

Module : Réseaux

Protocoles de liaisons de données

- CORRECTION -

Exercice 1 : Problème lié à l'insertion du bit de transparence

Soit la suite de données binaires située dans le champ d'information d'une trame HDLC : **011110111110011111100011**.

- Quelle est la suite réellement fournie au support de transmission (pour ces données seulement) ?
- Que se passe-t-il si le douzième bit de la suite réellement transmise a été mal reconnu du récepteur ?

Corrigé 1 :

- Pour garantir la transparence, la suite réellement émise (champ d'information seulement) est : 01111011111**000**11111**0**10001 (on a indiqué en gras les bits de transparence).
- Par suite de l'erreur de transmission, la suite réellement transmise devient : 01111**01111110**011111**0**10001. Le récepteur reconnaît un fanion dans la zone soulignée : il considère donc que la trame se termine à cet endroit. L'erreur est détectée car la trame ne respecte pas le format d'une trame I (de même, ce qui est pris pour la trame suivante n'a pas d'adresse valide). En plus, les 16 bits qui précèdent le faux fanion sont considérés comme les bits du FCS, qui a toute chance d'être faux. Enfin, un récepteur ignore toute trame comptant moins de cinq octets.

Exercice 2 (Facultatif): Transparence aux données transmises

- Écrire la suite des bits réellement transmise pour une trame SABM émise par un équipement d'adresse *A* (03 en hexadécimal) vers un équipement d'adresse *B* (01 en hexa- décimal). Le bit numéro 5 (bit *P*) est mis à 1. On admettra que le FCS de cette trame vaut en binaire **110101111111011**.
- Par quelle trame répond l'équipement *B* ?

Corrigé 2:

- Il faut transmettre dans l'ordre : le fanion de début, l'adresse de l'équipement *B*, le champ de commande (correspondant à la trame SABM, *P*), le FCS puis le fanion de fin. En représentant les données de gauche à droite :

Fanion	Adresse	Champ de commande	FCS	Fanion
01111110	00000001	11111100	110101111111011	01111110

En indiquant en gras les 0 insérés pour la transparence, la suite réellement transmise est :

01111110 000000011111**0**11001101011111**0**111011 01111110

- b. La station B répond par une trame « UA,F » pour établir la connexion, ou bien par une trame « DM,F » dans le cas de refus de connexion.

La structure de la trame « UA,F » est :

Fanion- Adresse de B - champ de commande de la trame « UA,F » - FCS - fanion .

Fanion	Adresse	Champ de commande	FCS	Fanion
01111110	00000001	11000110	1101011111111011	01111110

La structure de la trame « DM,F » est Fanion- Adresse de B - champ de commande de la trame « DM,F » - FCS - fanion .

Fanion	Adresse	Champ de commande	FCS	Fanion
01111110	00000001	11110000	1101011111111011	01111110

Remarque : Une trame de commande (SABM) contient l'adresse de l'équipement auquel est destinée la trame. Dans la trame de réponse (UA), l'équipement place sa propre adresse. Les deux trames contiennent donc la même adresse

Exercice 3 : Calcul du VRC et du LRC

Calculez le VRC et le LRC du message *HELLO* en utilisant la parité paire, sachant que *H* est codé par **0001001**, *E* par **1010001**, *L* par **0011001** et *O* par **1111001**. Précisez l'ordre de transmission du message construit.

Corrigé 3:

		VRC
H	0001001	0
E	1010001	1
L	0011001	1
L	0011001	1
O	1111001	1

LRC	0100001	0

Exercice 4 : Détection d'erreur par VRC et LRC

On désire transmettre la suite de 16 bits de données : 2BE3 (en hexadécimal). La protection contre les erreurs se fait par parité verticale (de parité paire) et longitudinale.

- Donnez la suite de bits des quatre caractères et la suite binaire complète transmise au récepteur pour ce bloc de données.
- En supposant que, par suite d'une erreur de transmission, le 19e bit de la suite trouvée à la question a) soit modifié, calculer la valeur du reste trouvée par le récepteur.

Corrigé 4:

- Il faut ajouter, à chaque caractère, le VRC qui lui correspond puis calculer le LRC du bloc de données:

VRC

2	0010	1
B	1011	1
E	1110	1
3	0011	0

LRC	0100	1

On envoie : 2BE3 dans l'ordre : 00101 10111 11101 00110 01001

- b. Le bit erroné et le LRC trouvés sont indiqués en gras ci-dessous :

		VRC
2	0010	1
B	1011	1
E	1110	1
3	001 0	0

LRC	0101	1

Exercice 5 : VRC, LRC et contrôle polynomial

On désire vérifier le bloc de données constitué par les deux octets codés avec une parité paire : 00110011 et 11110011. (l'octet sur 7 bits + bit VRC en parité paire)

- Quel est le LRC correspondant à ce bloc de données ?
- Représentez le LRC sous forme polynomiale (c-à-d LRC(x))
- On désire vérifier ce bloc de données (0011001111110011) par un contrôle polynomial de polynôme générateur $x^8 + 1$. Donnez la valeur du polynôme CRC(x). Le comparez avec LRC(x). Que constatez-vous ?

Corrigé 5:

- a.

00110011
11110011

LRC 11000000

- La forme polynomiale du LRC est : $LRC(x) = x^7 + x^6$.
Le polynôme M(x) du message est égal à : $x^{13} + x^{12} + x^9 + x^8 + x^7 + x^6 + x^5 + x^4 + x + 1$.
- Il faut diviser le polynôme $P(x) = x^8 * M(x)$ par $x^8 + 1$,
c'est-à-dire : $(x^{21} + x^{20} + x^{17} + x^{16} + x^{15} + x^{14} + x^{13} + x^{12} + x^9 + x^8) / (x^8 + 1) = x^7 + x^6$
- $CRC(x) = LRC(x)$. Les deux méthodes de calcul donnent le même résultat

Exercice 6 : Calcul d'un contrôle polynomial

Soit la suite d'éléments binaires **0 1 1 1 0 1 0 0 0 0 1 0 1 0 1**.

- Calculer le bloc de contrôle d'erreur pour ces données, en supposant qu'on utilise un code polynomial de polynôme générateur $x^5 + x^3 + 1$.
- On reçoit le bloc suivant : 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 0 1 0. Le contrôle d'erreur utilisant le même polynôme générateur, quelle est la décision prise par le récepteur concernant ce bloc ?

Corrigé 6:

Soit la suite d'éléments binaires **0 1 1 1 0 1 0 0 0 0 1 0 1 0 1**.

- a. Le polynôme $M(x)$ correspondant au message est égal à :

$$x^{13} + x^{12} + x^{11} + x^9 + x^4 + x^2 + 1.$$

Multiplions-le par x^5 , (puisque $G(x) = x^5 + x^3 + 1$), ce qui donne :

$$P(x) = x^5 * M(x) = x^{18} + x^{17} + x^{16} + x^{14} + x^9 + x^7 + x^5.$$

Le reste $R(x)$ vaut $x^4 + x^2 + x + 1$.

Le mot de code émis est alors:

$$P(x) = x^{18} + x^{17} + x^{16} + x^{14} + x^9 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1.$$

- b. Le polynôme $M(x)$ correspondant au mot de code reçu vaut :

$$x^{16} + x^{14} + x^9 + x^7 + x^5 + x + 1.$$

Il n'est pas identique au mot de code émis. Effectivement, la division polynomiale donne un reste non nul, valant : $R(x) = x^4 + x^2 + 1$. Le récepteur refusera donc le bloc de données.

Exercice 7 : Détection d'erreur par contrôle polynomial

On considère la suite de données binaires : 010110110000111101010100, constituée de deux caractères de 8 bits suivis d'un bloc de contrôle d'erreur calculé à l'aide d'un code polynomial de polynôme générateur $x^8 + 1$. Le récepteur détecte-t-il des erreurs de transmission dans la suite reçue ? Pourquoi ?

Corrigé 7:

$$\text{Soit } P(x) = x^{22} + x^{20} + x^{19} + x^{17} + x^{16} + x^{11} + x^{10} + x^9 + x^8 + x^6 + x^4 + x^2$$

Le polynôme représentant les deux caractères, suivi du reste de la division polynomiale. Le récepteur ne détecte pas d'erreur car le reste calculé par l'émetteur correspond à celui calculé par le récepteur. En effet, les deux octets de données valent : 01011011 00001111, c'est-à-dire que $M(x) = x^{14} + x^{12} + x^{11} + x^9 + x^8 + x^3 + x^2 + x + 1$. En multipliant $M(x)$ par x^8 , on retrouve les 16 premiers bits de $P(x)$. Si on effectuait la division polynomiale de $x^8 * M(x)$, on trouverait un reste $R(x) = x^6 + x^4 + x^2$. Le récepteur considère qu'il n'y a pas d'erreur.

Exercice 8 : Contrôle polynomial avec le polynôme V41

Les premiers bits à transmettre dans une trame d'informations gérée par le protocole HDLC sont les suivants : 10101110. Le polynôme générateur utilisé est le polynôme normalisé par la recommandation V41.

- a. Trouvez le reste de la division polynomiale du message par ce polynôme.
b. En supposant que la transmission des 8 bits ait été effectuée sans erreur, représentez la suite des opérations effectuée par le récepteur depuis le premier bit de données jusqu'à la réception du dernier bit de contrôle.

Corrigé 8:

La recommandation V41 $\implies G(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$.

$$M(x) = x^7 + x^5 + x^3 + x^2 + x.$$

La division polynomiale à effectuer est: $x^{16} * M(x)$ à diviser par $G(x)$, soit:

$x^{23} + x^{21} + x^{19} + x^{18} + x^{17}$ à diviser par $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$.

$x^{23} + x^{21} + x^{19} + x^{18} + x^{17}$	$x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$
$x^{23} + x^{19} + x^{12} + x^7 +$	$x^7 + x^5 + x^2$
$x^{21} + x^{18} + x^{17} + x^{12} + x^7$	
$x^{21} + x^{17} + x^{10} + x^5$	
$x^{18} + x^{12} + x^{10} + x^7 + x^5$	
$x^{18} + x^{14} + x^7 + x^2$	
$x^{14} + x^{12} + x^{10} + x^5 + x^2$	

Ce qui donne un reste : $R(x) = x^{14} + x^{12} + x^{10} + x^5 + x^2$, soit en binaire sur 16 bits
0101010000100100