

Réseaux locaux

Katia Jaffrès-Runser et Gentiane Jakllari

{kjr,jakllari}-at-n7.fr

Toulouse INP - ENSEEIHT

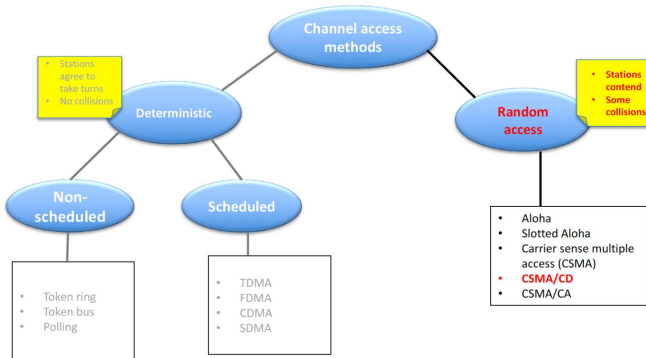
Département Sciences du Numérique
1ère année

2017-2018



Cours 3 : Ethernet

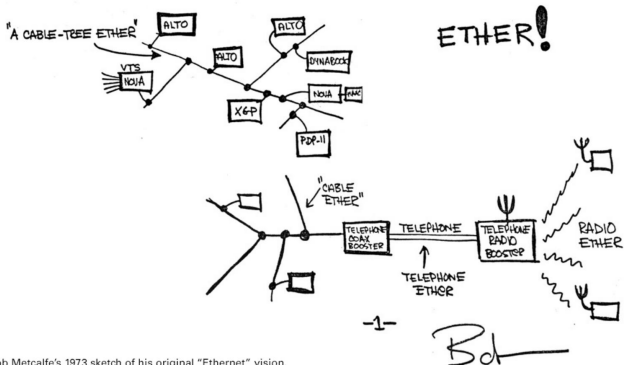
Ethernet et Ethernet commuté



Ether1+net

Histoire

Développé par Bob Metcalfe et d'autres chez Xerox PARC au milieu des années 1970



Bob Metcalfe's 1973 sketch of his original "Ethernet" vision.
Image courtesy of PARC, a Xerox company

¹ Au 19ème siècle, l'éther luminifère ou éther, était le moyen postulé pour la propagation de la lumière

Ethernet

Histoire

Enraciné dans le réseau radio par paquets Aloha

Introduit en 1973, premiers produits en 1980, est devenu une norme IEEE en 1983

Initialement 2,94 Mbps, le dernier atteint 100 Gbps Standardisé,
ouvert à plusieurs fournisseurs, est rapidement devenu rapide et bon marché CSMA/
CD :

politique de contrôle d'accès au support (MAC) d'Ethernet CS = Détection de

porteuse Envoyer

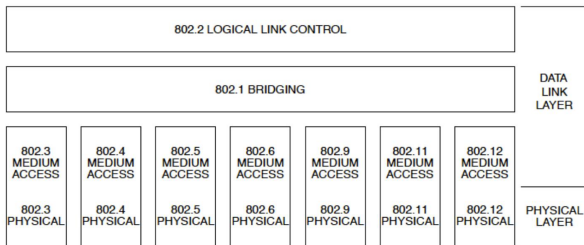
uniquement si le support est

inactif MA = Accès multiple

CD = Collision Détection

Arrêtez l'envoi immédiatement si une collision est détectée

Normes LAN IEEE



L'objectif de la normalisation est de créer des solutions indépendantes des fournisseurs En partie en réponse à la domination d'IBM

dans les années 70, les normes LAN IEEE définissent les couches

MAC et physiques IEEE 802.3 CSMA/CD - Norme Ethernet, 10 Mbps (à l'origine 2 Mbps)

Norme IEEE 802.3u pour Ethernet 100Mbps Norme

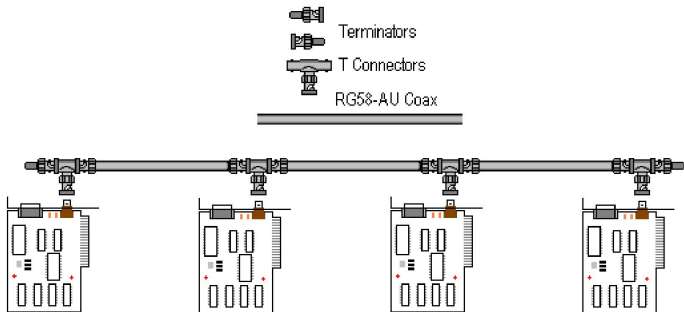
IEEE 802.3z pour Ethernet 1Gbps

Technologies Ethernet

10Base2

« 10 » signifie 10 Mbps ; "2" signifie moins de 200 mètres (en fait 185m)

Câble coaxial fin dans une topologie en bus



Répéteurs utilisés pour connecter différents segments Le

répéteur répète les bits qu'il entend sur une interface vers son autre interface Un périphérique de couche physique uniquement !

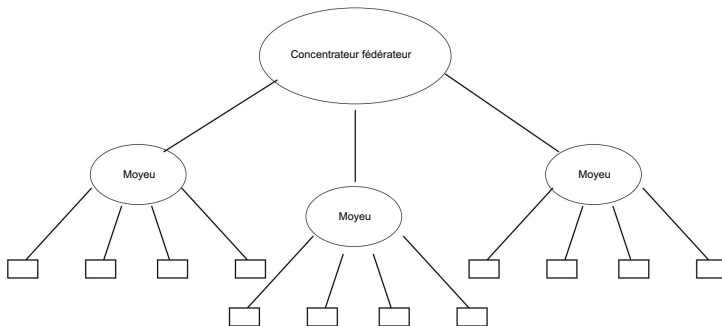
Technologies Ethernet

10BaseT / 100BaseT

« 10 » pour 10 Mbps (« 100 » pour 100 Mbps) ; "T" pour paire torsadée Le(s)

concentrateur(s) connecté(s) par paire torsadée facilite la topologie en étoile

La distance de tout nœud au concentrateur doit être < 100 mètres Le
concentrateur répète les bits qu'il entend sur une interface sur toutes les autres
interfaces Périphérique de couche physique également !



Ethernet

Aperçu

Technologie LAN à commutation de paquets la plus populaire

Longueur maximale du bus : 2500 mètres divisés en segments de 500 mètres avec 4 répéteurs

Des topologies de bus et de démarrage sont possibles

Les hôtes se connectent au réseau via un émetteur-récepteur Ethernet ou un concentrateur (ou commutateur) détecte l'état de la ligne (inactif/occupé) et envoie/reçoit des signaux
Les hubs sont utilisés pour faciliter les connexions partagées

Les paquets de la couche réseau sont transmis sur Ethernet après encapsulation

Un protocole de diffusion par nature

Tout signal peut être reçu par tous

Tous les hôtes sur Ethernet sont en concurrence pour l'accès au support

Problème : Algorithme distribué qui fournit un accès équitable

Protocoles Ethernet II / IEEE802.3

Format de trame

Il existe deux versions de format de trame MAC : pour Ethernet II (ancienne version commerciale DIX) et pour la norme IEEE802.3.

Préambule	Destination Adresse	Src Adresse	Taper / Longueur	DONNÉES / LLC+DONNÉES	CRC
64 bits	48 bits	48 bits	16 bits jusqu'à 1500 octets		32 bits

Le préambule est une séquence de 7 octets, chacun défini sur "10101010"

Utilisé pour synchroniser le récepteur avant l'envoi des données réelles et délimiter le début d'une trame

Dans Ethernet II : le champ "Type" est une clé de démultiplexage utilisée pour déterminer à quel protocole de couche supérieure la trame doit être livrée.

Dans la norme IEEE802.3, ce champ contient la longueur de DATA en octets. L'entête LLC stocke alors l'équivalent du champ Type.

Addresses

I/G	U/L	46-BIT ADDRESS
-----	-----	----------------

I/G = 0 INDIVIDUAL ADDRESS

I/G = 1 GROUP ADDRESS

U/L = 0 GLOBALLY ADMINISTERED ADDRESS

U/L = 1 LOCALLY ADMINISTERED ADDRESS

Adresse unicast 48 bits globalement unique attribuée à chaque adaptateur

Exemple : f8:1e:df:e4:9b:9b

Chaque fabricant obtient sa propre plage d'adresses

Diffusion : tous les 1

Contraste avec les adresses IP...

Protocole de contrôle d'accès au support (MAC)

CSMA/CD

Dans ALOHA, les décisions de transmission sont prises sans prêter attention à ce que les autres nœuds pourraient faire

En CSMA/CD, l'appareil écoute la ligne avant (CSMA) et pendant l'envoi (CD)

Effectuez un CSMA 1 persistant :

- Si le canal est inactif, envoyez un message immédiatement.

- Si le canal est occupé, attendez qu'il soit inactif et transmettez le paquet après avoir attendu un court espace inter-trames (IFS) de 9,6 μ s.

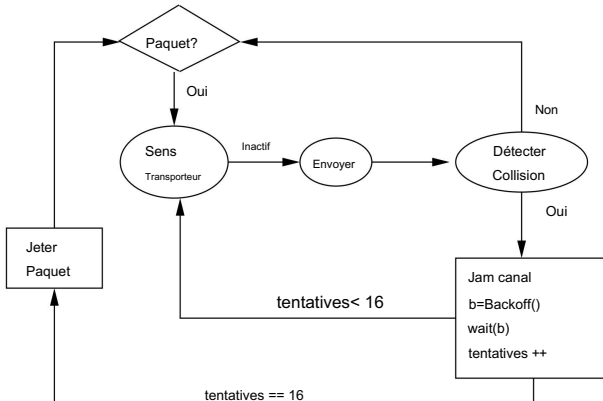
ET détection de collision (CD) : lors de l'envoi, détecte la collision.

- En cas de collision, arrêtez l'envoi et bloquez le signal : → augmente le débit par rapport au CSMA 1 persistant

- Réessayez plus tard : mécanisme d'annulation

Protocole de contrôle d'accès au support (MAC)

Diagramme d'état CSMA/CD



Protocole de contrôle d'accès au support (MAC)

Se souvenir des collisions

Des collisions se produisent lorsque deux stations émettent en même temps si :

- Les deux stations ont trouvé la ligne inactive

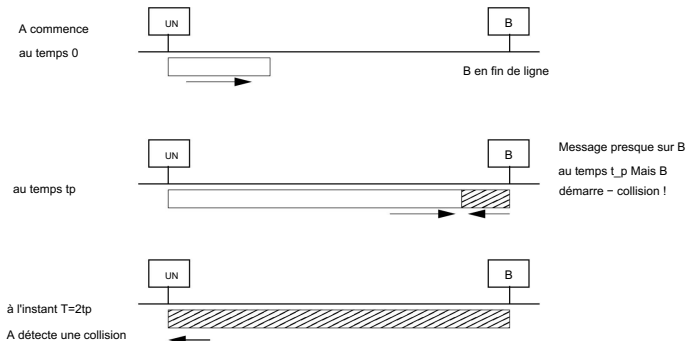
- Les deux attendaient qu'une ligne occupée devienne inactive.

Comment pouvons-nous être sûrs que les deux stations finiront par savoir qu'il y a eu une collision ?

Protocole de contrôle d'accès au support (MAC)

Période de vulnérabilité

Comment la station A peut-elle savoir qu'une collision a eu lieu ?



Le message de A entre en collision avec le message de B au temps t_p . Le message de B atteint A au temps $2t_p$.

Protocole de contrôle d'accès au support (MAC)

Assurez-vous de la taille minimale des messages

Ainsi, la station A doit encore émettre (et donc écouter) à l'instant $2t_p$ pour détecter une collision

IEEE 802.3 spécifie une valeur maximale de $2t_p$ à $51,2 \mu s$.

Concerne la distance maximale de 2500m entre les hôtes

À 10 Mbps, il faut $0,1 \mu s$ pour transmettre un bit, donc 512 bits (64 octets) prennent $51,2 \mu s$ pour envoyer. données moins 46 octets

Envoyer un signal de brouillage après la collision pour s'assurer que tous les hôtes voient le signal de collision 48 bits

Algorithme de temporisation exponentielle tronquée

Idée basique:

Si une collision est détectée, chaque station attend que son créneau de 51,2 μ s soit terminé.

Ensuite, il recule pendant une durée aléatoire et réessaye si le canal est inactif.

Temps d'attente = Aléatoire() x SlotTime (51,2 μ s)

Première collision : choisissez Random() dans $\{0,1\}$

Deuxième collision : choisissez Random() à partir de $\{0,1,2,3\}$ fois :

$n^{\text{ème}}$ choisissez Random() à partir de $\{0, \dots, 2^{n-1} - 1\}$

Valeur max pour Random()=1023 (ie $n = 10$) – Tronqué !

Abandonner et laisser tomber le paquet après plusieurs essais (généralement 16)

Protocole Ethernet MAC

Algorithme MAC du côté récepteur

L'expéditeur gère tous les contrôles d'accès

Le récepteur lit simplement les trames avec une adresse acceptable :

- Adresse à héberger

- Adresse de diffusion

- Adresse de multidiffusion à laquelle appartient l'hôte

- Toutes les trames si l'hôte est en mode promiscuité

Protocole Ethernet MAC

Exercice

Deux hôtes A et B sont connectés à un LAN Ethernet 10 Mbps.

A $t = 0$, A envoie une trame de 520 octets.

A $t = 5 \times 10^{-6}$ s, B envoie une trame de 64 octets.

Le délai de propagation de A vers B est de 9×10^{-6} s.

1. Afficher sur un diagramme temporel l'heure à laquelle la collision est détectée par chaque hôte
2. Supposons que le backoff exponentiel binaire fournit une valeur de backoff de '1' à l'hôte A et de '0' à l'hôte B.

Donner la séquence des échanges de trames sur un diagramme temporel.

Ethernet rapide et Gigabit

Ethernet rapide 100 Mbps

Possède une technologie très similaire à l'Ethernet 10 Mbps

Utilise différents encodages de couche PHY

De nombreux NIC (contrôleurs d'interface réseau) sont compatibles 10/100

Gigabit Ethernet 1000Mbps

Compatible avec des vitesses inférieures

Utilise le cadrage standard et CSMA/CD

Les distances sont très limitées

Généralement utilisé pour la connectivité dorsale et inter-routeurs

Expériences avec Ethernet

Ethernet fonctionne mieux sous des charges légères

Une utilisation supérieure à 30 % est considérée comme lourde

La capacité du réseau est gaspillée par les collisions

- La plupart des réseaux sont limités à environ 200 hôtes

- La spécification permet jusqu'à 1024

- La plupart des réseaux sont beaucoup plus courts

Le contrôle de flux de la couche de transport permet de réduire la charge (nombre de paquets dos à dos)

Ethernet est rapide, peu coûteux et facile à administrer

Paramètres MAC IEEE 802.3

Parameters	MAC data rate			
	Up to and including 100 Mb/s	1 Gb/s	10 Gb/s	40 Gb/s and 100 Gb/s
slotTime	512 bit times	4096 bit times	not applicable	not applicable
interPacketGap ^a	96 bits	96 bits	96 bits	96 bits
attemptLimit	16	16	not applicable	not applicable
backoffLimit	10	10	not applicable	not applicable
jamSize	32 bits	32 bits	not applicable	not applicable
maxBasicFrameSize	1518 octets	1518 octets	1518 octets	1518 octets
maxEnvelopeFrameSize	2000 octets	2000 octets	2000 octets	2000 octets
minFrameSize	512 bits (64 octets)	512 bits (64 octets)	512 bits (64 octets)	512 bits (64 octets)
burstLimit	not applicable	65 536 bits	not applicable	not applicable
ipgStretchRatio	not applicable	not applicable	104 bits	not applicable

Limites d'Ethernet

Problèmes Ethernet

Utilisation de pointe assez faible

Débit de pointe pire avec : Plus d'hôtes

Plus de

collisions nécessaires pour identifier un seul expéditeur Des

liens plus longs

Les collisions prennent plus de temps à observer, plus de bande passante gaspillée L'efficacité est améliorée en évitant ces conditions bien sûr.

Mais nous avons besoin de plus grands réseaux, avec plus d'hôtes

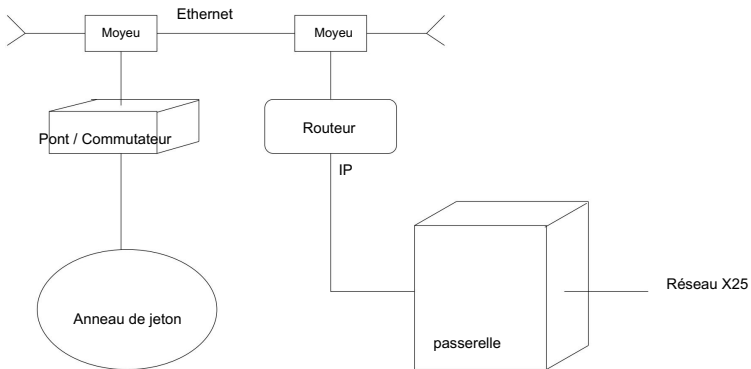
L'ancien 802.3/Ethernet n'est plus utilisé !

Commutation LAN et ponts

Ethernet commuté

Dispositifs d'interconnexion

Il existe plusieurs types de dispositifs pour interconnecter les réseaux



Dispositifs d'interconnexion

Concentrateur Ethernet

Interconnecte les segments Ethernet

Dispositif d'interconnexion de la couche

PHY : copie simplement les bits reçus sur le port de sortie

Les collisions sont propagées - étend juste le domaine de diffusion

Pont/commutateur LAN

Interconnecte deux réseaux locaux ou plus ensemble

Dispositif d'interconnexion de couche DLC :

Interconnecte des réseaux identiques ou dissemblables

Switch est souvent utilisé dans le cadre de l'interconnexion Ethernet.

Dispositifs d'interconnexion

Routeurs

Dispositif d'interconnexion de la couche RESEAU :

Interconnecte généralement les réseaux IP

Décide des routes pour les paquets en implémentant le protocole de routage IP

passerelle

Un terme plus générique pour les routeurs

Périphérique de couche réseau également

Désigne souvent des appareils qui interconnectent différents protocoles de couche 3

Ethernet commuté

L'ancien Ethernet souffre d'une faible utilisation de pointe car il doit gérer les collisions sur le support partagé

Pour améliorer l'efficacité d'Ethernet, les réseaux locaux actuels utilisent une technologie "Ethernet commuté" (l'Ethernet hérité est rarement utilisé de nos jours)

Il remplace le support partagé par un segment dédié pour chaque station, c'est-à-dire 1

segment par station Les

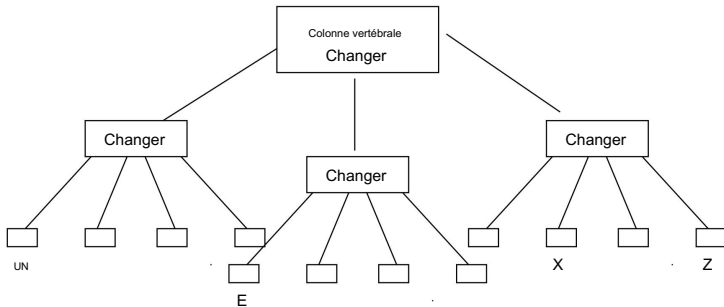
segments se connectent à un commutateur, qui connecte plusieurs de ces segments dans une topologie en

étoile Chaque segment est en duplex intégral

Plus de collisions sur un segment ! → jusqu'à
100 % d'utilisation par segment

Ethernet commuté

Exemple d'architecture



Ethernet commuté

commutateur Ethernet

Ressemble à un hub mais pas de support partagé

Traite et envoie les données de manière plus sophistiquée qu'un concentrateur

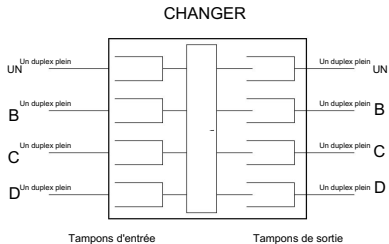
Le commutateur lit l'adresse de destination du paquet et envoie le paquet uniquement au port auquel la destination est accessible (PAS de diffusion comme pour un concentrateur)

Ainsi, pour chaque port de sortie, il existe un tampon qui stocke les paquets en attente de service.

Les commutateurs peuvent prendre en charge aujourd'hui des centaines de segments dédiés

Très évolutif !

Chaque port est isolé et construit son propre domaine de collision



Ethernet commuté

commutateur Ethernet

Objectif global de conception : transparence totale

"Brancher et utiliser"

Doit être auto-configurable, sans modifications matérielles ou logicielles

Ne devrait pas avoir d'incidence sur le fonctionnement des LAN existants

Principaux éléments pour comprendre les ponts :

1. Transmission de trames 2.

Apprentissage d'adresses

Ethernet commuté

(1) Transmission des trames

Un commutateur s'appuie sur une table de transfert MAC (ou table de commutation)

Il stocke les entrées du formulaire :

{ adresse MAC - port de sortie - âge }

Adresse Mac:	nom d'hôte ou adresse de groupe
port :	numéro de port sortant de l'âge du pont
âge :	moment de l'entrée (en secondes)

Lorsqu'un paquet arrive dans le commutateur, il lit l'adresse de destination et recherche dans le tableau son port de sortie.

Si aucune entrée n'existe dans le tableau ?

Il inonde le paquet sur tous les ports de sortie (sauf son port entrant).

Ethernet commuté

(2) Apprentissage des adresses MAC

Les tables de transfert sont définies automatiquement avec une heuristique simple :

Le champ source des trames qui arrivent sur un port indique quels hôtes sont accessibles depuis ce port

Algorithme d'apprentissage

Pour chaque trame reçue, la source stocke le champ source dans la base de données de transfert avec le port où la trame a été reçue

Toutes les entrées sont supprimées après un certain temps (la valeur par défaut est 15s)

