# 1 FDDI

Fiber Distributed Data Interface: 100 Mbit/s anneau à jeton sur fibre optique.

Fiable à cause du double anneau.

Deux types de trafic: asynchrone et synchrone.

Performance garantie pour le trafic synchrone en utilisant le TTRT (Target Token Rotation Time).

Nouveau standard FDDI-II qui permet aussi du trafic isochrone (par ex. voix)

Ex. d'utilisation: interconnexion des LANs Ethernet à l'INRIA.

**Informations techniques:**

ANSI (American National Standards Institute) Comité X3T9 (ISO 9314).

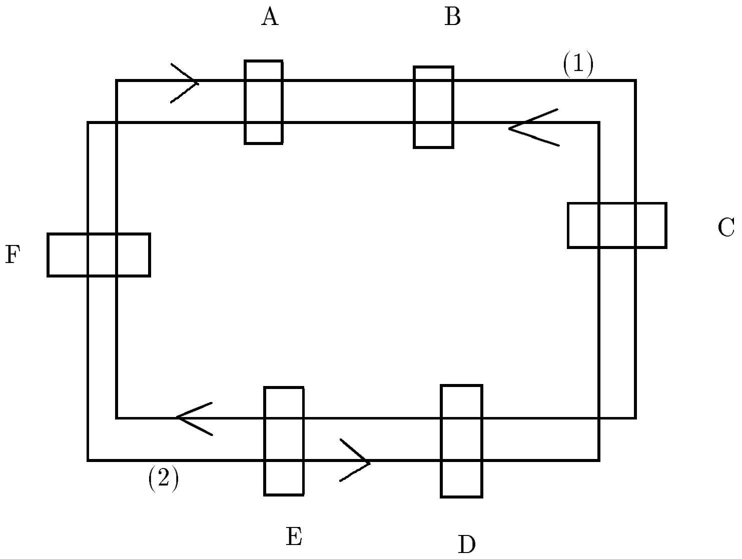
125 Mbaud sur fibre optique en double anneau (de sens invers), résultant en 100 Mbit/s avec le 4b/5b Code.

Aussi un standard pour paires torsadées (pour faciliter l'introduction du FDDI).

La longeur des trames est bornée par 4500 bytes.

La trame FDDI a la même structure que la trame Token ring.

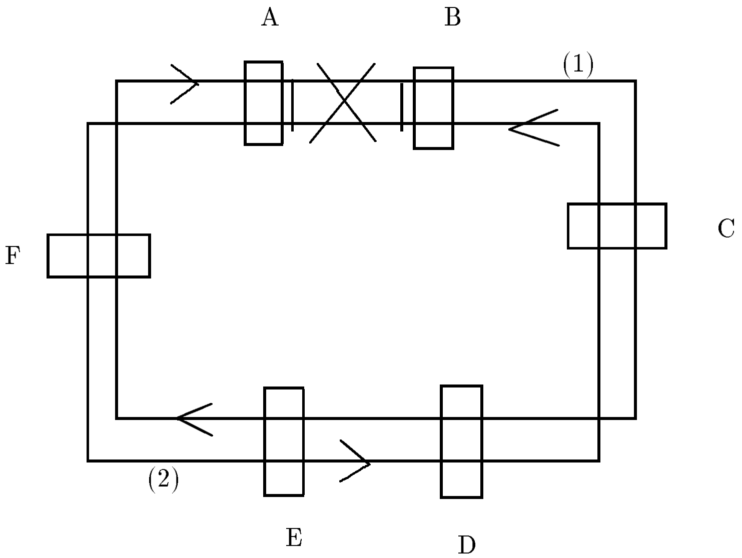
## L'utilisation du double anneau




Trafic A à B passe par l'anneau (1).

Trafic F à D passe par l'anneau (2).

## Reconfiguration en cas de panne



**Mécanisme d'opération**

Propriétés de l'anneau:

- Chaque station connait le TTRT (Target Token Rotation Timer).
- Chaque station a deux variables: le TRT (Token Rotation Timer) et le THT (Token Holding Time)
- Station $i$ est allouée $S_i$ temps pour le trafic synchrone, et

$$\sum_i S_i + \text{temps max. d'une trame} + D \leq \text{TTRT}.$$

($D =$ délai de propagation de l'anneau.)

L'attribution des $S_i$ est faite par le SMT (Station Management).

Opération normale:

- Le TRT est augmenté avec le temps (il mesure le temps écoulé après la dernière réception du jeton).
- Lorsqu'une station reçoit le jeton elle fait les calculs suivants:

$$\mathrm{THT} = \max\{\mathrm{TTRT} - \mathrm{TRT}, 0\}$$

$$\mathrm{TRT} = 0$$

- Si le jeton est en avance (THT$>0$) la station peut envoyer du trafic asynchrone pendant THT. (Une trame commencée peut être finie, même si ça dépasse le THT.)
- La station (dit $i$) peut envoyer du trafic synchrone pendant $S_i$.
- La station envoie le jeton.

Propriétés:

- Le TRT ne dépasse jamais 2 TTRT.
- Le TRT moyen est plus petit que TTRT.

Lecture: Montrez ces deux propriétés (en utilisant l'article de Sevcik et Johnson, "Cycle time properties of the FDDI token ring protocol", IEEE-SE 13:376–385).

Si TRT > 2 TTRT, la station conclut qu'il y a une erreur et elle essaie de créer le jeton.

Priorités ($\leq 8$) sont implantées avec des seuils, $T_j$ pour type $j$. Si $T_j <$ TRT $< T_{j+1}$, du trafic des types $\geq j+1$ peut être envoyé, en respectant le THT.

Création d'un jeton:

- à l'initialisation

  quand TRT > 2 TTRT pour une station

  quand la configuration change (ajout d'une station)

- la station qui veut créer le jeton envoie la trame "demande jeton" en donnant son TTRT preferé, $T\_Bid_i$ (et continue à envoyer cette trame).

- une station qui reçoit la trame "demande jeton" compare son $T\_Bid_j$ avec le $T\_Bid_i$:

  Si $T\_Bid_i \leq T\_Bid_j$, elle copie la trame "demande jeton" reçue sur la sortie;

  Si $T\_Bid_i > T\_Bid_j$, elle envoie sa trame "demande jeton".

- Si une station reçoit sa propre trame "demande jeton", elle a le droit de créer le jeton et le TTRT devient égal à son $T\_Bid_i$ (donc TTRT $= \min_j T\_Bid_j$).

Processus de beacon:

- Si une station soupçonne une panne, elle commence à envoyer des trames beacon.
- Si une station reçoit des trames beacon, elle les copie sur la sortie.
- Si une station reçoit ses trames beacon, elle commence à créer le jeton (parce que l'anneau n'est pas en panne).
- Si une station est en train d'envoyer des trames beacon pendant longtemps, elle conclut que l'anneau est coupé juste avant elle, et elle réagit en conséquence.

**Comparaison du mécanisme avec celui du Token ring**

- Token Ring: le temps disponible à une station est borné (par le THT);
- FDDI: le temps de rotation (le TRT) est borné (par 2 TTRT).

Borner le TRT au lieu du THT a deux avantages:

1) Le temps de rotation maximal (et donc la qualité de service du trafic synchrone) est connu;
au contraire, si on borne le THT, le TRT maximal dépend du nombre de stations, la longeur de l'anneau, etc.
(En même temps, à chaque station est allouée une bande passante minimale.)

2) Sous trafic faible (une seule station a des données à envoyer) l'utilisation pour le trafic asynchrone est plus élevée:

<u>FDDI</u>: Le THT est égal à TTRT $-D$, donnant une utilisation de

$$\frac{\mathrm{TTRT} - D}{\mathrm{TTRT}}.$$

<u>Token ring</u>: Il faut prendre le THT égal à $(2\mathrm{TTRT} - D)/n$ (où $n$ est le nombre de stations) pour obtenir la même borne supérieure pour le TRT, donnant une utilisation de

$$\frac{\mathrm{THT}}{\mathrm{THT} + D} = \frac{\frac{2\mathrm{TTRT}-D}{n}}{\frac{2\mathrm{TTRT}-D}{n} + D} = \frac{2\mathrm{TTRT} - D}{2\mathrm{TTRT} + (n-1)D}.$$

<u>Exemple</u>: $n = 100$, $D = 0.2$ ms, $\mathrm{TTRT} = 5$ ms.

Utilisations: $\frac{5-0.2}{5} = 96\%$ (FDDI) et $\frac{10-0.2}{10+99\cdot 0.2} \approx 33\%$ (Token ring).

## FDDI-II

FDDI n'est pas adapté au trafic isochrone.

Exemple: Voix. Débit 64 Kbit/s $\Rightarrow$ 1 byte par 125 $\mu$s.
Pour éviter la perte du son pendant trop de temps, il faut envoyer des données régulièrement (par ex. chaque 10 ms).
Donc on a besoin d'un TTRT assez faible + overhead $\Rightarrow$ diminution de la performance.

FDDI-II supporte du trafic isochrone (orienté aux connections, pour du trafic CBR (Constant Bit Rate, à bande passante constante)).

## Mécanisme d'opération

L'anneau est coupé en cycles, et chaque cycle prend 125 $\mu$s.

Cela donne, à un débit de 100 Mbit/s, 1562 bytes par cycle.

Chaque cycle est divisé en 16 WBCs (Wide Band Channels, canaux aux larges bandes passantes), chaqun de 96 bytes.

Le reste (26 bytes) est utilisé pour l'en-tête et pour du trafic non-isochrone. (On a besoin d'une bande passante minimale pour le trafic synchrone nécessaire à la gestion de l'anneau.)

Chaque WBC peut être utilisé pour du trafic isochrone (par ex. une transmission vidéo (full-duplex) ou 96 canaux vocals) ou pour du trafic (a)synchrone (en utilisant un jeton).

<u>Problème</u>: Combien de cycles se trouvent sur un anneau de 10 km et 100 stations (la lumière a une vitesse de 5.085 $\mu$s/km, chaque station a un délai de $\approx 1\mu$s).

## FDDI sur SDH (Sonet)

Si un LAN doit traverser une région publique, on devra louer une ligne.

Louer toute une ligne coûte cher; FDDI permet d'utiliser une ligne SDH (Synchronous Digital Hierarchy).

La sous-couche PMD (Physical Layer Medium Dependent, fait partie de la couche physique avec PHY, Physical Layer Medium Independent) correspond à la couche SDH physique jusqu'à la couche SDH tranport.

## FFOL

FDDI Follow-On LAN: le futur du FDDI.

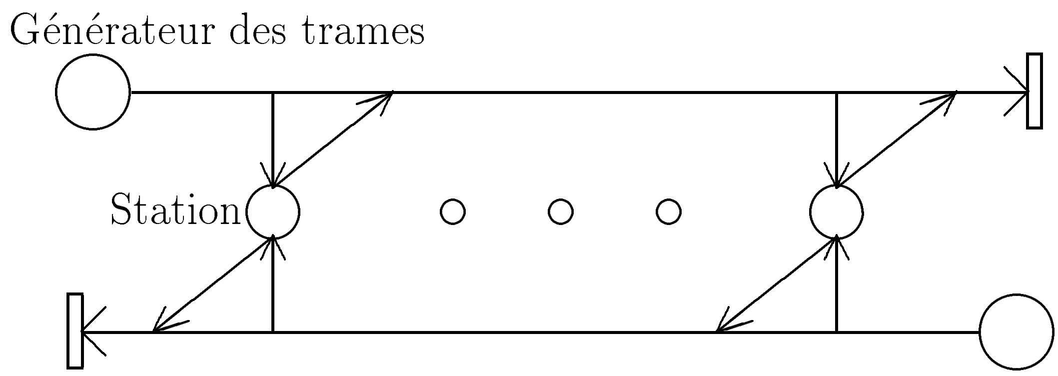
But:
- Servir comme épine dorsale pour des réseaux FDDI et FDDI-II.
- Etre adapté au trafic B-RNIS (Réseau Numérique à Intégration des Services Large Bande).

Comment:
- Débits de 155, 622 Mbit/s, et 1.24 et 2.48 Gbit/s (compatibles avec SDH).
- A côté du trafic asynchrone, synchrone et isochrone aussi du trafic ATM (aux cellules de 53 bytes; ATM est la couche transport du B-RNIS).
- Même topologie et support que FDDI.

# 2 DQDB

Distributed Queue Dual Bus: 155 Mbit/s sur double “bus”.

Comme FDDI un LAN à haut débit.




Protocole développé par Telecom Australia (sous le nom QPSX) et accepté en 1987 par le comité IEEE 802.6 comme MAN (Metropolitan Area Network).

Débit adapté à ATM (SDH = SONET).

Trafic isochrone et asynchrone.

Accès pour le trafic asynchrone à l’aide d’une file d’attente distribuée (“Distributed Queue”).

Ex. d’utilisation: interconnexion de toutes les universités en Israël.

**Informations techniques:**

155 Mbit/s (débit d'un canal de SDH) sur fibre optique ou câble coaxial.

Chaque générateur émet une trame vide chaque 125 $\mu$s; chaque station active peut copier ou modifier les trames qu'elle recoit.

Chaque trame est constituée de cellules qui sont compatibles avec celles de l'ATM (et qui ont donc 53 bytes: une en-tête de 5 bytes et 48 bytes de données).

**Mécanisme d'opération**

Le mécanisme est pareil pour les deux directions.

Chaque cellule peut être pré-arbitrée (PA, Pre-Arbitrated, pour le trafic isochrone) ou arbitrée par une file d'attente (QA, Queue-Arbitrated, pour le trafic asynchrone).

Trafic isochrone

La première station sur le bus indique pour chaque cellule si elle est pré-arbitrée ou non.

Chaque station sait dans quelle partie de quelle cellule PA de chaque trame elle peut mettre son trafic isochrone.

Chaque byte réservé donne un débit de 64 Kbit/s (c-a-d un canal voix).

Trafic asynchrone

Une cellule libre (pas PA) provenant de la station en amont peut être utilisée pour envoyer des données vers une station en aval.

S'il n'y avait pas du contrôle d'accès, le trafic provenant d'une station en amont serait prioritaire sur le trafic provenant d'une station en aval.

Le mécanisme de contrôle d'accès doit assurer l'équité entre les stations en utilisant une file d'attente distribuée.

Chaque station a deux compteurs, CD (Count Down) et RQ (ReQuest) (pour chaque direction et pour chaque niveau de priorité).

Si une station n'a pas de paquet à envoyer, elle gardera dans RQ le nombre de stations dans la direction en aval ayant un paquet à envoyer.

Pour garder RQ à la bonne valeur, la station fait:

- RQ := RQ $-$ 1 si un paquet libre passe dans la direction en aval.
- RQ := RQ + 1 si une réservation d'un paquet passe dans la direction en amont (donc provenant d'une station en aval).

Si la station a un paquet à envoyer, elle fait:

- CD := RQ et RQ := 0,
- elle passe une réservation d'un paquet dans la direction en amont.

Elle garde dans CD le nombre de stations en aval devant elle dans la file distribuée; dans RQ elle compte le nombre de stations en aval derrière elle dans la file.

Pour garder la bonne valeur de RQ et CD, elle fait:

- CD := CD $-$ 1 si un paquet libre passe dans la direction en aval.
- RQ := RQ + 1 si une réservation d'un paquet passe dans la direction en amont.

Si la station a un paquet à envoyer et CD = 0, elle émet la paquet dans la première cellule libre.

**Priorités**:

Pour le trafic asynchrone il y en a 4.

Chaque priorité a ses compteurs RQ_i et CD_i, où

- RQ_i compte le nombre de stations ayant un paquet d'une priorité $\geq$ i;
- CD_i compte le nombre de paquets à envoyer avant celle de la station (donc celles de la priorité i réservées avant celle de la station, et toutes celles des priorités $>$ i).

Exercice: Décrivez le mécanisme d'opération avec les priorités.

## La trame DQDB

$\longleftarrow$ 125 $\mu$s $\longrightarrow$

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Drapeau | Cellule 1 | Cellule 2 | . . . . | Cellule $N$ | Drapeau |

## Une cellule

| ←1→ | ←4→ | ←48 bytes→ |
|---|---|---|
| ACF | Segment header | Segment payload |

ACF: Access Control Field

## Le byte ACF

| | | | |
|---|---|---|---|
| Busy | Type | Reservé (2) | Request (4) |

Busy: 1 si la cellule est occupée

Type: PA ou QA

Request: utilisé pour reserver une cellule de la priorité souhaitée

**Sur l'équité**

Le délai sur le bus ralentit les réservations faites par les stations à la fin, et détériore leur performance.

Le temps de réponse est à peu prêt linéaire dans le numéro de station.
(Conti, Gregori et Lenzini, IEEE Sel. Areas Comm. 9:76–87, 1991)

Donc si on rends compte du trafic dans les deux sens les stations du milieu ont la plus mauvaise performance.

<u>BBM</u>

Plusieurs solutions sont proposées pour résoudre l'inéquité; la plus connue est le Bandwidth Balancing Mechanism (BBM).

Le BBM oblige certaines stations à augmenter leurs RQ ou CD sans réservation, donc à laisser passer plus de cellules libres.

## Comparaison du mécanisme avec celui du FDDI

Le débit et la taille des cellules DQDB sont adaptés à l'ATM $\Rightarrow$ utilisé comme MAN dans les réseaux B-RNIS.
FDDI est plutôt un standard informatique.

Sous charge faible (c.a.d., quand le régistre RC $= 0$) l'accès est immédiat.