



1.C : Notions de protocoles

Olivier GLÜCK
 Université LYON 1 / Département Informatique
 Olivier.Gluck@univ-lyon1.fr
<http://perso.univ-lyon1.fr/olivier.gluck>

1

Copyright

- Copyright © 2022 Olivier Glück; all rights reserved
- Ce support de cours est soumis aux droits d'auteur et n'est donc pas dans le domaine public. Sa reproduction est cependant autorisée à condition de respecter les conditions suivantes :
 - Si ce document est reproduit pour les besoins personnels du reproducteur, toute forme de reproduction (totale ou partielle) est autorisée à la condition de citer l'auteur.
 - Si ce document est reproduit dans le but d'être distribué à des tierces personnes, il devra être reproduit dans son intégralité sans aucune modification. Cette notice de copyright devra donc être présente. De plus, il ne devra pas être vendu.
 - Cependant, dans le seul cas d'un enseignement gratuit, une participation aux frais de reproduction pourra être demandée, mais elle ne pourra être supérieure au prix du papier et de l'encre composant le document.
 - Toute reproduction sortant du cadre précisé ci-dessus est interdite sans accord préalable écrit de l'auteur.

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

2

Remerciements

- Certains transparents sont basés sur des supports de cours de :
 - Danièle DROMARD (PARIS 6)
 - Andrzej DUDA (INP Grenoble/ENSIMAG)
 - Shivkumar KALYANARAMAN (RPI/ECSE)
 - Alain MILLE (LYON 1)
 - CongDuc PHAM (LYON 1)
 - Michel RIVEILL (Université de Nice/ESSI)
 - l'Institut National des Télécommunications (INT)
- Des figures sont issues des livres cités en bibliographie

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

3

Bibliographie

- « *Réseaux* », 4ième édition, Andrew Tanenbaum, Pearson Education, ISBN 2-7440-7001-7
- « *Réseaux et Télécoms* », Claude Servin, Dunod, ISBN 2-10-007986-7
- « *Analyse structurée des réseaux* », 2ième édition, J. Kurose et K. Ross, Pearson Education, ISBN 2-7440-7000-9
- « *TCP/IP Illustrated Volume 1, The Protocols* », W. R. Stevens, Addison Wesley, ISBN 0-201-63346-9
- « *TCP/IP, Architecture, protocoles, applications* », 4ième édition, D. Comer, Dunod, ISBN 2-10-008181-0
- « *An Engineering Approach to Computer Networking* », Addison-Wesley, ISBN 0-201-63442-6

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

4

Bibliographie

- Internet...
 - <http://www.guill.net/>
 - <http://www.courseforge.org/courses/>
 - <http://www.commentcamarche.net/ccmdoc/>
 - <http://www.protocols.com/>
 - http://dir.yahoo.com/Computers_and_Internet/
 - <http://www.rfc-editor.org/> (documents normatifs dans TCP/IP)

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

5

Plan de la partie 3

- La délimitation des données
 - Notion de fanion
 - Notion de transparence
- Le contrôle d'intégrité
 - Notion d'erreur
 - Détection d'erreur par clé calculée
 - Les codes autocorrecteurs
- Le contrôle de l'échange
 - Du mode Send & Wait aux protocoles à anticipation
 - Contrôle de flux
- La signalisation

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

6

Rappel : un protocole

- Un ensemble de conventions préétablies pour réaliser un échange (fiable) de données entre deux entités
- Il définit le format des en-têtes et les règles d'échange
 - syntaxe et sémantique des messages...
- En particulier :
 - délimitation des blocs de données échangés
 - contrôle de l'intégrité des données reçues
 - organisation et contrôle de l'échange
 - éventuellement, contrôle de la liaison

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

7

7

Rappel : rôle de la liaison de données

- Transfert de données fiable entre deux équipements de liaison
 - Taux d'erreurs résiduel négligeable (détection et contrôle des erreurs de la couche physique)
 - Sans perte (contrôle de flux)
 - Sans duplication
 - Maintien des trames en séquence (dans l'ordre !)
- Service fourni au réseau
 - Etablir, maintenir et libérer les connexions de liaison de données entre entités de réseau
- Service bi-point et multipoint
 - En multipoint : la LD gère l'accès au support (CSMA/CD)

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

8

8

La délimitation des données

Notion de fanion
Notion de transparence



9

Notion de fanion

- Lors d'une transmission de données, il faut pouvoir repérer le début et la fin de la séquence des données transmises
 - bit de "start" et bit de "stop" en transmission asynchrone
 - fanion en transmission synchrone
 - un caractère spécial
 - ou une séquence de bits particulière



Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

10

10

Notion de fanion

- 3 fonctions essentielles
 - délimite les données
 - permet de maintenir la synchronisation de l'horloge de réception (émis en l'absence de données à émettre)
 - permet au récepteur de se caler correctement sur une frontière d'octets (synchronisation caractère)
 - > reconnaissance des caractères
- Question
 - Qu'est ce que la définition d'un caractère spécial pose comme problème ?

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

11

11

Notion de transparence

- Les caractères "spéciaux" comme le fanion ne sont pas délivrés aux couches supérieures : ils sont interprétés pour les besoins du protocole
- Les caractères "spéciaux" doivent pouvoir être transmis en tant que données et donc délivrés en tant que tel
 - -> mécanismes de transparence
 - -> définition d'un autre caractère spécial : le **caractère d'échappement**

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

12

12

Notion de transparence

- Caractère d'échappement : le caractère suivant n'est pas interprété
- Fonctionnement
 - Côté émission : insertion du caractère d'échappement devant le caractère à protéger
 - Côté réception : l'automate examine chaque caractère pour découvrir le fanion de fin ; s'il rencontre le caractère d'échappement, il l'élimine et n'interprète pas le caractère suivant -> il le délivre au système

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 13

13

Notion de transparence

■ Et si on veut transmettre le caractère d'échappement en tant que données ?

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 14

14

Notion de transparence

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 15

15

Protocoles orientés caractères/bits

- Protocoles orientés caractères
 - trame=nb entier de caractères délimités par des caractères de commande
 - tous les caractères "de commande", dédiés au contrôle de l'échange, sont représentés par un caractère spécial qui doit être systématiquement précédé d'un caractère d'échappement
- Protocoles orientés bits
 - les informations de contrôle sont dans un champ particulier de la trame -> il faut assurer la transparence pour le fanion uniquement
 - seul le fanion est un "caractère" spécial
 - la transparence binaire est assurée par l'insertion d'un "0" tous les 5 bits à "1"
 - le fanion est représenté par "01111110" ; c'est la seule séquence pouvant contenir plus de 5 bits à "1" consécutifs -> **technique du bit de bourrage**

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 16

16

La technique du bit de bourrage

- Seul le fanion (01111110) peut contenir plus de 5 bits consécutifs à "1"
- Côté émission : si 5 bits consécutifs sont à "1", l'automate insère un "0"
- Côté réception : si 5 bits consécutifs sont à 1, l'automate regarde le bit suivant :
 - s'il est à "1", il s'agit du fanion
 - s'il est à "0", le "0" est enlevé de la séquence (il a été introduit à l'émission)
- Permet la resynchronisation des horloges en interdisant les longues séquences de bits à 1

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 17

17

La technique du bit de bourrage

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 18

18

Le contrôle d'intégrité

Notion d'erreur
Détection d'erreur par clé calculée
Codes autocorrecteurs

19

Le contrôle d'intégrité

- Plusieurs facteurs peuvent modifier le contenu des données
 - facteurs d'origine humaine
 - problème de sécurité des données
 - transmission de mots de passe chiffrés...
 - facteurs d'origine physique : des bits sont erronés
 - on parle de contrôle d'erreur
 - erreurs dues à un phénomène physique
 - rayonnements électromagnétiques
 - distorsions
 - bruit
 - perte de la synchronisation des horloges (fibre)

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

20

Le taux d'erreur binaire (BER)

- BER = *Bit Error Rate*
- $Teb = \text{Nb bits erronés} / \text{Nb bits transmis}$
- Exemple
 - L'émetteur transmet la suite 0001110101101010
 - Le récepteur reçoit la suite 0001100101111011
 - $Teb = 3/16 = 0,1875$
- En pratique
 - RTC : $Teb = 10^{-4}$
 - Réseaux locaux : $Teb = 10^{-9}$
 - Les erreurs se produisent généralement par rafale

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

21

Le taux d'erreur binaire (BER)

- Teb représente la probabilité de recevoir un bit erroné
- La probabilité de recevoir correctement un bloc de N bits est alors :

$$p = (1 - Teb) \dots (1 - Teb) = (1 - Teb)^N$$
- La probabilité de recevoir un bloc erroné est alors :

$$p = 1 - (1 - Teb)^N$$
- Plus la longueur d'un bloc est grand, plus la probabilité de réception correcte est faible !

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

22

La détection d'erreur

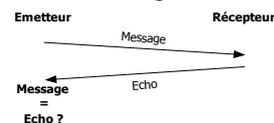
- But : vérifier la validité des données reçues chez le destinataire
- Idée : ajouter une certaine redondance dans l'information transmise
- 4 techniques
 - la détection par écho
 - la détection par répétition
 - la détection d'erreur par clé calculée
 - la détection et correction d'erreur par code

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

23

La détection par écho

- Le récepteur renvoie chaque message reçu (écho)
- L'émetteur compare l'écho au message initial et le renvoie si les deux messages sont différents



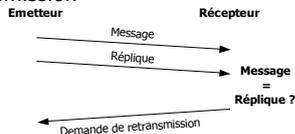
- Utilisée par terminaux asynchrones (telnet, minitel, ...)
- Problèmes
 - redondance totale
 - l'écho peut lui-même être erroné

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

24

La détection par répétition

- Chaque message émis est suivi de sa propre réplique
- Si les deux messages sont différents, le récepteur demande une retransmission



- Utilisée dans les milieux sécurisés très perturbés (applications temps réel)
- Problèmes
 - redondance totale
 - la réplique peut être erronée
 - contrôle sur le récepteur

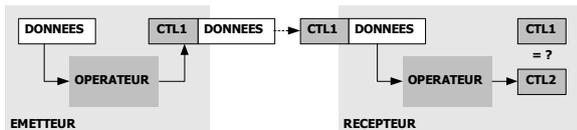
25

La détection d'erreur par clé calculée

- L'émetteur ajoute au message une information supplémentaire (clé) calculée à partir du message d'origine
- Le récepteur recalcule la clé selon la même méthode à partir des informations reçues et compare à la clé reçue
- Le récepteur ignore les données si les clés sont différentes et peut demander la retransmission (reprise sur erreur)

26

La détection par clé calculée

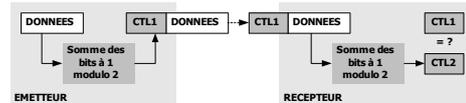


- La clé est parfois appelée
 - CRC : *Cyclic Redundancy Check*
 - FCS : *Frame Check Sequence*
- La clé peut elle-même être corrompue

27

La détection par clé calculée

- Un exemple : la technique du bit de parité



- Exemple : S en ASCII est représenté par 1010011 -> bit de parité = 0
- Simple mais Redondance faible
- Ne permet de détecter que les erreurs portant sur un nombre impair de bits
- Utilisé pour la transmission des caractères ASCII

28

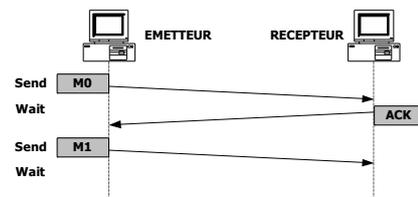
Le contrôle de l'échange



29

Les mécanismes de base

- Le mode *Send & Wait*



- Problème : l'émetteur peut rester bloqué indéfiniment si M0 ou ACK est perdu

30

Les mécanismes de base

- La reprise sur temporisation

- Time out = compteur
- Problème : que se passe t-il si l'ACK est perdu ?

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 31

31

Les mécanismes de base

- Perte de l'ACK

- Remarque : le timer doit être bien réglé (compromis). Si trop grand ? Si trop petit ?
- Solution ? Un ACK d'ACK avant de délivrer M1 ?

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 32

32

Les mécanismes de base

- Numérotation des messages émis
 - On utilise 2 compteurs (**Ns** en émission, **Nr** en réception)
 - Ns et Nr sont initialisés à zéro
 - Ns contient le numéro du prochain message à émettre
 - Nr contient le numéro du prochain bloc à recevoir
 - Ns est transmis de l'émetteur vers le récepteur
 - Un message n'est délivré côté récepteur que si le Ns reçu est égal au Nr local
 - Si $Ns < Nr$, le message a déjà été reçu, le récepteur le "jette" et l'acquitte de nouveau
 - Attend t-on pour envoyer M_{i+1} que M_i soit acquitté ?
 - $Ns > Nr$ est-il possible ?

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 33

33

Les mécanismes de base

- Numérotation des messages émis

Evite la duplication et permet le contrôle de séquençement des données reçues

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 34

34

Les mécanismes de base

- Perte de l'acquittement

Le deuxième M0 reçu est rejeté

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 35

35

Les mécanismes de base

- Délai d'acquittement trop important

M1 n'a jamais été reçu et pourtant il est acquitté
-> il faudrait numéroter aussi les acquittements !

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 36

36

Les mécanismes de base

- Attend t-on pour envoyer M_{i+1} que M_i soit acquitté ?
 - Mode *Send&Wait* :
 - on attend (pas adapté pour RTT grand)
 - il est quand même nécessaire de numéroté les acquittements
 - Si on n'attend pas, il faut pouvoir
 - stocker les messages non acquittés sur l'émetteur
 - numéroté les acquittements
- $N_s > N_r$ est-il possible ?
 - Possible dans le cas du slide précédent (même en *Send&Wait* avec non numérotation des ack)
 - Possible si on envoie M_{i+1} alors que M_i n'a pas été reçu (et donc pas acquitté)
 - Les messages n'arrivent alors pas dans le bon ordre sur le récepteur
 - > soit on refuse les messages tels que $N_s > N_r$
 - > soit on stocke les messages désordonnés sur le récepteur

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 37

37

Les mécanismes de base

- Principe du **piggybacking**
 - Quand une trame arrive de A, l'acquittement est envoyé par B dans la trame suivante à destination de A. Quand B n'a pas de message à envoyer à A, il envoie une trame d'acquittement pour éviter le déclenchement du temporisateur.
 - Avantages : meilleure utilisation de la bande passante et moins de trames isolées

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 38

38

Efficacité d'un protocole

- Notion de données utiles
 - Données d'administration (N_A)
 - Données à transmettre par l'application
 - Contrôle d'erreur
 - Données utiles
 - Données transmises
- RTT - Round Trip Time
 - T_a - temps d'attente entre la transmission du premier bit de M_i et le premier bit de M_{i+1}
 - Efficacité du protocole sans erreur :
 - $E_0 = U/N$
 - $N = \text{nb de bit total transmis (ou qui auraient pu être transmis)}$
 - $N = U + G + K + D \cdot \text{RTT}$ ($D = \text{débit nominal}$)

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 39

39

Efficacité d'un protocole

Faire $D_u = E_{http} \cdot E_{tcp} \cdot E_{ip} \cdot E_{eth}$ Dnominal avec la taille des en-têtes et la taille max des paquets-trames

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 40

40

Efficacité du protocole

- Cas d'une transmission avec erreur
 - $p = (1 - T_{eb})^n$ probabilité pour qu'un bloc de n bits soit correctement transmis
 - ici, $n = U + G + K$
 - L'efficacité du protocole avec erreur est alors :
 - $E = E_0 \cdot p$
 - $E = U \cdot (1 - T_{eb})^{U+G+K} / (U+G+K+D \cdot \text{RTT})$
- Débit réel = débit vu par l'application
 - Débit réel = Débit nominal (D) * E**

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 41

41

Les protocoles à anticipation

- Dans le mode *Send & Wait*, les performances sont dégradées du fait de l'attente de l'ACK avant d'envoyer un nouveau message.
- Protocole à anticipation
 - l'émetteur peut faire plusieurs émissions successives sans attendre l'ACK des messages précédents
 - > il faut numéroté les acquittements
 - > il faut mémoriser TOUS les messages non acquittés sur l'émetteur dans des "buffers"
 - > quand un ACK arrive, l'émetteur peut libérer le buffer correspondant au(x) message(s) acquitté(s)
 - > s'il n'y a plus de buffer libre, l'émetteur doit attendre l'arrivée d'un ACK pour continuer d'émettre

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 42

42

Les protocoles à anticipation

- Principe

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 43

43

Les protocoles à anticipation

- Fenêtre d'anticipation (notée W)
 - crédits d'émission dont dispose l'émetteur
- Taille optimale de la fenêtre
 - quand l'émission se fait en continue (l'émetteur n'attend jamais un ACK)
 - W optimale = $E[Ta/Tb] + 1$
 - dépend de RTT et de la taille de trame maximale

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 44

44

Les protocoles à anticipation

- Gestion glissante de la fenêtre
 - quand un ACK avec $Nr=i$ arrive, l'émetteur libère le buffer qui contient le message M_{i-1}
 - exemple avec Ns et Nr stockés sur 3 bits chacun et $W=3$ (taille de la fenêtre)
- Gestion sautante de la fenêtre
 - l'acquittement est différé et concerne plusieurs messages
 - si $W=3$, M_0 , M_1 et M_2 sont acquittés en une seule fois
 - les émissions s'arrêtent quand les crédits d'émission sont épuisés
 - plus efficace car moins d'acquittements sont transmis mais moins efficace si l'acquittement est perdu car l'émetteur est alors bloqué pendant au moins 1 RTT

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 45

45

Les protocoles à anticipation

- Gestion de la fenêtre avec $W=3$

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 46

46

Les politiques de reprise sur erreur

Le rejet simple

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 47

47

Les politiques de reprise sur erreur

Le rejet sélectif

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 48

48

Les politiques de reprise sur erreur

- Rejet simple ou sélectif ?
 - Rejet simple
 - tous les blocs reçus hors séquençement sont rejetés
 - le protocole est dit "Go Back N"
 - l'émetteur reprend la transmission à partir du message perdu
 - **mémoire du récepteur minimisée**, $W_{réception} = 1$
 - Rejet sélectif
 - le récepteur mémorise les messages hors séquençement
 - l'émetteur ne retransmet que les messages erronés
 - $W_{réception}$ = nombre de messages déséquenceés pouvant être reçus
 - **transmission optimisée - mémoire importante en réception**

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

49

49

Récapitulatif sur les fenêtres

- Principe de la fenêtre
 - Autorisation pour l'émetteur d'envoyer un certain nombre de trames avant de recevoir un acquittement du récepteur
 - Nombre déterminé par la taille de la fenêtre, correspondant à un ensemble de numéro de séquence
 - Numéros de séquences dans la fenêtre → numéros des trames envoyées et pas encore acquittées
 - Le récepteur maintient une fenêtre qui détermine l'ensemble des trames qu'il peut accepter hors séquence
 - La taille de la fenêtre de l'expéditeur peut être différente de celle du récepteur

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

50

50

Le contrôle de flux

- Le nombre de buffer sur le récepteur limité : l'émetteur ne doit pas émettre plus de données que le récepteur ne peut en accepter sinon les paquets en sus seront perdus
- **Le contrôle de flux est le mécanisme qui consiste à asservir la cadence d'émission de l'émetteur sur les capacités de réception du récepteur**

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

52

52

Le contrôle de flux

- On appelle **crédit d'émission** (C_t) le nombre de blocs que l'émetteur est autorisé à transmettre
- Contrôle de flux implicite
 - le nombre de crédits est fixé une fois pour toute ; quand l'émetteur a épuisé ses crédits, il attend l'autorisation du récepteur pour reprendre l'émission
- Contrôle de flux explicite ou dynamique
 - le récepteur informe en permanence l'émetteur sur ses capacités de réception ; le message du récepteur contient le nouveau nombre de crédits disponibles

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

53

53

Le contrôle de flux

http://wps.aw.com/aw_kurose_network_2/0,7240,227091-,00.html

- Il y a plusieurs types de contrôle de flux 
 - contrôle de flux à l'interface
 - entre couches adjacentes
 - entre le terminal et le point d'accès au réseau
 - contrôle de flux de bout en bout
 - entre deux terminaux distants
- Contrôle de flux et réseaux haut-débit
 - L'application a du mal à consommer les données reçues
 - Entre le moment où le récepteur constate qu'il est plein et le moment où l'émetteur reçoit le message lui indiquant qu'il n'est plus autorisé à émettre (plus de crédit), beaucoup de messages sont perdus

Olivier Glück

54

54

La signalisation



55

La signalisation

- Pour transférer des données sur une liaison, il est nécessaire de transférer des messages de signalisation pour :
 - établir la liaison, demande de la ligne, composition d'un numéro téléphonique, ...
 - contrôler la liaison durant l'échange (messages ACK, ...)
 - libérer les ressources en fin de communication
- La signalisation est l'ensemble de ces informations de supervision (ou de contrôle)
- Deux types
 - signalisation dans la bande
 - signalisation hors bande (par canal dédié)

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

56

56

La signalisation dans la bande

- Les informations de signalisation et de données empruntent le même canal de communication
- Un champ spécifique permet de distinguer la nature des informations

Données de contrôle	En-tête protocolaire (fanion, adresses, ...)	Données de contrôle
0 xxxxxxx		1 xxxxxxx
Données applicatives	Champ d'information	Informations de signalisation
CRC	Contrôle d'erreur	CRC

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

57

57

La signalisation hors bande

- Les informations de signalisation empruntent un canal dédié
- Les canaux de signalisation et de données peuvent être physiquement distincts ou emprunter des voies virtuelles (mécanismes de multiplexage)
- Exemples : RNIS, Frame Relay, ATM

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

58

58

Le protocole HDLC



59

Le protocole HDLC

- HDLC - *High Level Data Link Control*
- Protocole de niveau 2 OSI orienté bits
- Premier protocole moderne, normalisé en 1976 par le CCITT (UIT-T)
 - utilisé par exemple dans le GSM entre le mobile et le réseau...
- Nécessite une liaison physique synchrone full-duplex (possibilité sur half-duplex mais avec des restrictions de service...)
- Liaison de données
 - point à point symétrique ou dissymétrique
 - multipoint dissymétrique (polling/selecting)

Olivier Glück

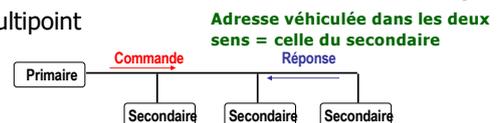
Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

60

60

Statut des stations

- Système à commande centralisée DISSYMETRIQUE
- Multipoint



- Point à point



Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

61

61

Statut des stations

- Système à commande centralisée SYMETRIQUE (point à point)

Adresse : FONCTION SECONDAIRE (par ex.)

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 62

62

Les différentes modes de HDLC

- Le mode normal ou synchrone
 - **NRM** - Normal Response Mode ou **LAP** - Link Access Protocol
 - relation maître/esclave (le primaire invite le secondaire à parler)
 - liaison multipoint dissymétrique
- Le mode asynchrone
 - symétrique
 - **ABM** - Asynchronous Balanced Mode
 - chaque extrémité est primaire en émission et secondaire en réception (mode équilibré)
 - liaison point à point uniquement
 - full duplex (**LAP B**alanced - RNIS)
 - half duplex (**LAP X** - télétext)
 - Dissymétrique point à point ou multipoint
 - **ARM** - Asynchronous Response Mode
 - Le secondaire peut émettre sans y être autorisé
 - un seul secondaire actif à la fois
 - algorithme de résolution des collisions

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 63

63

Le protocole HDLC

- L'unité de transfert est la trame (*Frame*)
- Chaque trame est délimitée par un fanion - le seul caractère "spécial" utilisé par le protocole
- En l'absence de données, le fanion est envoyé pour maintenir la synchronisation entre les trames
- Contrôle d'erreur très efficace par CRC avec reprise sur erreur
- Utilise du contrôle de flux, de l'anticipation et du *piggybacking*

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 64

64

Le protocole HDLC

- L'entité est dite primaire si elle initie la communication
- Le fanion est représenté par la séquence "01111110"
- 3 types de trames - signalisation dans la bande
 - trame **I** - trame d'information (échange de données)
 - trame **S** - trame de supervision (supervision de l'échange)
 - trame **U** - trame non numérotées (supervision de la liaison)

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 65

65

Structure de la trame HDLC

- Le fanion de queue peut faire office de fanion de tête de la trame suivante
- La transparence est assurée par la technique du bit de bourrage
- Un seul champ adresse (mode maître/esclave)
- Champ commande sur 1 ou 2 octets selon que les compteurs Ns/Nr sont stockés sur 3 ou 7 bits
- FCS = CRC relatif à Adresse/Commande/Infos

Fanion deb	Adresse	Commande	INFORMATIONS	FCS	Fanion fin
1 octet	1 octet	1 ou 2 octets		2 octets	1 octet

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 66

66

Le champ adresse

- Il stocke l'adresse du secondaire
 - adresse du destinataire pour les trames de commande
 - adresse de l'émetteur pour les trames de réponse
- Si liaison point à point, le champ n' est pas lu !

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 67

67

Types de trames

- Trames I
 - Information ; transfert de la SDU *System Data Unit*
- Trames S
 - Supervision séquentielle - pas de champ information :
 - Contrôle de flux : RR, RNR
 - Contrôle d'erreurs : REJ (*Go-Back-N*), SREJ
- Trames U
 - Supervision non séquentielle - pas de champ information :
 - Connexion, Libération
 - Anomalies, Réinitialisation
 - Test, Identification
 - Données non séquentielles (*datagrammes*)

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 68

68

Le champ "commande"

- Ns** - compteur des trames I émises
- Nr** - compteur des trames I reçues
 - Nr contient le numéro de la prochaine trame attendue
 - Nr = x acquitte les (x-1) trames précédentes
- Les bits **S** et **U** permettent d'identifier la commande

bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0	
Nr		P/F		Ns		0		trame I
Nr		P/F		S	S	0	1	trame S
U	U	U	P/F	U	U	1	1	trame U

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 69

69

Le champ "commande"

- Le bit **P/F** - bit de contrôle
 - il est appelé P dans une trame de commande, F dans une trame de réponse
 - P (Poll) = demande de réponse explicite ou non émise par une station primaire
 - F (Final) = indication de réponse explicite émise par une station secondaire, suite à une demande explicite émise par un primaire
 - P=1 - sollicite une réponse explicite du secondaire (par ex. car fenêtre d'émission bientôt pleine)
 - Réponse à P=1 par F=1 - le secondaire répond par un acquittement
 - Une station qui reçoit une trame de commande avec le bit P/F=1 doit répondre avec P/F=1

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 70

70

Le champ "commande"

- Trames de supervision
 - RR** - *Receive Ready*
Prêt à recevoir ou accusé de réception si pas de trame I à envoyer par le récepteur
 - RNR** - *Receive Not Ready*
Non prêt à recevoir ; le récepteur demande à l'émetteur d'arrêter les émissions et acquitte les trames jusqu'à Nr-1
 - REJ** - *Reject*
Rejet simple ; demande la retransmission à partir de Nr
 - SREJ** - *Selective Reject*
Rejet sélectif ; demande la retransmission de Nr

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 71

71

Le champ "commande"

- Trames non numérotées de commande (primaire vers secondaire)
 - SNRM** - *Set Normal Response Mode*
multipoint dissymétrique, maître/esclave (polling/selecting)
 - SARM** - *Set Asynchronous Response Mode*
le secondaire peut émettre sans invitation
 - SABM** - *Set Asynchronous Balanced Mode*
point à point symétrique, chaque station peut émettre sans autorisation (primaire et secondaire simultanément)
 - SABME** - *Set Asynchronous Balanced Mode Extended*
idem SABM mais mode étendu (compteurs sur 7 bits)
 - DISC** - *Disconnect*
l'un des terminaux décide de rompre la liaison

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 72

72

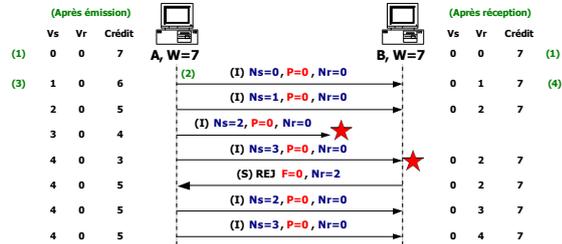
Le champ "commande"

- Trames non numérotées de réponse (du secondaire vers le primaire)
 - UA** - *Unnumbered Acknowledge*
acquittement d'une trame non numérotée
 - FRMR** - *Frame Reject* ou **CMDR** - *Command Reject*
une trame ou une commande vient d'être rejetée (indication de la raison dans le champ information)
 - DM** - *Disconnect Mode*
indique que le terminal est déconnecté
 - RM** - *Request Disconnect*
équivalent de DISC pour le secondaire

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 73

73

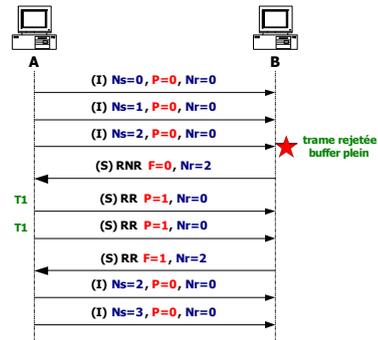
Exemple de gestion d'erreurs



Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 80

80

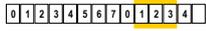
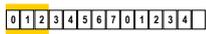
Exemple de gestion du contrôle de flux



Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 81

81

Gestion sautante de la fenêtre



EXEMPLE $W=3$

- on peut émettre 0, 1, 2
- on reçoit trame RR demandant 3
- on peut émettre 3, 4, 5
- on reçoit trame RR demandant 6
- on peut émettre 6, 7, 0
- on reçoit trame RR demandant 1
- on peut émettre 1, 2, 3
- etc ...

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux 82

82