réponse NORM avec sa propre adresse (END) dans le champ ADD.

La station R2 attend une trame avec l'adresse END et répète la trame NORM reçue avec l'adresse de R2; la station R1 attend une trame avec l'adresse R2 et répète la trame NORM avec l'adresse R1; la station initiatrice attend une trame avec l'adresse R1 et transfère le LLC_PDU reçu à la sous-couche LLC.

A chaque étape de la procédure, le temporisateur de supervision est arrêté; une expiration du délai de supervision signale une erreur de la procédure.

L'information contenue dans les champs CTL et REP permet pendant le processus de répétition

- à chaque répéteur de transmettre une trame descendante au bon répéteur suivant et d'attendre la réception de la trame NORM ascendante avec l'adresse du répéteur suivant;
- au dernier répéteur de transmettre la trame descendante à la station terminale et d'attendre la réception de la trame NORM ascendante avec l'adresse de la station terminale;
- à chaque station la transmission de la trame NORM ascendante avec sa propre adresse de station.

Le délai de supervision est calculé par MAC en fonction des répéteurs demandés. Cette valeur sert à établir le délai de supervision.

Dans la station initiatrice, MAC passe à la sous-couche LLC l'information du paramètre "status" du délai de supervision à l'aide d'une MA_Data.confirm.

Dans un répéteur, l'expiration du délai de supervision ré-initialise le paramètre "status" de MAC.

3.11.4 Procédure de répétition MAC de Style 2

Dans ce qui suit, on décrit la procédure Style 2 avec deux répéteurs (R1 et R2) impliqués.

La sous-couche MAC de la station initiatrice examine la MA_Data.request et, en considérant

- le rôle initiateur de station,
- l'adresse de la station terminale demandée (par exemple END),
- les adresses des (éventuels) répéteurs sélectionnés dans le tableau MAC des répéteurs approprié en fonction de l'adresse de la station terminale (par exemple R1 et R2),
- la valeur de la Service_Class demandée (0, 1 ou 2),

elle construit une (RS2) MAC_PDU avec l'adresse R1 et agit conformément à la procédure suivante:

- a) si la Service_Class demandée est 1, MAC envoie une MAC_PDU et, à la fin de la transmission, lance le chronométrage pour $T = T1$ et attend la conclusion de processus complet de répétition;
- b) si la Service_Class demandée est 0, MAC envoie une MAC_PDU et, à la fin de la transmission, génère une MA_Data.confirm;
- c) si la Service_Class demandée est 2, MAC envoie une MAC_PDU et, à la fin de la transmission, lance le chronométrage pour $T = T2$ et attend des trames (NORM ou RCF) avec l'adresse de R1.

The end station sends the response NORM frame with its own address (END) in the ADD field.

The R2 station is waiting for an END addressed frame and repeats the NORM frame received with the R2 address; the R1 station is waiting for a R2 addressed frame and repeats the NORM frame received with R1 address; the initiating station is waiting for a R1 addressed frame and transfers the LLC_PDU received to the LLC sublayer.

At every step of the procedure the supervisor timer is stopped; the expiry of the supervisor timer signals the failure of the procedure.

In the repetition process the information contained in the CTL and REP field allows

- to each repeater the transmission of the downstream frame to the next proper repeater and the wait for the reception of the upstream NORM frame with the next repeater address;
- to the end repeater the transmission of the downstream frame to the end station and the wait for the reception of the upstream NORM frame with the end station address;
- to each station the transmission of the upstream NORM frame with its own station address.

The supervisory timer is computed by the MAC in function of the requested repeaters. The value is used to set the supervisor timer.

In the initiating station the MAC passes to the LLC sublayer the supervisor timer status parameter information through the MA_Data.confirm.

In a repeater station the expiry of the supervisor timer resets MAC sublayer status.

3.11.4 MAC repetition procedures Style 2

In the following the procedure Style 2 is described when 2 repeaters (R1 and R2) are involved.

The MAC sublayer of the initiating station examines the MA_Data.request and, taking into account

- the initiating station role,
- the requested end station address (e.g. END),
- the addresses of (possible) repeaters selected on a appropriate MAC repeaters table in function of the end station address (e.g. R1 and R2),
- the requested Service_Class value (0, 1 or 2),

builds an R1 addressed (RS2) MAC_PDU and operates according to the following procedure:

- a) if the requested Service_Class is 1, the MAC sends the MAC_PDU and at the end of transmission starts the timer $T = T1$ waiting for the conclusion of the complete repetition process;
- b) if the requested Service_Class is 0, the MAC sends the MAC_PDU and at the end of transmission generates a MA_Data.confirm;
- c) if the requested Service_Class is 2, the MAC sends the MAC_PDU and at the end of transmission starts the timer $T = T2$ waiting for R1 addressed (NORM or RCF) frames.

La sous-couche MAC de la station R1 reçoit la trame, examine les champs CTL et REP et, en considérant

- le rôle attribué au répéteur,
- l'adresse et l'ordre du répéteur suivant (par exemple R2),
- la classe de la répétition de la trame (la valeur de la Service_Class demandée à l'origine (0, 1 ou 2) par la station initiatrice),

elle modifie la trame reçue pour faire une (RS2) MAC_PDU avec l'adresse R2 et agit conformément aux procédures suivantes:

- a) si la trame de répétition est de classe 1, MAC envoie la MAC_PDU et n'effectue aucune autre action;
- b) si la trame de répétition est de classe 0, MAC stocke la MAC_PDU dans une queue FIFO, lance le temporisateur pour $T = T_0$ et attend d'autres trames (RS2) avec l'adresse R1;
- c) si la trame de répétition est de classe 2
 - et que le délai $T = T_0$ n'a pas été fixé, MAC envoie la MAC_PDU et, à la fin de la transmission, lance le temporisateur pour $T = T_2$ et attend une trame (NORM ou RCF) avec l'adresse R2;
 - et que le délai $T = T_0$ n'est pas encore expiré, MAC arrête le temporisateur $T = T_0$, stocke la MAC_PDU dans une queue FIFO, envoie les MAC_PDU stockées dans la queue FIFO et, à la fin de la transmission, lance le temporisateur pour $T = T_2$ et attend des trames (NORM ou RCF) avec l'adresse R2.

La sous-couche MAC de la station R2 reçoit la trame, examine les champs CTL et REP et, en considérant

- le rôle attribué au dernier répéteur,
- l'adresse de la station terminale (par exemple END),
- la classe de la trame de répétition (la valeur de la Service_Class demandée à l'origine (0, 1 ou 2) par la station initiatrice),

elle modifie la trame reçue pour en faire une (NORM) MAC_PDU avec l'adresse END et agit conformément aux procédures suivantes:

- a) si la trame de répétition est de classe 1, MAC envoie la MAC_PDU et n'effectue pas d'autres actions;
- b) si la trame de répétition est de classe 0, MAC stocke la MAC_PDU dans une queue FIFO, lance le temporisateur pour $T = T_0$ et attend d'autres trames (RS2) avec l'adresse R2;
- c) si la trame de répétition est de classe 2
 - et que le délai $T = T_0$ n'a pas été fixé, MAC envoie la MAC_PDU et, à la fin de la transmission, lance le temporisateur pour $T = T_2$ et attend des trames (NORM) avec l'adresse END;
 - et que le délai $T = T_0$ n'expire pas encore, MAC arrête le temporisateur $T = T_0$, stocke la MAC_PDU dans la queue FIFO, envoie les MAC_PDU stockées dans la queue FIFO et, à la fin de la transmission, lance le temporisateur pour $T = T_2$ et attend des trames (NORM) avec l'adresse END.

La sous-couche MAC de la station END reçoit la trame, examine le champ CTL et, prenant en compte le rôle dévolu à la station terminale, génère une MA_Data.indication pour transférer la MAC_PDU à la sous-couche LLC.

Si la trame reçue est de classe 2, on attend un MA_Data.request de la sous-couche LLC.

The MAC sublayer of the R1 station receives the frame, examines the CTL and REP fields and, taking into account

- the assigned repeater role,
- the address and the order of the next repeater (e.g. R2),
- the repetition frame class (originally requested Service_Class value (0, 1 or 2) by the initiating station),

modifies the received frame in a R2 addressed (RS2) MAC_PDU and operates according to the following procedure:

- a) if the repetition frame class is 1, the MAC sends the MAC_PDU and no more actions are carried out;
- b) if the repetition frame class is 0, the MAC stores the MAC_PDU in a FIFO queue and starts the timer $T = T_0$ waiting for other R1 addressed (RS2) frames;
- c) if the repetition frame class is 2
 - and the timer $T = T_0$ has not been set, the MAC sends the MAC_PDU and at the end of the transmission starts the timer $T = T_2$ waiting for R2 addressed (NORM or RCF) frames;
 - and the timer $T = T_0$ has not yet expired, the MAC stops the timer $T = T_0$, stores the MAC_PDU in the FIFO queue, sends the MAC_PDU stored in the FIFO queue and at the end of the transmission starts the timer $T = T_2$ waiting for R2 addressed (NORM or RCF) frames.

The MAC sublayer of the R2 station receives the frame, examines the CTL and REP fields and, taking into account

- the assigned last repeater role,
- the address of the end station (e.g. END),
- the repetition frame class (originally requested Service_Class value (0, 1 or 2) by the initiating station),

modifies the received frame in an END addressed (NORM) MAC_PDU and operates according to the following procedure:

- a) if the repetition frame class is 1, the MAC sends the MAC_PDU and no more actions are carried out;
- b) if the repetition frame class is 0, the MAC stores the MAC_PDU in a FIFO queue and starts the timer $T = T_0$ waiting for other R2 addressed (RS2) frames;
- c) if the repetition frame class is 2
 - and the timer $T = T_0$ has not been set, the MAC sends the MAC_PDU and at the end of the transmission starts the timer $T = T_2$ waiting for END addressed (NORM) frames;
 - and the timer $T = T_0$ has not yet expired, the MAC stops the timer $T = T_0$, stores the MAC_PDU in the FIFO queue, sends the MAC_PDU stored in the FIFO queue and at the end of the transmission starts the timer $T = T_2$ waiting for END addressed (NORM) frames.

The MAC sublayer of the END station receives the frame, examines the CTL field and, taking into account the assigned end station role, generates a MA_Data.indication to transfer the MAC_PDU to the LLC sublayer.

If the frame class received is 2, a LLC sublayer MA_Data.request is waited for.

La sous-couche MAC de la station END examine la MA_Data.request et, considérant

- le rôle de la station terminale,
- la valeur de la Service_Class demandée (0 ou 2),

elle construit une (NORM) MAC_PDU avec l'adresse END, envoie la MAC_PDU et génère une MA_Data.confirm à la fin de la transmission.

La sous-couche MAC de la station R2 reçoit la trame (NORM) avec l'adresse END, examine le champ CTL et, en considérant

- le rôle affecté au répéteur,
- la classe de la trame normale (la valeur de Service_Class demandée (0 ou 2) à l'origine par la station terminale),

elle modifie la trame reçue pour en faire une (NORM) MAC_PDU avec l'adresse R2 et agit conformément à la procédure suivante:

- a) si la trame normale est de classe 0, MAC stocke la MAC_PDU dans une queue FIFO et attend d'autres trames (NORM) avec l'adresse END;
- b) si la trame normale est de classe 2
 - et que la queue FIFO est vide, MAC arrête le temporisateur $T = T_2$, envoie la MAC_PDU et réinitialise son adresse de réception (R2);
 - et que la queue FIFO est occupée, MAC arrête le temporisateur $T = T_2$, stocke la MAC_PDU dans la queue FIFO, envoie les MAC-PDU stockées dans la queue FIFO et ré-initialise leur adresse de réception (R2).

Si le délai $T = T_2$ de la station R1 n'est pas échu, la sous-couche MAC reçoit la trame (NORM ou RCF) avec l'adresse R2, examine le champ CTL et, considérant

- le rôle affecté au répéteur,
- la classe de la trame normale ou la trame de type RCF (la valeur de Service_Class demandée (0 ou 2) à l'origine par la station terminale),

il modifie la trame reçue pour en faire une (NORM ou RCF) MAC_PDU avec l'adresse R1 et agit conformément à la procédure suivante:

- a) si la trame normale est de classe 0, MAC stocke la MAC_PDU dans une queue FIFO et attend une autre trame (NORM ou RCF) avec l'adresse R2;
- b) si la trame normale est de classe 2 ou que la trame est de type RCF
 - et que la queue FIFO est vide, MAC arrête le temporisateur $T = T_2$, envoie la MAC_PDU et ré-initialise son adresse de réception (R1);
 - et que la queue FIFO est occupée, MAC arrête le temporisateur $T = T_2$, stocke la MAC_PDU dans la queue FIFO, envoie les MAC_PDU stockées dans la queue FIFO et réinitialise leur adresse de réception (R1).

Si le délai $T = T_2$ de la station initiatrice n'est pas encore échu, la sous-couche MAC reçoit la trame (NORM ou RCF) avec l'adresse R1, examine le champ CTL et, en considérant

- le rôle de la station initiatrice,
- la classe de la trame normale ou de la trame de type RCF (la valeur de Service_Class demandée (0 ou 2) à l'origine par la station terminale),

The MAC sublayer of the END station examines the MA_Data.request and, taking into account

- the end station role,
- the requested Service_Class value (0 or 2),

builds an END addressed (NORM) MAC_PDU, sends the MAC_PDU and generates a MA_Data.confirm at the end of the transmission.

The MAC sublayer of the R2 station receives the END addressed (NORM) frame, examines the CTL field and, taking into account

- the assigned repeater role,
- the normal frame class (originally requested Service_Class value (0 or 2) by the end station),

modifies the received frame in a R2 addressed (NORM) MAC_PDU and operates according to the following procedure:

- a) if the normal frame class is 0, the MAC stores the MAC_PDU in a FIFO queue and waits for other END addressed (NORM) frames;
- b) if the normal frame class is 2
 - and the FIFO queue is empty, the MAC stops the timer $T = T2$, sends the MAC_PDU and resets its receiving address (R2);
 - and the FIFO queue is occupied, the MAC stops the timer $T = T2$, stores the MAC_PDU in the FIFO queue, sends the MAC_PDUs stored in the FIFO queue and resets its receiving address (R2).

If timer $T = T2$ of the R1 station has not yet expired, the MAC sublayer receives the R2 addressed (NORM or RCF) frame, examines the CTL field and, taking into account

- the assigned repeater role,
- the normal frame class (originally requested Service_Class value (0 or 2) by the end station) or the RCF type frame;

modifies the received frame in an R1 addressed (NORM or RCF) MAC_PDU and operates according to the following procedure:

- a) if the normal frame class is 0, the MAC stores the MAC_PDU in a FIFO queue and waits for another R2 addressed (NORM or RCF) frame;
- b) if the normal frame class is 2 or the frame type is RCF
 - and the FIFO queue is empty, the MAC stops the timer $T = T2$, sends the MAC_PDU and resets its receiving address (R1);
 - and the FIFO queue is occupied, the MAC stops the timer $T = T2$, stores the MAC_PDU in the FIFO queue, sends the MAC_PDUs stored in the FIFO queue and resets its receiving address (R1).

If the timer $T = T2$ of the initiating station has not yet expired, the MAC sublayer receives the R1 addressed (NORM or RCF) frame, examines the CTL field and, taking into account

- the initiating station role,
- the normal frame class (originally requested Service_Class value (0 or 2) by the end station) or the RCF type frame,

elle agit conformément aux procédures suivantes:

- a) si la trame normale est de classe 0, MAC génère une MA_Data.indication pour transférer la MAC_SDU à la sous-couche LLC et attend d'autres trames (NORM OU RCF) avec l'adresse R1;
- b) si la trame normale est de classe 2, MAC arrête le temporisateur $T = T2$, génère une MA_Data.confirm et une MA_Data.indication pour transférer la MAC_SDU à la sous-couche LLC et se met en état libre;
- c) si la trame est de type RCF, MAC arrête le temporisateur $T = T2$, génère une MA_Data.confirm (compte-rendu d'erreurs) et une MA_Data.notify et se met dans l'état libre.

Quand le délai $T = T1$ de la station initiatrice expire, la sous-couche MAC de la station initiatrice génère un MA_Data.confirm et se met en état libre.

Quand le délai $T = T0$ de la station R_n expire, la sous-couche MAC de la station R_n rejette les éventuels MAC_PDU stockées dans la queue FIFO et envoie une (RCF) MAC_PDU avec l'adresse R_n .

Quand le délai $T = T2$ de la station R_n ($n = 1$ ou 2) expire, la sous-couche MAC de la station R_n construit une (RCF) MAC_PDU avec l'adresse R_n et agit selon les procédures suivantes:

- si la queue FIFO est vide, MAC envoie la MAC_PDU et ré-initialise son adresse de réception (R_n);
- si la queue FIFO est occupée, MAC stocke la MAC_PDU dans la queue FIFO, envoie les MAC_PDU stockées dans la queue FIFO et ré-initialise leurs adresses de réception (R_n).

Quand le délai $T = T2$ de la station initiatrice expire, la sous-couche MAC de la station initiatrice génère une MA_Data.confirm (compte-rendu d'erreur) et une MA_Data.notify et se met dans l'état libre.

Les délais de supervision $T0$, $T1$ et $T2$ peuvent être calculés de la manière suivante:

- $T0 = (M-1)t_0$;
- $T1 = n t_0$;
- $T2 = nm t_0 + (n+1)M t_0 + t_1$

où

- t_0 est la durée de la transmission de la trame de longueur maximale autorisée + la durée maximale du traitement MAC;
- t_1 est le temps de réponse maximal de la station terminale;
- M est le nombre maximal admis de trames consécutives envoyées;
- m est le nombre de trames consécutives ($m \leq M$) envoyées;
- n est le numéro du (prochain) répéteur impliqué.

3.12 Gestion des répétitions

La sous-couche MAC des stations de répéteurs utilise les trames RCF pour informer la couche MAC de la station initiatrice qu'il y a des erreurs dans la procédure de répétition.

Après qu'un délai expire (à cause de la détérioration de la trame reçue), la station répéteur envoie une trame RCF à la station initiatrice.

L'adresse dans le champ REP de la trame RCF est celle de la station répéteur qui a identifié l'erreur.

operates according to the following procedure:

- a) if the normal frame class is 0, the MAC generates a MA_Data.indication to transfer the MAC_SDU to the LLC sublayer and waits for other R1 addressed (NORM or RCF) frames;
- b) if the normal frame class is 2, the MAC stops the timer $T = T2$, generates a MA_Data.confirm and a MA_Data.indication to transfer the MAC_SDU to the LLC sublayer and sets itself in the idle status;
- c) if the frame type is RCF, the MAC stops the timer $T = T2$, generates a MA_Data.confirm (failure reporting) and a MA_Data.notify and sets itself in the idle status.

When the timer $T = T1$ of the initiating station expires, the MAC sublayer of the initiating station generates a MA_Data.confirm and sets itself in the idle status.

When the timer $T = T0$ of the R_n station expires, the MAC sublayer of the R_n station rejects the possible MAC_PDUs stored in the FIFO queue and sends a R_n addressed (RCF) MAC_PDU.

If the timer $T = T2$ of the R_n ($n = 1$ or 2) station expires, the MAC sublayer of the R_n station builds an R_n addressed (RCF) MAC_PDU and operates according to the following procedure:

- if the FIFO queue is empty, the MAC sends the MAC_PDU and resets its receiving address (R_n);
- if the FIFO queue is occupied, the MAC stores the MAC_PDU in the FIFO queue, sends the MAC_PDUs stored in the FIFO queue and resets its receiving address (R_n).

If the timer $T = T2$ of the initiating station expires, the MAC sublayer of the initiating station generates a MA_Data.confirm (failure reporting) and a MA_Data.notify and sets itself in the idle status.

The supervisor timer $T0$, $T1$ and $T2$ may be computed in the following way:

- $T0 = (M-1) t_0$;
- $T1 = n t_0$;
- $T2 = nm t_0 + (n+1)M t_0 + t_1$.

where

- t_0 is the transmission time of the allowed maximum length frame + maximum MAC processing time;
- t_1 is the maximum response time of the end station;
- M is the maximum allowed number of consecutive frames sent;
- m is the number of consecutive sent frames ($m \leq M$);
- n is the number of (next) repeaters involved.

3.12 Repetition management

The MAC sublayer on the repeating stations uses the RCF frame to inform the MAC sublayer of the initiating station about failures in the repetition procedure.

After a timer has expired (due to the deterioration of the received frame) a RCF frame is sent by the repeater station to the initiating station.

The address in the REP field of the RCF frame is set to the address of the repeater station that recognizes the failure.

3.13 Changements d'état de MAC

3.13.1 Tableau de changements d'état pour une exploitation de Style 1

Les processus utilisés par l'entité de la sous-couche MAC de la station initiatrice sont décrits dans les tableaux de changements d'état suivants.

Tableau 1 – Tableau de changements d'état du MAC de la station initiatrice dans une exploitation de Style 1

Etat actuel	Événement	Actions	Etat suivant
IDLE	MA_Data.request(ADD, M_SDU, Service_Class = 1)	RP=Repetition(ADD) If RP = no_repetition then Construct_frame_MA_PDU If RP =repetition then Path = Path (ADD) and Construct_frame_RP_PDU= RP_PDU(M_SDU,PATH) Start_transmission(PDU) T=T1 Start_timer (T)	TX
TX	Transmit_Done and Service_Class = 1	No Action	WAIT
WAIT	Time_Out()	MA_Data.confirm()	IDLE
IDLE	MA_Data.request(ADD, M_SDU, Service_Class = 2)	RP=Repetition(ADD) If RP = no_repetition then Construct_frame_MA_PDU If RP =repetition then Path = Path (ADD) and Construct_frame_P_PDU= RP_PDU(M_SDU,PATH) Start_transmission (PDU) T=T2 Start_timer (T)	TX
TX	Transmit_Done and Service_Class = 2	Set_Rx_Address(Next_Station)	RX
RX	NORM_Frame_Received	Stop_timer MA_Data.confirm() MA_Data.indication()	IDLE
RX	RCF_Frame_Received	Stop_timer MA_Data.confirm() MA_Event.notify(RCF, Station, End_Station)	IDLE
RX	Time_Out()	MA_Data.confirm() MA_Event.notify(Timeout,Station, End_Station)	IDLE

3.13 MAC state transition

3.13.1 State transition table for the operation Style 1

The processes used by the MAC sublayer entity, initiating station, are described in the following state transition tables.

Table 1 – Initiating station MAC state transition table for the operation Style 1

Current state	Event	Actions	Next state
IDLE	MA_Data.request(ADD, M_SDU, Service_Class = 1)	RP=Repetition(ADD) If RP = no_repetition then Construct_frame_MA_PDU If RP =repetition then Path = Path (ADD) and Construct_frame_RP_PDU= RP_PDU(M_SDU,PATH) Start_transmission(PDU) T=T1 Start_timer (T)	TX
TX	Transmit_Done and Service_Class = 1	No Action	WAIT
WAIT	Time_Out()	MA_Data.confirm()	IDLE
IDLE	MA_Data.request(ADD, M_SDU, Service_Class = 2)	RP=Repetition(ADD) If RP = no_repetition then Construct_frame_MA_PDU If RP =repetition then Path = Path (ADD) and Construct_frame_P_PDU= RP_PDU(M_SDU,PATH) Start_transmission (PDU) T=T2 Start_timer (T)	TX
TX	Transmit_Done and Service_Class = 2	Set_Rx_Address(Next_Station)	RX
RX	NORM_Frame_Received	Stop_timer MA_Data.confirm() MA_Data.indication()	IDLE
RX	RCF_Frame_Received	Stop_timer MA_Data.confirm() MA_Event.notify(RCF, Station, End_Station)	IDLE
RX	Time_Out()	MA_Data.confirm() MA_Event.notify(Timeout,Station, End_Station)	IDLE

Tableau 2 – Tableau de changements d'état du MAC pour une station terminale ou une station répéteur dans une exploitation de Style 1

Etat actuel	Evénement	Actions	Etat suivant
RX	NORM_Frame_Received	MA_Data.indication()	RX
RX	RS1_Frame_Received and Service_Class = 2	Modify_RP_PDU Start_transmission T=T2 Start_timer (T)	TX_DS
RX	RS1_Frame_Received and Service_Class = 1	Modify_RP_PDU Start_transmission(PDU)	TX_DS
TX_DS	Transmit_Done and Service_Class = 2	Set_RX_Address=(Next_Station)	RX_US
TX	Transmit_Done	MA_Data.confirm()	RX
TX_US	Transmit_Done	Set_RX_Address=(My_Address)	RX
RX_US	RCF_Frame_Received or NORM_Frame_Received	Stop_timer Modify_MAC_PDU Start transmission	TX_US
RX_US	Time_Out	Construct_frame_RCF_PDU= RCF_FRAME(timeout, Station,End_Station) Start_transmission(PDU)	TX_US
TX_DS	Transmit_Done and Service_Class = 1	No Action	RX
RX	MA_Data.request()	Construct_frame_MA_PDU Start_transmission(PDU)	TX

3.13.2 Description des états

- **IDLE** (libre): l'entité de la sous-couche MAC attend une MA_Data.request.
- **RX**: l'entité de la sous-couche MAC reçoit des unités de données de la couche Physique jusqu'à ce que la trame soit complète.
- **RX_US**: l'entité de la sous-couche MAC d'une station répéteur reçoit des unités de données de trame ascendante (direction de la station terminale à la station initiatrice).
- **TX**: l'entité de la sous-couche MAC envoie des unités de données à la couche Physique jusqu'à ce que la transmission de la trame soit terminée.
- **TX_DS**: l'entité de la sous-couche MAC d'une station répéteur envoie des unités de données à la couche Physique jusqu'à ce que la transmission de la trame soit terminée.

Table 2 – End and repeater station MAC state transition table for the operation Style 1

Current state	Event	Actions	Next state
RX	NORM_Frame_Received	MA_Data.indication()	RX
RX	RS1_Frame_Received and Service_Class = 2	Modify_RP_PDU Start_transmission T=T2 Start_timer (T)	TX_DS
RX	RS1_Frame_Received and Service_Class = 1	Modify_RP_PDU Start_transmission(PDU)	TX_DS
TX_DS	Transmit_Done and Service_Class = 2	Set_RX_Address=(Next_Station)	RX_US
TX	Transmit_Done	MA_Data.confirm()	RX
TX_US	Transmit_Done	Set_RX_Address=(My_Address)	RX
RX_US	RCF_Frame_Received or NORM_Frame_Received	Stop_timer Modify_MAC_PDU Start transmission	TX_US
RX_US	Time_Out	Construct_frame_RCF_PDU= RCF_FRAME(timeout, Station,End_Station) Start_transmission(PDU)	TX_US
TX_DS	Transmit_Done and Service_Class = 1	No Action	RX
RX	MA_Data.request()	Construct_frame_MA_PDU Start_transmission(PDU)	TX

3.13.2 State description

- **IDLE:** the MAC sublayer entity is waiting for a MA_Data.request.
- **RX:** the MAC sublayer entity is receiving data units from the Physical layer until the receiving of a frame is completed.
- **RX_US:** the MAC sublayer entity of a repeating station is receiving data units of an upstream (direction from the end station to the initiating station) frame.
- **TX:** the MAC sublayer entity is sending data units to the Physical layer until the transmission of the frame is completed.
- **TX_DS:** the MAC sublayer entity of a repeating station is sending data units to the Physical layer until the transmission of frame is completed.

3.13.3 Description des changements d'état

- **MA_Data_request:** ce changement d'état est provoqué par la sous-couche LLC; il signale à la sous-couche MAC qu'il y a une PDU à transmettre.
- **NORM_Frame_Received:** ce changement d'état est généré au sein de la sous-couche MAC d'une station quand la réception d'une NORM MA_PDU est terminée.
- **RCF_Frame_Received:** ce changement d'état est généré au sein de la sous-couche MAC quand elle a terminé la réception d'une trame RCF contenant des informations de mise hors délai d'un répéteur intermédiaire signalant une erreur dans le processus.
- **RS1_Frame_Received:** ce changement d'état est généré au sein de la sous-couche MAC quand elle a terminé la réception d'une trame RSI.
- **Time_Out ():** ce changement d'état est généré au sein de la sous-couche MAC pour indiquer l'heure à laquelle le délai alloué a expiré.
- **Transmit_Done:** ce changement d'état est généré au sein de la sous-couche MAC pour signaler que la transmission de la trame est terminée.

3.13.4 Description des actions

- **Construct_frame_MA_PDU:** cette fonction construit une trame à transmettre sans répétition, en incorporant les différents champs.
- **Construct_frame_RP_PDU:** cette fonction construit une trame RP_PDU à transmettre avec répétition, en incorporant les différents champs.
- **Construct_frame_RCF_PDU:** cette fonction construit une trame ascendante RCF_PDU à transmettre, en incorporant les différents champs.
- **MA_Data.confirm():** cette fonction émet une primitive MA_Data.confirm() vers la sous-couche LLC; le champ de paramètres renvoie les valeur indiquant la possibilité d'un succès ou d'un échec.
- **MA_Data.indication():** cette fonction émet une primitive MA_Data.indication() vers la couche LLC.
- **MA_Event.notify():** cette fonction envoie une indication au SMAP pour l'informer du résultat de la procédure de répétition en cours. Les paramètres concernent l'identification du changement d'état, la station d'origine de l'information et l'adresse de la station terminale.
- **Modify_RP_PDU:** cette fonction modifie le champ de contrôle de répétition de la trame à envoyer vers la prochaine étape de répétition.
- **Modify_MAC_PDU:** cette fonction modifie le champ adresse de la trame à envoyer vers la prochaine étape de répétition.
- **Path ():** cette fonction renvoie l'adresse du répéteur et la séquence de répétition à suivre pour communiquer avec la station terminale; l'entrée de la fonction est l'adresse destinataire ADD.
- **Repetition():** cette fonction balaie le tableau de répétitions en cherchant ADD; elle renvoie ensuite la variable RP contenant les valeurs (No_repetition ou Repetition).
- **Start_timer ():** cette fonction démarre le temporisateur pour une durée T définie auparavant.
- **Set_Rx_Address():** cette fonction donne à l'adresse MAC d'une station la valeur ().
- **Start_transmission():** cette fonction envoie à la couche Physique la première Ph.DATA.request de la trame à transmettre et continue avec la transmission des bits qui suivent. Quand on établit un mode de transmission synchrone, la première Ph_Data.request est invoquée à la première occurrence de la Ph_ZC.indication.
- **Stop_timer:** cette fonction arrête le temporisateur lancé pour une durée T définie au préalable.

3.13.3 Event descriptions

- **MA_Data_request:** this event is generated by the LLC sublayer and it indicates to the MAC sublayer there is a PDU to transmit.
- **NORM_Frame_Received:** this event is generated inside the MAC sublayer of a station when the receiving of a NORM MA_PDU is completed.
- **RCF_Frame_Received:** this event is generated inside the MAC sublayer when it has completed the receiving of a RCF frame containing time out information of an intermediate repeater, indicating the failure of the process.
- **RS1_Frame_Received:** this event is generated inside the MAC sublayer when it has completed the receiving of a RS1 frame.
- **Time_Out ():** this event is generated inside the MAC sublayer to indicate that the time the timer was set to has expired.
- **Transmit_Done:** this event is generated inside the MAC sublayer to indicate that the frame transmission is completed.

3.13.4 Actions description

- **Construct_frame_MA_PDU:** this function builds up the frame to be transmitted without repetition, encapsulating the described fields.
- **Construct_frame_RP_PDU:** this function builds up the frame RP_PDU to be transmitted with repetition, encapsulating the described fields.
- **Construct_frame_RCF_PDU:** this function builds up the frame RCF_PDU to be transmitted upstream, encapsulating the described fields.
- **MA_Data.confirm():** this function issues a MA_Data.confirm() primitive to the LLC layer; the parameter field returns possible values indicating the success or failure of the process.
- **MA_Data.indication():** this function issues a MA_Data.indication() primitive to the LLC layer.
- **MA_Event.notify():** this function sends an indication to the SMAP to inform the result of the repetition procedure not completed. Parameters concern the event identifier, station originating the information and the address of the end station.
- **Modify_RP_PDU:** this function modifies the repetition control field of the frame to proceed to the next repetition step.
- **Modify_MAC_PDU:** this function modifies the address field of the frame to proceed to the next transmission step.
- **Path ():** this function returns the repeater's addresses and the repetition sequence to be followed to communicate with the end station; the input function is the destination address ADD.
- **Repetition():** this function scans the repetition table looking for ADD; then it returns the variable RP assuming the values(No_repetition or Repetition).
- **Start_timer ():** this function starts the timer set to the value T previously defined.
- **Set_Rx_Address():** this function sets the MAC address of the station to the () value.
- **Start_transmission():** this function sends to the Physical layer the first Ph.DATA.request of the frame to be transmitted and continues on the transmission of the following bits. When a synchronized transmission mode is set, the first Ph_Data.request is invoked at the first occurrence of the Ph_ZC. indication.
- **Stop_timer:** this function stops the timer previously set to the time T.

3.13.5 Notation utilisée dans le tableau de changements d'état

- **ADD**: adresse de la station terminale.
- **MA_PDU**: trame construite pour une transmission quand il n'y a pas besoin de répétition.
- **Path**: sortie de la fonction Path(ADD), définit le numéro de séquence de la station impliquée dans le processus de répétition.
- **RP**: variable indiquant si une répétition est demandée.
- **RP_PDU**: trame construite pour la transmission quand une répétition est demandée.
- **T1**: temps d'attente pour une confirmation différée dans une Service_Class 1, calculé conformément à l'expression (1), donnée en 3.2.2.
- **T2**: temps d'attente pour une confirmation aller et retour différée dans une Service_Class 2, calculé conformément à l'expression (2) donnée en 3.2.2.
- **Next_station**: adresse de la prochaine station sur le chemin de répétitions.
- **My_address**: adresse MAC de la station locale.

4 Sous-couche PLS

4.1 Spécification de service PLS

4.1.1 Description globale du service

Il faut supporter les classes de service suivantes:

- type de transmission: synchrone;
- mode d'exploitation: semi-duplex;
- topologie: multi-points.

Les deux types suivants de primitives de service sont définis:

- primitives entre homologues pour les interactions entre homologues:
 - Ph_Data.request;
 - Ph_Data.confirm;
 - Ph_Data.indication.
- primitive entre sous-couches qui a une signification locale et qui supporte les interactions entre MAC et PLS: Ph_ZC.indication.

4.1.2 Spécifications détaillées des services

4.1.2.1 Ph_Data.request

4.1.2.1.1 Fonction

Cette primitive définit le transfert de données d'une entité MAC locale vers une entité homologue éloignée.

3.13.5 Notation used in the transition table

- **ADD**: address of the end station.
- **MA_PDU**: frame built up for transmission when no repetition is required.
- **Path**: output of the function Path(ADD), defines the station sequence involved in the repetition process.
- **RP**: variable indicating if a repetition is requested.
- **RP_PDU**: frame built up for transmission when repetition is required.
- **T1**: waiting time for the postponed confirmation in Service_Class 1 computed according to expression (1), given in 3.2.2.
- **T2**: waiting time for the round-trip delayed confirmation in Service_Class 2 computed according to expression (2), given in 3.2.2.
- **Next_station**: address of the next station in the repetition path.
- **My_address**: MAC address of the local station.

4 PLS sublayer

4.1 PLS service specification

4.1.1 General description of the service

The following class of services shall be supported:

- type of transmission: synchronous;
- mode of operation: half-duplex;
- topology: multipoint.

The following two types of service primitives are defined:

- peer-to-peer primitives that support MAC peer-to-peer interactions:
 - Ph_Data.request;
 - Ph_Data.confirm;
 - Ph_Data.indication.
- sublayer-to-sublayer primitive that has local significance and supports PLS to MAC interactions: Ph_ZC.indication.

4.1.2 Detailed specification of the service

4.1.2.1 Ph_Data.request

4.1.2.1.1 Function

This primitive defines the transfer of data from a local MAC entity to remote peer entities.

4.1.2.1.2 Structure

Ph_Data.request (OUTPUT-UNIT
)

Le paramètre OUTPUT-UNIT prend une des deux valeurs suivantes:

- ONE (un) ou ZERO, représentant chacune un seul bit à transmettre;
- DATA-COMPLETE, signifie que l'entité MAC n'a plus de données à transmettre.

4.1.2.1.3 Utilisation

Cette primitive est générée par l'entité MAC pour demander la transmission de 1 bit unique de données ou clore la transmission.

La réception de cette primitive conduit l'entité PLS à coder ce bit de données et à le passer à la MAU pour transmission ou clore la transmission.

4.1.2.2 Ph_Data.confirm

4.1.2.2.1 Fonction

Cette primitive a une signification locale et elle doit répondre à une Ph_Data.request de l'entité MAC.

4.1.2.2.2 Structure

Ph_Data.confirm (
)

Pas de paramètres définis pour cette primitive.

4.1.2.2.3 Utilisation

Cette primitive est générée par l'entité PLS pour répondre à une Ph_Data.request et notifier si une autre Ph_Data.request est disponible.

Le résultat de la réception de cette primitive par l'entité MAC n'est pas spécifié.

4.1.2.3 Ph_Data.indication

4.1.2.3.1 Fonction

Cette primitive définit le transfert des données reçues de l'entité PLS à l'entité MAC.

4.1.2.3.2 Structure

Ph_Data.indication (INPUT-UNIT
)

Le paramètre INPUT-UNIT prend une de ces deux valeurs, chacune représentant 1 bit de données unique: ONE (un) ou ZERO.