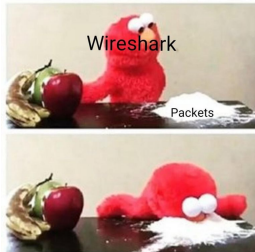


Introduction réseaux - Épisode 4

FIPA24 - 2022/2023

Pascal Cotret, ENSTA Bretagne

15 septembre 2022



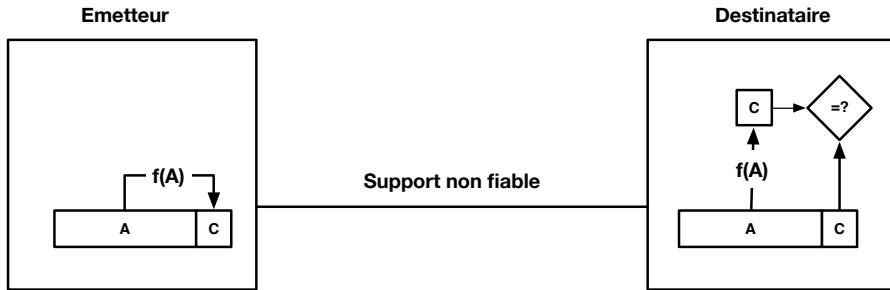
Au menu de ce matin

1. Avec du fil : Ethernet

Détection/correction d'erreur I

Principe

Ajouter des bits redondants pour détecter voir corriger les données altérées.



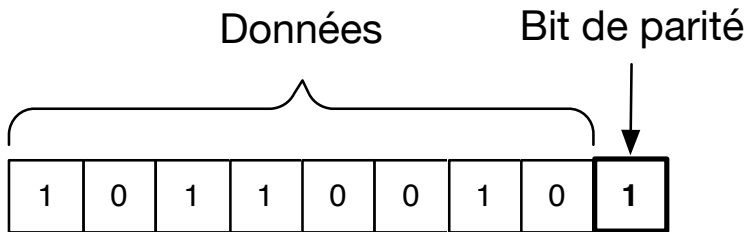
Détection/correction d'erreur II

Mise en oeuvre

- ▶ Détection d'erreur : somme de contrôle, contrôle de redondance cyclique.
- ▶ La détection n'est pas parfaite [1].
- ▶ Correction d'erreur :
 - ▶ Code correcteur d'erreur (*Forward Error Correction*) : Hamming, Reed-Solomon, Turbocode.
 - ▶ Requête automatique de répétition (*Automatic Repeat reQuest*).

Détection d'erreurs : exemples I

Exemple simple : code de parité



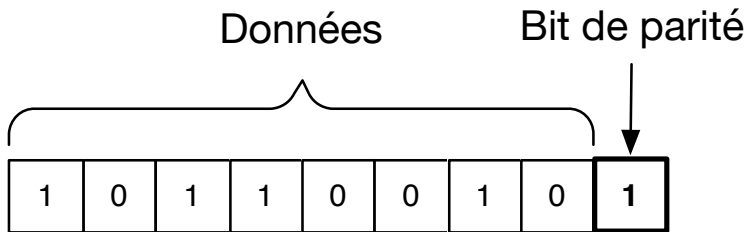
Détection/correction d'erreur II

Mise en oeuvre

- ▶ Détection d'erreur : somme de contrôle, contrôle de redondance cyclique.
- ▶ La détection n'est pas parfaite [1].
- ▶ Correction d'erreur :
 - ▶ Code correcteur d'erreur (*Forward Error Correction*) : Hamming, Reed-Solomon, Turbocode.
 - ▶ Requête automatique de répétition (*Automatic Repeat reQuest*).

Détection d'erreurs : exemples I

Exemple simple : code de parité



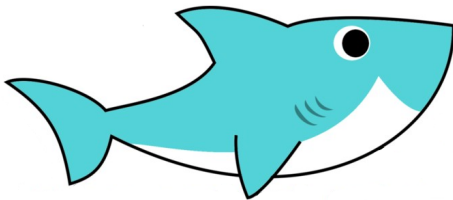
Détection d'erreurs : exemples II

Exemple plus réaliste : contrôle de redondance cyclique

- ▶ Calcul du reste de la division polynomiale par un polynôme de référence.
- ▶ Principe de CRC-n
 - ▶ Les données forment un polynôme binaire $D(X)$ dont les coefficients appartiennent à $GF(2)$
 - ▶ Polynôme de référence $G(X)$ de degré $n + 1$ irréductible (i.e $G(0) = G(1) = 1$).
 - ▶ On calcule $R(X)$ tel que $D(X).X^n = Q(X).G(X) + R(X)$.
- ▶ IEEE CRC-32 (Ethernet, Wifi) : $G = \text{0x104C11DB7}$ ¹.
- ▶ Adapté pour détecter les salves d'erreurs consécutives.

1. D'autres polynômes : <http://crcmod.sourceforge.net/crcmod.predefined.html>

Exercice Wireshark



Sur la base de la capture `compro-crc.pcap`

- ▶ Comment peut-on voir un CRC incorrect dans Wireshark?
- ▶ Quelle serait la valeur correcte correspondante?

(sachant que le CRC est aussi connu sous le nom de *Frame Check Sequence* dans Wireshark)

Contrôle d'accès au support I

Différents types de liaisons

- ▶ Point-à-point : PPP (ADSL), liaison entre un noeud et un commutateur de niveau 2 (e.g. *switch* Ethernet).
- ▶ Support partagé : bus, liaison sans fil (e.g. Wi-Fi).

Contrôle d'accès au support II

Stratégies de partage du support

- ▶ Partage prédéfini :
 - ▶ Le canal est découpé en sous-parties (fréquentielles, temporelles, etc.).
 - ▶ Chaque sous-partie est allouée exclusivement à un noeud.
- ▶ Accès aléatoire :
 - ▶ Tous les noeuds partagent le même canal et peuvent émettre aléatoirement.
 - ▶ Nécessité de détecter les collisions.
- ▶ À tour de rôle :
 - ▶ Partage équitable du support entre tous les noeuds souhaitant émettre.
 - ▶ Exemple : maître/esclave, protocoles à jetons.

Ethernet

Historique

- ▶ 1975 : Robert Metcalfe et David Boggs inventent Ethernet au Xerox PARC.
- ▶ 1979 : Robert Metcalfe fonde 3Com.
- ▶ 1980 : Ethernet I (Dec Intel Xerox).
- ▶ 1983 : Standardisation IEEE 802.3 [4].

Ethernet II

Ethernet aujourd'hui

- ▶ Technologie filaire prédominante dans les LAN.
- ▶ Adopté peu à peu dans d'autres domaines d'application :
 - ▶ Cœur de réseau (Ethernet carrier grade).
 - ▶ Informatique industrielle.
- ▶ Solution simple et peu coûteuse.
- ▶ Différent supports : paire torsadée, fibre optique.
- ▶ Différentes capacités : 10 Mbit/s à 10 Gbit/s.

Différents supports physiques I

- ▶ Initialement, transport sur câble coaxial : 10BASE5, 10BASE2.
- ▶ Paire torsadée (RJ45) :
 - ▶ 10BASE-T
 - ▶ 2 paires sur câble cat 3 ou 5
 - ▶ 100BASE-TX
 - ▶ 2 paires sur câble cat 5 (100m)
 - ▶ 1000BASE-T (IEEE 802.3ab)
 - ▶ 4 paires sur câble cat 5 ou plus (100m)
 - ▶ 10GBASE-T (IEEE 802.3an)
 - ▶ 4 paires sur câble cat 6 ou plus (100m)
 - ▶ 40GBASE-T (IEEE 802.3bq)
 - ▶ 4 paires sur câble cat 8 (30m)

Différents supports physiques II

- ▶ Fibre optique (100m à 40 km) :
 - ▶ 100BASE-FX
 - ▶ 1000BASE-X (IEEE 802.3z)
 - ▶ 40GBASE-R (IEEE 802.3ba, 802.3bm, 802.3bg)
 - ▶ 100GBASE-R (IEEE 802.3ba, 802.3bj, 802.3bm, 802.3cd)

Blindage (ISO/IEC 11801)

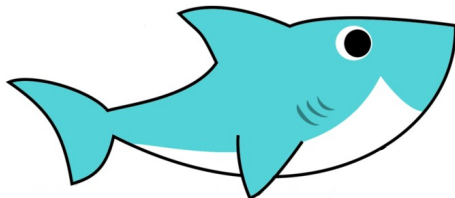
- ▶ Dénomination X/YTP (TP : Twisted Pairs).
- ▶ Blindage du câble (X) et/ou des paires (Y) :
 - ▶ U : **u**nshielded (pas de blindage);
 - ▶ S : braided **s**hielding (blindage par tresse);
 - ▶ F : **f**oil shielding blindage par feuillard.

Câblage II

Catégories de câbles

Nom	Blindage	BP	Application
Cat 3	U/UTP	16 MHz	Téléphone
Cat 5	U/UTP	100 MHz	100BASE-TX, 1000BASE-T
Cat 5e	U/UTP, F/UTP	100 MHz	100BASE-TX, 1000BASE-T
Cat 6	U/UTP, F/UTP	250 MH	10GBASE-T
Cat 6A	UTP, F/UTP, U/FTP	500 MHz	10GBASE-T
Cat 8	F/UTP, U/FTP, S/FTP	2 GHz	40GBASE-T

Exercice Wireshark



`nb6-telephone.pcap` et `http.cap`²

- ▶ Identifier les champs.
- ▶ Est-ce que la valeur du type est correcte ?

(sachant que le CRC est aussi connu sous le nom de *Frame Check Sequence* dans Wireshark)

2. Trames à retrouver sur <https://wiki.wireshark.org/SampleCaptures>

Références I

- [1] Noah DAVIDS. *The Limitations of the Ethernet CRC and TCP/IP checksums for error detection*. Nov. 2012. URL : http://noahdavidson.org/self_published/CRC_and_checksum.html.
- [2] *Guidelines for Use of Extended Unique Identifier (EUI), Organizationally Unique Identifier (OUI), and Company ID (CID)*. IEEE, août 2017. URL : <http://standards.ieee.org/develop/regauth/tut/eui.pdf>.
- [3] *IEEE 802.1Q-2018 - IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks, Bridges and Bridged Networks*. IEEE, mai 2018. URL : https://standards.ieee.org/standard/802_1Q-2018.html.
- [4] *IEEE 802.3-2018 - IEEE Standard for Ethernet*. IEEE, nov. 2018. URL : https://standards.ieee.org/standard/802_3-2018.html.

Références II

- [5] Célestin MATTE et Mathieu CUNCHE. *Traçage Wi-Fi : applications et contre-mesures*. Mai 2016. URL : <https://connect.ed-diamond.com/GNU-Linux-Magazine/GLMFHS-084/Tracage-Wi-Fi-applications-et-contre-mesures>.
- [6] *P802.11 - IEEE Draft Standard for Information Technology – Telecommunications and Information Exchange Between Systems Local and Metropolitan Area Networks – Specific Requirements - Part 11 : Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications*. IEEE, mars 2017. URL : https://standards.ieee.org/project/802_11.html.