

Master d'Informatique – 1ère année

Réseaux et protocoles

Couche liaison

Bureau S3-354

<mailto:Jean.Saquet@info.unicaen.fr>

<http://www.info.unicaen.fr/~jean/UE9>

Couche liaison : fonctions

Détection d'erreur (et correction éventuelle)
Implique un formatage précis de la 2-PDU,
une transparence vis-à-vis des caractères
d'échappement,
un séquençement et numérotation des 2-PDU

La 2-PDU est le caractère (octet) ou la trame de bits (ou bloc d'octets)

Couche liaison : au dessus de la couche physique

Selon le cas :

- liaison point à point (exemple modems)
- liaison multipoints
- bus (Ethernet ou autre)
- anneaux
- ...

En cas de multiples stations :

- maître / esclaves
- stations indifférenciées

Couche liaison : cas des stations multiples

On peut :

- soit gérer un "tour de parole" (anneaux, USB, ...)
- soit gérer les collisions (Ethernet)

L'adressage est nécessaire et la 2-PDU doit véhiculer :

- soit une adresse (l'autre partenaire étant le maître)
- soit les deux adresses : expéditeur, destinataire

Couche liaison : délimitation

Il s'agit de repérer début et fin de la PDU. On utilise :

- des caractères spéciaux (==> pb. de transparence)
- une suite de bits spécifiques (même chose)

La longueur (fixe ou annoncée ds un champ) de la PDU peut être utilisée.

Une temporisation est souvent indispensable.

À l'intérieur de la PDU, la délimitation des champs utilise des longueurs fixes ou un format type TLV par exemple.

Couche liaison : transparence

Échappement des caractères spéciaux, ou bien :
transcodage des données de la PDU pour ramener dans
l'espace des caractères ascii visualisables.

Exemple : codage "base64"

Nombreux exemples (utilisés en couche 2 ou en couche
présentation)

Couche liaison : détection d'erreurs

Fonction principale de la couche liaison.

Somme de contrôle de la trame ou du bloc :

- checksum ordinaire
- crc (cyclic redundancy check)

Avec crc, possibilité d'autocorrection.

Les codes correcteurs d'erreurs constituent un domaine actif de recherches avancées.

CRC : principe

On considère la suite de bits à transmettre comme coefficients binaires d'un polynôme $P[X]$.

On utilise un polynôme générateur $G[X]$ de degré n .

On divise P par G : $P[X] = G[X].Q[X] + R[X]$

R est nul ou de degré $< n$. Ses coefficients (n bits) = CRC

En fait, le calcul s'effectue avec le "ou exclusif" (cf. ex.)

Propriété : le CRC est linéaire :

$$\text{CRC}(P_1 + P_2) = \text{CRC}(P_1) + \text{CRC}(P_2)$$

(propriété de la division euclidienne)

CRC : autocorrection

Si UN SEUL bit est erroné (modifié par la transmission), alors les polynômes émis et reçu diffèrent d'un X^j . ($j=n^\circ$ du bit modifié) : $P'[X] = P[X] + X^j$.

Donc CRC calculé = $\text{CRC}(P') = \text{CRC}(P) + \text{CRC}(X^j)$.

On connaît $\text{CRC}(P')$ et $\text{CRC}(P) = \text{CRC}$ reçu.

On peut donc voir si leur différence est le CRC d'un X^j , et ainsi retrouver ce j .

(Si ce n'est pas le cas, il y a plusieurs erreurs).

On peut donc corriger certaines erreurs.

Couche liaison : modes de connexion

Mode connecté : 3 phases (connexion, utilisation, déconnexion). Permet l'initialisation des nos de séquence, donc une numérotation, un contrôle de flux, des acquittements et répétitions de trames erronées.

Mode non connecté : Peu de possibilités, sauf détection et éventuellement auto-correction d'erreurs

Mode transaction : repérée par un identifiant, permet numérotation et répétition sans phase de connexion.

Couche liaison : réalisations

Protocoles basés sur des caractères de contrôle
(exemple : contrôle du minitel, divers protocoles
anciens)

HDLC : couche liaison du modèle OSI. Certains
protocoles utilisés s'en inspirent (PPP, ...)

Protocoles des réseaux à bus, en particulier Ethernet

Couche liaison : protocoles basés sur caractères

On utilise des caractères de contrôle (codes entre 0 et 31 décimal) pour :

- délimiter les blocs, la connexion – déconnexion
- gérer le contrôle de flux (XON / XOFF)
- acquitter positivement ou négativement les blocs
- (re)-synchroniser au niveau bit

ceci implique d'échapper ces caractères lorsqu'ils font partie du flux de données : donc un caractère spécifique pour cela.

Couche liaison : HDLC (1)

Le protocole ISO de niveau 2

3 sous-couches :

- délimitation
- intégrité
- contrôle

Permet le point à point ou le multipoint, plusieurs modes existent selon les options.

On se contentera ici du mode ABM (Asynchronous Balanced Mode) pour une liaison pt-à-pt entre 2 interlocuteurs égaux.

Couche liaison : HDLC (2)

Délimitation : fanion de début et fin de trame (6 bits à 1 encadrés par des bits à 0 : 01111110)

==> transparence : on ajoute un "0" à une suite de 5 bits à 1 dans les données : 011111xxx ==> 0111110xxx.

À la réception :

- 01111110 est un fanion (équivalent "octet" = 0x7E)
- on enlève le 0 final dans 0111110
- 01111111xxx est une erreur

Peut s'utiliser sur un support n'acceptant pas une longue suite de bits à 1

Couche liaison : HDLC (3)

Intégrité :

Le contenu d'une trame (entre deux fanions) est un contenu logique (minimum 16 bits) suivi d'une séquence de contrôle sur 16 bits (crc avec pour polynôme diviseur $x^{16}+x^{12}+x^5+1$)

Les contenus des trames incorrectes sont ignorées, ces trames sont signalées à la couche contrôle.

Couche liaison : HDLC (4)

Contrôle :

En point-à-point, pas d'adresses nécessaires.

3 types de trames : I (Information), S (Supervision), U (Unnumbered). Un octet précise type et paramètres :

b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	Nom	Contenu
0		N(S)		P/F		N(R)		I : Information	PCI+UD
1	0	S	S	P/F		N(R)		S : Supervision	PCI
1	1	M	M	P/F	M	M	M	U : Unnumbered	PCI+UD

Bits S ou M : précisent le type de trame S ou U

N(R) N° de séquence en réception

N(S) N° de séquence en émission

P/F bit Poll/Fin, cf. plus loin.

PCI = info de contrôle, UD = Données utilisateur

Couche liaison : HDLC (5)

Trames de supervision :

b1	b2	b3	b4	Abréviation	Nom	Signification
1	0	0	0	RR	Receive Ready	prêt à recevoir, tout va bien
1	0	0	1	RNR	Receive Not Ready	pas prêt à recevoir
1	0	1	0	REJ	Reject	erreur de séquençement
1	0	1	1	SREJ	Selective Reject	erreur de séquençement

Quelques trames "unnumbered"

b3	b4	b5	b6	b7	b8	Abréviation	Nom
1	1	P	1	0	0	SABM	Set Asynchronous Balanced Mode
0	0	F	1	1	0	UA	Unnumbered Acknowledgement
0	0	P/F	0	1	0	DISC	DISConnect
1	1	F	0	0	0	DM	Disconnected Mode

Couche liaison : HDLC (6)

Principes du contrôle :

En Mode ABM, le demandeur émet une trame SABM, le demandé acquitte par UA (ou DM si refus).

Le demandeur seul a l'initiative du premier envoi (de données généralement) après réception d'UA.

DISC permet de demander une déconnexion, acquittée par UA ou DM.

Couche liaison : HDLC (7)

Principes du contrôle (suite) :

$N(S)$ est le numéro de séquence (mod 8) des trames de données émises (Sent). Les trames d'information véhiculent également le no d'acquittement des données en sens inverse ($N(R)$ = prochaine trame attendue).

Les trames de supervision sont uniquement des acquittements, donc ne comportent que $N(R)$. Ces acquittements sont positifs (RR, RNR) ou négatifs (REJ, SREJ).

RNR permet un contrôle de flux (une suite RNR puis RR équivaut à XOFF puis XON)

Couche liaison : HDLC (8)

Principes du contrôle (suite) :

En cas de mauvaise réception d'une trame, le récepteur envoie REJ ou SREJ avec le no de la trame concernée.

Ceci impose à l'émetteur de ré-envoyer la trame.

REJ impose de reprendre l'émission à partir de la trame erronée, SREJ n'impose que de renvoyer la trame.

L'émetteur doit bien entendu stocker les trames non acquittées positivement par un RR ou RNR. Il ne peut en émettre plus de 7 sans recevoir un tel acquittement.

Couche liaison : HDLC (9)

Détail complémentaire :

Le Bit P/F s'utilise (en mode ABM) ainsi :
S'il vaut 1 dans une trame I, ceci demande un
acquiescement explicite (donc une trame S) du récepteur.
Ce dernier met également ce bit à 1 dans sa réponse
(afin de signaler qu'il a bien pris en compte ce bit).

Couche liaison : Ethernet

Ethernet est un bus, sans maître : toutes les stations sont équivalentes.

==> nécessité d'une gestion des conflits.

La trame Ethernet prévoit la délimitation, l'intégrité.

On utilise un mode non connecté, avec adresses émetteur et récepteur dans la trame.

Ethernet peut transporter des protocoles de couche 3 divers (utilisation du champ « longueur » pour l'indiquer).

Il n'y a pas d'acquittements au niveau liaison.

Couche liaison : Ethernet

Format de la trame Ethernet :

Un préambule de 8 octets avec le fanion 01010111 en fin

L'adresse destinataire sur 6 octets

L'adresse émetteur sur 6 octets

Un champ "longueur" sur 2 octets

Au maximum 1500 octets de données

Un champ de contrôle, crc, sur 4 octets

En Ethernet II, le champ longueur est utilisé pour autre chose. La fin de trame se repère par un silence sur la ligne, le crc permettant de vérifier l'intégrité.

Couche liaison : Ethernet

CSMA / CD :

Possibilité d'émettre si silence sur le bus

En cas de collision, arrêt immédiat de l'émission,
et reprise après un délai aléatoire.

Remarque : les stations doivent respecter le protocole !

Adresses :

Sur 6 octets, en principe figée en usine.

Deux interfaces Ethernet ont tjs des adresses différentes

Les trois premiers octets identifient le constructeur.

Les deux premiers bits indiquent le type d'adresse
(individuelle / de groupe et globale / locale)

Couche liaison : Ethernet

Les interfaces Ethernet peuvent être programmées pour prendre aussi en compte des trames ayant d'autres adresses destination que la leur programmée en usine.

Ceci est utilisé pour des adresses de diffusion notamment.

Voir plus loin : broadcast en IPv4, multicast IPv4 ou v6.