

Communications numériques

AIR 2

Quelques systèmes de communications

Laurent Oudre
laurent.oudre@univ-paris13.fr

Université Paris 13, Institut Galilée
Ecole d'ingénieurs Sup Galilée
Parcours Informatique et Réseaux Alternance - 2^{ème} année
2015-2016

Sommaire

Multiplexage

Téléphonie : GSM

Télévision : TNT

Internet : ADSL

Sommaire

Multiplexage

Téléphonie : GSM

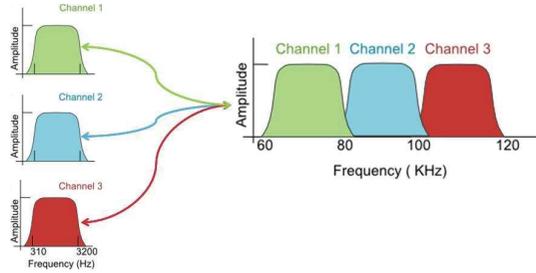
Télévision : TNT

Internet : ADSL

Multiplexage

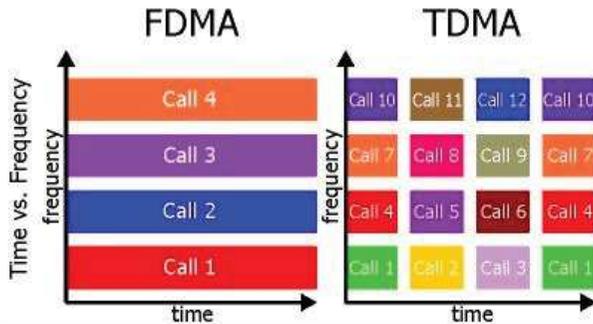
- ▶ On a déjà vu que dans les systèmes de communications réels, on définissait des canaux avec une largeur de bande fixée par des réglementations
 - ▶ Comment faire pour utiliser au mieux le canal ?
 - ▶ Comment faire transiter plusieurs communications sur un même canal ?
- ▶ Deux solutions :
 - ▶ Multiplexage fréquentiel
 - ▶ Multiplexage temporel

Multiplexage fréquentiel



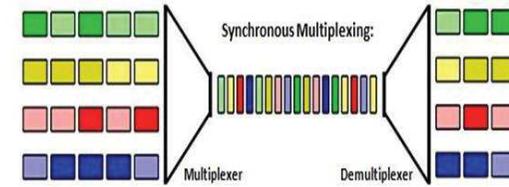
- ▶ FDM : Frequency Division Multiplexing
- ▶ On divise la bande passante en N sous-canaux, correspondant chacun à une sous-porteuse
 - ▶ Cas multi-utilisateur : on transmet sur chaque canal le signal d'un utilisateur (FDMA : Frequency Division Multiple Access)
 - ▶ Cas d'un seul utilisateur : on tronçonne le message à transmettre et on transmet un bout sur chaque sous-canal (en parallèle).
 - ▶ Dans ce cas total est égal à N fois le débit sur chacun des sous-canaux.
 - ▶ Cas particulier : si les sous porteuses sont orthogonales, on peut gagner de la largeur de bande (OFDM : Orthogonal Frequency Division Multiplex)

FDMA et TDMA



- ▶ FDMA : on divise le canal en sous-bandes et on fait passer une communication par bande
- ▶ TDMA : on divise les signaux en trames et on transmet alternativement les trames de chaque utilisateur

Multiplexage temporel



- ▶ TDM : Time Division Multiplexing
- ▶ On suppose que l'on a N signaux à transmettre à bas débit, et un canal à haut débit
- ▶ On divise ces signaux en trames et on les entrelace
- ▶ On transmet le nouveau signal sur le canal à haut débit
- ▶ Dans le cas de plusieurs utilisateurs : TDMA : Time Division Multiple Access

Sommaire

Multiplexage

Téléphonie : GSM

Télévision : TNT

Internet : ADSL

GSM : Global System for Mobile communications

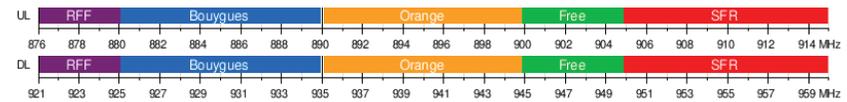
- ▶ Norme numérique pour la téléphonie mobile
- ▶ Principalement voix ou données (UMTS, EDGE)
- ▶ En France : GSM 900 et GSM 1800 (autour des fréquences centrales 900 MHz ou 1800 MHz)
- ▶ Pour chacun des réseaux, une bande de fréquence réservée à l'upload et une bande réservée au download

	GSM 900	GSM 1800
Upload	880 - 915 MHz	1710 - 1785 MHz
Download	925 - 960 MHz	1805 - 1880 MHz

Modulation utilisée pour le réseau GSM 900

- ▶ GMSK : Gaussian Minimum Shift Keying
- ▶ Variation de la MSK mais avec un filtre gaussien au lieu d'un filtre rectangulaire
- ▶ Avantages
 - ▶ Faible bande occupée
 - ▶ Permet de mieux résister au bruit
- ▶ Inconvénients
 - ▶ Filtre gaussien n'est pas un filtre de Nyquist : interférence entre symboles

Répartition des bandes de fréquences pour le réseau GSM 900



- ▶ RFF : réseau privé pour les communications ferroviaires
- ▶ Chaque opérateur achète une bande de fréquence pour ses communications (en upload et download)
- ▶ En tout : 175 canaux de 200 kHz chacun (pour l'upload et le download)

$$B = \frac{(915 - 880) \times 10^6}{175} = 200 \text{ kHz}$$

Paramètres du réseau GSM 900

- ▶ En pratique, le signal modulé a un spectre dont la largeur de bande est environ égale à 250 kHz (légèrement supérieure à celle du canal qui est égale à 200 kHz)
- ▶ Le taux d'erreur binaire varie en fonction du milieu, mais peut être diminué en utilisant des codes correcteurs d'erreurs (rajouter des bits supplémentaires)
- ▶ Le débit binaire maximal est autour de 270 kbits/sec
- ▶ Multiplexage TDMA : 8 utilisateurs par canal

Sommaire

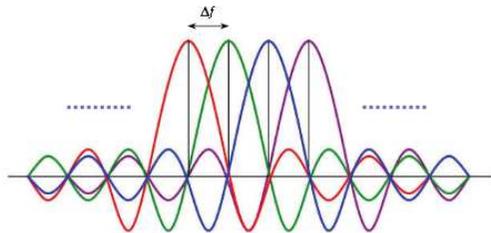
Multiplexage

Téléphonie : GSM

Télévision : TNT

Internet : ADSL

Modulation utilisée pour la TNT : OFDM



- ▶ OFDM : Orthogonal Frequency Division Multiplex
- ▶ Multiplexage fréquentiel avec, pour chaque canal, 6817 sous-porteuses espacées de 1116 Hz
- ▶ 6048 sous-porteuses transportent le signal, et 769 des informations de synchronisation
- ▶ Sur chaque sous-porteuse, on transmet un signal modulé avec une modulation 64-QAM

TNT : Télévision Numérique Terrestre

- ▶ Diffusion de signaux de télévision numérique par un réseau de réémetteurs hertziens terrestres
 - ▶ En France : entre 470 et 790 MHz
 - ▶ Correspond à 40 canaux (numérotés de 21 à 60) ayant chacun une largeur de bande de 8 MHz
- Exemple : Canal 21 : 470 - 478 MHz

Calcul du débit binaire

- ▶ La période symbole sur chaque sous-porteuse est fixée par le CSA :
 $T = 896 \mu s$
- ▶ Sur chaque sous-porteuse, on transmet $m = \log_2 64 = 6$ bits en T secondes.
- ▶ Sur l'ensemble du canal, on transmet donc 6×6817 bits en T secondes
- ▶ On a donc un débit binaire total

$$D_b = \frac{6 \times 6817}{896 \times 10^{-6}} = 45.85 \text{ Mbits/sec}$$

Chaînes de la TNT

- ▶ Avec les standards actuels de compression vidéo et de son, le débit d'une chaîne SD est environ de 4 Mbits/sec et celui d'une chaîne HD de 8 Mbits/sec
- ▶ Il faut rajouter un grand nombre de bits pour corriger les éventuelles futures erreurs de transmission (environ la moitié)
- ▶ Sur chaque canal, grâce à un multiplexage temporel, on peut donc transmettre approximativement jusqu'à 3 chaînes HD ou 7 chaînes SD

Exemple : Multiplex R2 : I-Télé, BFM TV, D8, Gulli, D17, France 4

Exemple : Multiplex R5 : TF1 HD, France 2 HD, M6 HD

ADSL : Asymmetric Digital Subscriber Line

- ▶ Utilise une ligne téléphonique pour transmettre des données numériques
- ▶ Internet Haut Débit
- ▶ Débit asymétrique : plus élevé en download qu'en upload (généralement dans un rapport entre 5 et 20)
- ▶ Ligne téléphonique : bande passante d'environ 1.1 MHz
- ▶ Avant : uniquement 4 kHz utilisée pour les communications téléphoniques
- ▶ Idée : Utiliser toute la largeur de bande disponible avec un multiplexage fréquentiel

Sommaire

Multiplexage

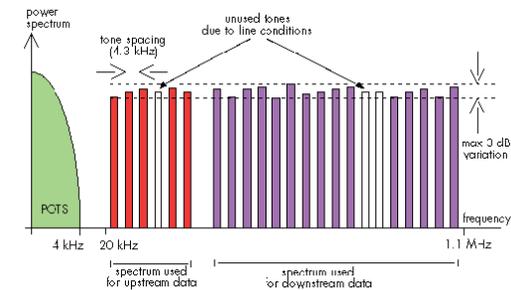
Téléphonie : GSM

Télévision : TNT

Internet : ADSL

Canaux

Bande passante entre 0 et 1.1 MHz, divisée en 256 canaux séparés de 4312.5 Hz ayant chacun une largeur de bande de 4 kHz



- ▶ Canal 1 (entre 0 et 4 kHz) : téléphone classique
- ▶ Canaux 7 à 31 (entre 26 et 133 kHz) : upload
- ▶ Canaux 33 à 256 (entre 138 et 1100 kHz) : download

Modulation utilisée pour l'ADSL

- ▶ DMT : Discrete MultiTone
- ▶ On fait passer l'information en parallèle sur toutes les porteuses (multiplexage fréquentiel)
- ▶ On adapte la modulation sur chaque canal en fonction du bruit, de la dégradation, etc...
- ▶ Sur chaque canal on a une modulation QAM entre 0 et 15 bits par symbole.
ex :
 - ▶ canal 9 : 64-QAM
 - ▶ canal 10 : 32-QAM
 - ▶ canal 11 : 512-QAM
- ▶ Le débit binaire maximal sur chaque canal est de 60 kbits/sec