Cours 4
Détection d'erreurs dans une trame

Comment détecter une erreur lors de la transmission d'une trame ?

C'est couche "Liaison de données" (couche 2 du modèle OSI) qui permet la détection d'erreurs lors de la transmission. Elle utilise le CRC (derniers octets de la trame) pour vérifier l'intégrité du message.
Dans ce cours, vous allez découvrir trois techniques de détection d'erreurs :

- ***La parité verticale***
- ***La parité longitudinale***
- ***Le contrôle de redondance cyclique – CRC.***

1 – La parité verticale

On travaille avec des blocs de 7 ou 8 bits.
Exemples pour 7 bits de données

	Données	Parité	Bits transmis
Parité paire	1011 000	1	10110001
(somme des 1 doit être un nombre pair)	1010 000	0	10100000
Parité impaire	1011 000	**0**	10110000
(somme des 1 doit être un nombre impair)	1010 000	**1**	10100001

Remarques

- Lorsqu'une erreur est détectée, on ne peut pas connaitre le bit erroné.
- On ne peut pas détecter un nombre pair d'erreurs.

  Exemple :

  Transmission de l'octet 1100 0101 (parité paire)→ Réception de l'octet 1000 0101
  La parité est impaire
  ⇨ Erreur de transmission car la parité devrait être paire.

  Transmission de l'octet 1100 0101 (parité paire)→ Réception de l'octet 1000 0001
  La parité est paire
  ⇨ Double erreur non détectée.

2 – La parité longitudinale

Dans ce cas on travaille sur un ensemble de bits : tableau 8x8
Exemple : parité paire

Parité verticale

1	0	0	1	0	1	0	0	1
0	0	1	1	1	0	1	0	0
1	0	0	1	0	0	0	1	0
1	0	1	0	0	0	1	0	1
1	0	1	1	0	1	0	0	0
0	1	1	0	1	1	0	1	1
0	0	0	1	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	1	1	0	1
0	0	1	0	0	0	1	1	1

Erreur parité

Parité horizontale

Erreur parité

La parité longitudinale oblige à transmettre une ligne de plus appelée :

Vérification de Redondance Longitudinale
(**LRC – Longitudina Redundancy Check**)

3 – Le contrôle de redondance cyclique CRC

CRC : **C**yclic **R**edundancy **C**heck

Avant d'envoyer la trame :
On travaille avec tous les bits de la trame. Ils sont représentés sous la forme d'un polynôme du type :
$M(X) = m_1 X^{(n-1)} + m_2 X^{(n-2)} + \ldots + m_{n-2} X^2 + m_{n-1} X^1 + m_n$
m_1 , m_2 , … , m_n représentent les n bits de la trame (sans les bits du CRC)

On va diviser ce polynôme par un polynôme "générateur".
Polynôme générateur (exemple CRC32 Ethernet)
$G(X) = X^{32} + X^{26} + X^{23} + X^{22} + X^{16} + X^{12} + X^{11} + X^{10} + X^8 + X^7 + X^5 + X^4 + X^2 + X^1 + 1$

On déduira du reste de la division R(X) les bits qui seront ajoutés à la trame (Bits du CRC).

A la réception de la trame :
On transcrit les bits de la trame (sans les bits du CRC) en polynôme M'(X).
On divise M'(X) par le même polynôme "générateur".
Si le reste R'(X) est différent du reste R(X) alors il y a eu une (ou plusieurs) erreur dans la transmission.
Il existe des algorithmes pour corriger les erreurs.

Trame = M(X) + R(X)

$$\begin{array}{c|c} M(X) & G(X) \\ \cline{2-2} \ldots & Q(X) \\ R(X) & \end{array}$$

$$M(x) = G(X) * Q(X) + R(X)$$

Exemple
Une trame peut être constituée de plus de 80 000 bits. Sur l'exemple ci-dessous nous nous limiterons à 6 bits.
Trame : 101101

Pour déterminer le CRC on transforme la trame en un polynôme M(x).
Trame 101101 => $M(x) = 1*X^5 + 0*X^4 + 1*X^3 + 1*X^2 + 0*X^1 + 1*X^0$

Puis on divise M(x) par un polynôme G(x) connu de l'expéditeur et du destinataire. Lorsque l'on effectue cette division, on obtient un quotient (polynôme Q(x)) et un reste (polynôme R(x)).

C'est ce dernier polynôme R(x) qui devient le CRC.
Exemple : Si $R(x) = 1*X^4 + 1*X^3 + 1*X^2 + 0*X^1 + 0*X^0$ alors le CRC = 11100
Ce CRC est ajouté à la fin de la trame puis la trame est expédiée vers le destinataire.
Le destinataire va refaire la division M(x) / G(x). Dans le cours j'ai appelé M'(x) et G'(x) pour différencier l'expéditeur et le destinataire.
S'il n'y a pas d'erreur M=M'et G=G'.

A partir du reste on calcule le CRC et on le compare au CRC de l'expéditeur. S'ils sont différents c'est qu'il y a eu une erreur de transmission.

TD

Mon auto-évaluation
1 – Comment calcule-t-on le bit de parité dans le cas d'une parité paire ?
2 – Peut-on détecter deux erreurs sur une même trame dans le cas d'une parité verticale ?
3 – Quel est le principe de la parité longitudinale ?
4 – Quel est le principe de la détection d'erreurs à partir du CRC d'une trame ?

Exercices

Exo 1

Calculer le bit de parité dans les cas suivants :

Type de parité	Bits à transmettre	Bit de parité
Parité paire	1001 111 0010 000 1010 101 0011 010 1000 100	
Parité impaire	1001 111 0010 000 1110 101 0011 011 1000 000	

Exo 2 (parité longitudinale)

Transmission des données en parité paire. Rechercher les erreurs.

0	0	1	1	1	0	0	1	0
1	1	0	0	0	0	1	1	0
0	0	0	1	0	0	1	0	1
0	1	1	1	0	1	1	1	0
1	0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	0	1	0	0	1
1	0	1	1	0	0	0	0	1
0	1	0	0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	1	0	1	1	1

Exo 3 (parité longitudinale)

Transmission des données en parité impaire. Rechercher les erreurs.

0	0	1	1	1	0	0	1	0
1	1	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	1	0	0	1	0	1
0	1	1	1	0	1	1	1	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1	0	0	1
1	0	1	1	1	0	0	0	1
0	1	0	0	0	1	0	0	1
1	0	0	1	0	0	1	1	1