

Architectures et Protocoles des Réseaux

Chapitre 6 - Les réseaux sans fils

Claude Duvallet

Université du Havre
UFR Sciences et Techniques
25 rue Philippe Lebon - BP 540
76058 LE HAVRE CEDEX
Claude.Duvallet@gmail.com

Plan de la présentation

- 1 Introduction
- 2 Réseaux sans fils personnel
- 3 Réseaux sans fils locaux
- 4 Réseaux sans fils métropolitains

Références bibliographiques

3/37

- **Matthew Gast.** *802.11 Réseaux sans fil - La référence.* O'Reilly. 2005.
- **Houda Labiod.** *De Bluetooth à Wifi : Sécurité, qualité de service et aspects pratiques.* Hermès. 2004.

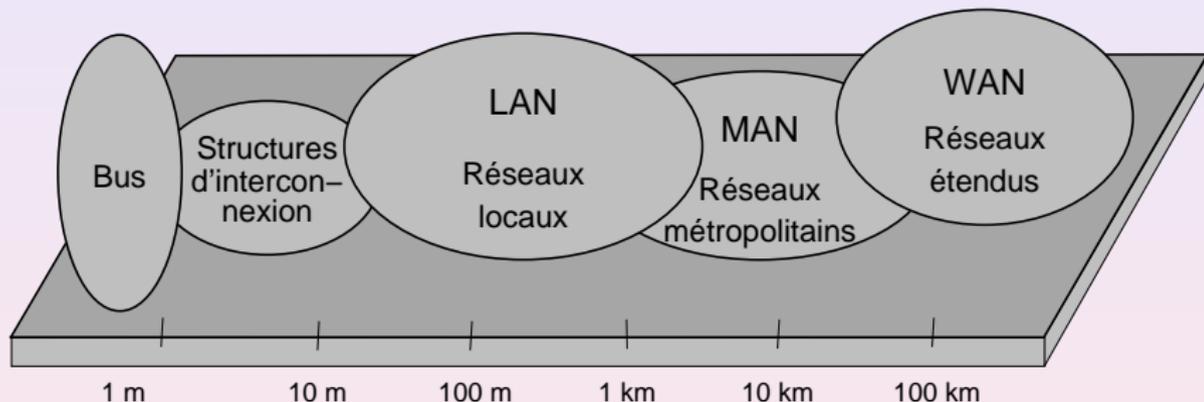
Les technologies sans fils : introduction

- Une mobilité plus importante des utilisateurs rend les réseaux traditionnels (filaire) inadaptés.
- Apparition de nombreuses technologies sans fils standardisées.
- Aucune technologie sans fils n'est parfaite : c'est toujours un équilibre entre différents facteurs (portée, débit, etc.).
- Augmentation constante des performances grâce à la recherche et dès demain des performances accrues permettront de nouveaux usages.

Distinction entre les différents réseaux sans fils

- Distinction selon leur champ d'action :
 - les réseaux personnel : WPAN, Wireless Personal Area Network.
 - les réseaux locaux : WLAN, Wireless Local Area Network.
 - les réseaux métropolitains : WMAN, Wireless Metropolitan Area Network.
 - les réseaux distant : WWAN, Wireless Wide Area Network.
- Interconnexion entre ces différents types de réseaux peut aussi bien se faire au moyen de réseau sans fils que filaires.

Métriques des différents réseaux (1/3)



Les différentes catégories de réseaux informatiques en fonction des distances reliant les nœuds d'interconnexion

Métriques des différents réseaux (2/3)

- Les BUS :
 - inférieurs à 1 mètre,
 - ils interconnectent les processeurs, les mémoires, les entrées-sorties d'un ordinateur ou d'un multiprocesseur.
- Les structures d'interconnexion :
 - quelques mètres,
 - ils permettent d'interconnecter plusieurs ordinateurs dans une même pièce pour former des réseaux fermés à très haut débit,
 - débit de plusieurs centaines de Mbit/s.
- Les réseaux personnels (WPAN) :
 - quelques mètres,
 - ils interconnectent les équipements personnels : GSM, portables, organisateurs, etc.

Métriques des différents réseaux (3/3)

- Les réseaux locaux (WLAN) :
 - plusieurs centaines de mètres,
 - ils interconnectent les équipements informatiques d'une même entreprise, d'une même université,
 - débit de quelques Mbit/s à quelques Gbit/s.
- Les réseaux métropolitains (WMAN) :
 - interconnexion de plusieurs sites dans une même ville,
 - interconnexion des réseaux locaux situés dans des bâtiments différents.
- Les réseaux étendus (WWAN) :
 - ils interconnectent des sites et des réseaux à l'échelle d'un pays,
 - ils sont soit terrestres, soit satellitaires.

La portée des réseaux sans fils

- La portée est très souvent une indication théorique :
 - Elle peut être réduite en fonction des obstacles.
 - Elle dépend aussi de la bande de fréquence utilisée (exemple : la bande de fréquence des 2,4 GHz utilisée par de nombreux types de réseau est freinée par l'eau et donc aussi par les humains qui en sont constitués à 70%).
 - Elle est aussi dépendante de la puissance rayonnée qui est une fonction de la portée et du débit : plus on va loin, moins on peut offrir de débit.
- La puissance autorisée est une limitation politique et non technologie. Elle varie selon les pays.
- On peut augmenter la portée en concentrant le signal dans une même direction grâce une antenne "unidirectionnelle".
- Cette méthode est surtout utile pour relier deux points distants et elle est appelée alors "liaison point-à-point".

Réseaux sans fils avec ou sans signalisation

- Les réseaux avec signalisation ont été mis en place par les opérateurs de télécommunication pour le téléphone :
 - Ils permettent d'échanger des données avec les téléphones mobiles de troisième génération (3G).
 - Ils permettent de garantir une bande passante dans le cas d'une commutation de circuits et donnent des possibilités de garantie pour un transfert de paquets. Une fois établie, la connexion de type circuit est entièrement dédiée à l'échange entre deux correspondants.
- Les réseaux locaux de type Ethernet sont des appelés sans signalisation.
 - Internet utilise principalement des réseaux de ce type.
 - Les paquets échangés entre tout le monde se partagent la même bande passante ce qui rends plus difficile la garantie d'un débit.
 - Sa mise en œuvre est plus simple et moins chère.

Réseaux sans fils personnel (WPAN) (1/3)

- Le plus connu de ces réseaux est Bluetooth mais de nouvelles technologies apparaissent :
 - UWB permet le haut débit,
 - Zigbee permet la connexion d'équipements à très faible coût.
- Bluetooth ou la "dent bleue" était le surnom d'un roi du Danemark (940-981).
 - Technologie mise au point par le suédois Ericsson.
 - Un appareil maître peut communiquer avec 7 autres appareils esclaves.
 - Elle est prévue pour remplacer les câbles qui relient les périphériques entre eux. Ce type de liaison est plutôt dédié aux connexions point à point. Elle peut permettre aussi l'interconnexion de PDA ou téléphones.
 - On peut constituer 10 groupes (80 appareils) dans un même rayon.

Réseaux sans fils personnel (WPAN) (2/3)

- Bluetooth ou le standard IEEE 802.15.1 :
 - Des débits maximum de 750 Kb/s dans un rayon de 10 mètres.
 - Il utilise la bande de fréquences des 2,4 GHz (la même que WiFi et les fours micro-ondes) qui ne nécessite pas de licence.
- Ultra Wide Band - UWB :
 - Il utilise une grande partie du spectre pour l'échange de données. Le signal pour chaque bande de fréquence est donc très faible et ne perturbe pas les autres signaux qui se trouvent sur leur propre bande.
 - Standard IEEE 802.15.3 : il permet de transmettre à un débit de plusieurs centaines de Mb/s sur une distance de quelques dizaines de mètres.
 - On peut avoir jusqu'à 6 systèmes UWB dans un même rayon, chacun pouvant avoir un débit maximum de 50 Mb/s. Ils peuvent être agrégés entre eux.

Réseaux sans fils personnel (WPAN) (3/3)

- Zigbee, un réseau pour transporter les commandes essentiellement et non les données :
 - Il permet de mettre en place des réseaux personnels sans fils en étoile à très bas coût.
 - Il existe deux versions de Zigbee :
 - IEEE 802.15.4 qui permet de communiquer à 250 Kb/s jusqu'à 10 mètres pour relier aux maximum 255 appareils (bande de fréquence des 2,4 GHz).
 - IEEE 802.15.4a qui est limité à 20 Kb/s mais permet une portée de 75 mètres pour un maximum de 65 000 appareils (bande de fréquence des 900 KHz).
 - Adapté pour la communication d'objet à objet qui ne nécessite pas un grand débit.
 - Un très faible coût qui devrait permettre son intégration dans un grand nombre d'objets.
 - Une autonomie de deux ans avec de simples piles alcalines.
 - Objectif : rendre une simple ampoule communicante.

Réseaux sans fils personnel (WPAN) (3/3)

- Zigbee, un réseau pour transporter les commandes essentiellement et non les données :
 - Il permet de mettre en place des réseaux personnels sans fils en étoile à très bas coût.
 - Il existe deux versions de Zigbee :
 - IEEE 802.15.4 qui permet de communiquer à 250 Kb/s jusqu'à 10 mètres pour relier aux maximum 255 appareils (bande de fréquence des 2,4 GHz).
 - IEEE 802.15.4a qui est limité à 20 Kb/s mais permet une portée de 75 mètres pour un maximum de 65 000 appareils (bande de fréquence des 900 KHz).
 - Adapté pour la communication d'objet à objet qui ne nécessite pas un grand débit.
 - Un très faible coût qui devrait permettre son intégration dans un grand nombre d'objets.
 - Une autonomie de deux ans avec de simples piles alcalines.
 - Objectif : rendre une simple ampoule communicante.

Bluetooth en détails (1/5)

Historique

- Origine du Bluetooth : port RS232 dans les années 60.
- IRDA (Infrared Data Association) : années 90.
- Ericsson en 1994.
- Harald II Blatand (Rois Danois à la dent bleue).
- USB (Universal Serial Bus) : 1996.
- 1998 : création d'un groupe d'intérêt baptisé Bluetooth Special Interest Group (Bluetooth SIG) réunissant plus de 2000 entreprises dont Agere, Ericsson, IBM, Intel, Microsoft, Motorola, Nokia et Toshiba.
- Bluetooth : 1999.

Bluetooth en détails (2/5)

Présentation

- Absence de fils : liberté de mouvements accrue.
- Faible coût de mise en œuvre.
- Faible puissance d'émission :
 - Courte distance d'émission (quelques dizaines de mètres).
 - Faible consommation d'énergie (donc adapté aux produits portables).
- Performances modestes (1 Mbps)
- Topologie Ad Hoc.
- Configurable dynamiquement.
- Support des transferts voix et données.
- Destiné à un usage personnel (WPAN : Wireless Personal Area Network).
- Certification Bluetooth pour assurer la compatibilité des produits entre eux.

Bluetooth en détails (3/5)

Fonctionnement

- Notion de Maître / Esclave.
- Piconet : 7 esclaves actifs ou 255 passifs.
- Scatternet : Maxi 10 Piconets interconnectés.
- Radio Fréquence : 2.4 GHz à 2.48 GHz.
- Deux méthodes :
 - Time Division Duplex
 - Frequency Hopping

Bluetooth en détails (4/5)

Les usages du Bluetooth

- Périphériques informatiques sans fil.
- Téléphonie mobile.
- Synchronisation de périphériques.
- Automobile.
- Domotique.

Bluetooth en détails (5/5)

Conclusion

- Avantages :

- Faible coût.
- Faible consommation électrique.
- Taille réduite.
- Disponible dans le monde entier (bande ISM).
- Bonne résistance aux interférences.

- Limites :

- Problèmes de compatibilité entre les puces provenant de divers industriels.
- Débit faible.
- Nombre de périphériques en réseau limité.
- Technique de partage de l'interface radio peu apte à passer à des vitesses plus élevées.
- Concurrence de la norme IEEE 802.11.

Réseaux sans fils locaux (WLAN)

- La famille des réseaux WiFi :
 - Elle permet d'établir un réseau sans fils sur de courtes distances (réseau local).
 - Les réseaux WiFi sont parfois associés à des antennes directionnelles pour établir des liaisons point-à-point (par exemple, interconnecter des Hot Spots WiFi en attendant l'arrivée de WiMAX).
 - Ces réseaux sont bien adaptés au nomadisme mais mal adaptés aux réseaux mobiles (appareils en déplacement). Au-delà de quelques kilomètres par heure, ils décrochent.

Réseaux sans fils WiFi (1/2)

- Plusieurs type de réseaux WiFi :
 - IEEE 802.11 peut être cité à titre historique comme le premier standard de la série (débit théorique de 2 Mb/s) ;
 - IEEE 802.11b : débit théorique 11 Mb/s - portée de 100 m à maximum quelques centaines de mètres - bande des 2,4 GHz. Ce standard a permis l'essor des réseaux sans fils ces dernières années ;
 - IEEE 802.11a : débit théorique 54 Mb/s (mais décroît avec la distance plus vite que 802.11b) - portée d'une trentaine de mètres - sur la bande des 5 GHz ;
 - IEEE 802.11g : débit théorique 54 Mb/s - portée d'une centaine de mètres - bande des 2,4 GHz ;
 - IEEE 802.11n : débit théorique 540 Mb/s - une trentaine de mètres - utilise les deux bandes 2,4 et 5 GHz. Le 802.11n intègre en base la qualité de service (le standard IEEE 802.11e).

Réseaux sans fils WiFi (2/2)

- Les extensions de WiFi :
 - IEEE 802.11e : extension pour un réseau avec signalisation et Qualité de Service.
 - IEEE 802.11f : extension pour le handover (passage d'une cellule à l'autre sans coupure).
 - IEEE 802.11i : extension sécurité.
- Des débits très théoriques :
 - CSMA-CA : un mode d'écoute du réseau qui permet à plusieurs appareils de parler ensemble et permet d'avoir un débit qui est la moitié du débit théorique.
 - L'éloignement des appareils par rapport au point d'accès diminue aussi le débit.
 - Le point d'accès doit aligner le débit de l'ensemble des appareils à celui qui est plus éloigné.
 - Pour 802.11n, il est possible d'interdire les communications avec des débits inférieurs à une valeur donnée.

La norme 802.11n

- Possibilité d'utiliser les bandes de fréquence des 2.4 GHz ou des 5 GHz
- Débit théorique de 540 Mbit/s sur une distance maximale de 125 mètres.
- Le standard intègre la technologie MIMO (multiple-in, multiple-out) qui permet de paralléliser les communications sans fil sur plusieurs antennes à la fois.
- Cette norme a été approuvée en mars 2007 (version Draft 2.0).

Réseaux sans fils métropolitains (WMAN)

- Trois grandes familles des réseaux sans fils métropolitains :
 - WiMAX, bien adapté aux réseaux métropolitains fixes sans fils à très haut débit (ou par la suite faiblement mobiles).
 - Les réseaux mobiles de 3e génération, bien que constituant un réseau national (pour chaque opérateur de téléphonie mobile), permettent la mise en place dans les villes qui seront équipées de réseaux mobiles.
 - MBWA, qui dans quelques années pourrait permettre des réseaux mobiles à très haut débit.

WiMAX (1/3)

- WiMAX est le nom d'une marque destinée à labéliser des équipements compatibles avec le standard américain IEEE 802.16 et la norme européenne ETSI HiperMAN.
- Il permet un débit théorique de 70 Mb/s sur un rayon de 50 km maximum.
- Le WiMAX est particulièrement bien adapté pour interconnecter entre eux à l'échelle d'une ville des HotSpots plus locaux (par exemple en WiFi).
- Le WiMAX peut être utilisé sur plusieurs bandes de fréquence dont certaines nécessitent une licence.

WiMAX (2/3)

- Le comité IEEE 802.16 est en charge du développement d'un standard sans fil pour les réseaux métropolitains ("Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access System") :
 - IEEE 802.16 pour les fréquences entre 10 et 66 GHz, avec IEEE 802.16c qui propose plusieurs profils (choix d'options) pour ce standard.
 - IEEE 802.16a pour les fréquences entre 2 et 11 GHz.
 - En théorie, 70 Mbit/s pour une portée de 50 km.
 - En pratique, 12 Mbit/s pour une portée de 20 km ou même 8 km s'il y a des obstacles.
 - IEEE 802.16d (802.16-2004) est une évolution de la norme 802.16a qui intègre la gestion des bornes fixes à l'intérieur.

WiMAX (3/3)

- Une extension est également prévue (IEEE 802.16e)
 - Elle doit permettre la connexion de mobiles jusqu'à 60 km/h.
 - Elle est adapté à la mobilité urbaine mais non à la mobilité dans n'importe quel véhicule comme un train, etc.
- Dès 2005, apparition des premiers équipements certifiés WiMAX.

Les réseaux mobiles de troisième génération (1/3)

- Cette fois, l'objectif est de permettre l'utilisation du réseau en situation de mobilité (en déplacement) quelle que soit la vitesse du véhicule ou presque.
- Les réseaux mobiles de 3e génération sont avant tout des réseaux nationaux mais dont la taille des cellules nécessite la mise en place d'équipements dans chaque ville concernée.
- Historiques des réseaux mobiles :
 - La première génération : les téléphones mobiles analogiques.
 - La deuxième génération : les téléphones mobiles numériques tels que le GSM.
 - L'arrivée du transport des données avec le GPRS (parfois appelé 2,5e génération)
 - Les réseaux mobiles de 3e génération intègrent à la fois le transport de la voix et des données à haut débit.

Les réseaux mobiles de troisième génération (2/3)

- La normalisation des systèmes mobiles de 3e génération est coordonnée au sein de l'ensemble de normes IMT-2000 à l'Union Internationale des Télécommunications.
- Il existe plusieurs normes de téléphonie mobile de 3e génération :
 - L'UMTS, suivi par le consortium 3GPP (3rd Generation Partnership Project) :
 - Il permet un débit théorique jusqu'à 2 Mb/s même si les premiers déploiements se feront plutôt à 384 Kb/s.
 - Il existe en fait deux grands types d'UMTS, suivant l'interface radio utilisée : W-CDMA ou TD-CDMA.
 - Les choix de l'Europe et du Japon d'une part et celui de la Chine sont incompatibles.

Les réseaux mobiles de troisième génération (3/3)

- Plusieurs normes de téléphonie mobile de 3e génération :
 - Le Cdma 2000, suivi par le consortium 3GPP2 :
 - Il permet également un débit théorique maximum de 2 Mb/s.
 - Il est plutôt soutenu par les Américains (et certains groupements asiatiques).
 - Il existe plusieurs évolutions telles que le 1X RTT et le 3X, mais ce sont surtout les versions qui prennent mieux en compte l'internet mobile qui offrent le plus de promesses : cdma2000 EV-DO (EVolution - Data Only) et EV-DV (EVolution - Data and Voice).
 - EDGE (Enhanced Data rates for Global Evolutions) :
 - C'est une évolution du GPRS qui permet des débits de 384 ou 200 Kb/s suivant la version avec un maximum de 474 Kb/s.
 - Il permet de conserver la compatibilité ascendante GSM/GPRS dans sa version "EDGE Classic".
 - La version "EDGE Compact" permet d'utiliser des bandes de fréquences plus réduites (inférieures à 1 MHz).

Historique des réseaux 3G

Génération	Acronyme	Intitulé
1G	Radiocom 2000	Radiocom 2000 France Telecom, Ligne SFR Analogique
2G	GSM (échange de type voix voix uniquement)	Global System for mobile Communication
2,5G	GPRS (échange de données sauf voix)	General Packet Radio Service
2,75G	EDGE (basé sur le réseau GPRS existant)	Enhanced Data Rate for GSM Evolution
3G	UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
3,5G ou 3G+ Super 3G	HSDPA (dérivé de l'UMTS)	High Speed Downlink Packet Access
4G	LTE	Long Term Evolution

Le réseau 3G : explications (1/2)

- Le principe :
 - 3G : troisième génération, norme retenue : UMTS.
 - Protocole de communication : WCDMA avec bande de fréquences comprise entre 1900 MHz et 2200 MHz.
 - Transmission de plus grandes quantités de données.
 - Transmission plus rapide.
- Conséquences pour les fournisseurs :
 - Achat de nouvelles licences distribuées.
 - Mise en place de nouveaux équipements de communications.

⇒ une facture très élevée !
- Conséquences pour les utilisateurs :
 - Offre plus importante en termes d'applications :
 - Télévision en direct.
 - Visiophonie.
 - Réduire le temps des transmissions de données.
 - Permettre une meilleur connexion.

Le réseau 3G : explications (2/2)

- Les données sont envoyées par paquets.
- Le message est reconstitué sur le téléphone destinataire des paquets.
- La bande passante est optimisée :
 - 2 Mb/s en lieu fixe.
 - 144 kb/s à 120 km/h.
 - 384 kb/s en mouvement lent : piéton.
- Apparition de puces 3G/3G+ embarquées dans des voitures permettant de partager une connexion Internet en WiFi.

Évolution de la 3G

- Réseaux 4G : successeurs de la 3G.
- Très haut débit mobile : 1 Mbit/s réel pour le consommateur.
- Optimisé pour la vidéo haute définition, les jeux en réseaux, ...
- Première commercialisation dans les villes de Stockholm (Suède) et Oslo (Norvège) le 15 décembre 2009.
- Déploiements à grande échelle \Rightarrow pas avant 2011.

Le "Mobile Broadband Wireless Access" (1/3)

- MBWA est un standard en cours de développement : IEEE 802.20.
- Il devrait permettre la mise en place de réseaux métropolitains mobiles avec des vitesses allant jusqu'à 250 km/h.
- Le but est de permettre :
 - le déploiement mondial de réseaux sans fils haut débits,
 - à un coût accessible et disponible partout,
 - en connexion permanente,
 - et interopérables entre les vendeurs pour les marchés des entreprises et des utilisateurs résidentiels.
- Le MBWA utilise des bandes de fréquences avec licence en dessous des 3,5 GHz.

Le "Mobile Broadband Wireless Access" (2/3)

- Le MBWA permet des débits maximums par utilisateurs de 1 Mb/s en descente et 300 Kb/s en montée (contrairement aux autres technologies où l'ensemble de la bande passante est partagé) avec des cellules d'un rayon de 2,5 km maximum.
- Des versions utilisant un canal plus large de 5 MHz pourraient permettre des débits de 4 Mb/s en descente et 1,2 Mb/s en montée pour chaque utilisateur.
- Le MBWA est bien adapté à la mobilité voix et données avec des terminaux centrés sur les données (par rapport aux réseaux mobiles de 3e génération qui sont adaptés à la mobilité voix et données avec des terminaux aujourd'hui centrés sur la voix).
- Le standard permet une faible latence pour les données. Il devrait utiliser des technologies aujourd'hui bien maîtrisées (sauts de fréquences, OFDM, antennes adaptatives).

Le "Mobile Broadband Wireless Access" (3/3)

- Le standard IEEE 802.20 qui sera utilisé par MBWA en est encore à un stade très préliminaire.
 - Il a été initié en mars 2002.
- L'ambition du projet IEEE 802.20 est de combler le fossé entre les réseaux sans fils haut débits à faible mobilité et les réseaux mobiles ayant un débit plus restreint.