



Comité National Français de Radioélectricité Scientifique

Section française de l'

Union Radio Scientifique Internationale

Siège social : Académie des Sciences, Quai de Conti – Paris

JOURNÉES SCIENTIFIQUES DU CNFRS

" VERS DES RADIOCOMMUNICATIONS RECONFIGURABLES ET COGNITIVES "

PARIS, LES 28 ET 29 MARS 2006

Terminal grand public à interfaces radio multiples – Fonctionnalités d'un module UWB intégré

Serge Héthuin *, Arnaud Tonnerre**.

* THALES Communications 146, boulevard de Valmy – BP 82 – 92704 Colombes Cedex
serge.hethuin@fr.thalesgroup.com

** THALES Communications 146, boulevard de Valmy – BP 82 – 92704 Colombes Cedex
arnaud.tonnerre@fr.thalesgroup.com

Résumé

L'avènement de la technologie Ultra Large Bande (UWB pour Ultra Wide Band en anglais) vient compléter l'offre actuelle en moyens de communication à courte portée tels que WiFi, Bluetooth, ZigBee pour ne citer que les principaux. L'intégration de modules Ultra Large Bande dans les terminaux mobiles va permettre une avancée significative dans la mise en place d'une continuité de services au meilleur coût et en pleine mobilité, totalement transparente pour l'utilisateur. Elle donnera lieu à une offre complémentaire de services tels que positionnement et radioguidage dans les bâtiments. L'article traite de l'intérêt qu'apporte la combinaison de ces différentes technologies, et en particulier avec celle de l'UWB, au sein d'un même terminal appelé par suite TRM (Terminal à Radio Multiples).

Mots clés : Ultra large bande, UWB, mobilité, interfaces radio multiples, localisation, TRM.

Introduction

Les smartphones intègrent déjà autour des radios GSM, GPRS, 3G des fonctions complémentaires ludiques mais non essentielles comme l'appareil photo, la réception FM et la lecture MP3. La disponibilité de terminaux grand public offrant un ensemble diversifié de moyens radio pour communication à courte, moyenne et longue portée devrait ouvrir de nouveaux horizons en termes de couverture globale, de continuité de services en toute mobilité (quelque soit le type de réseau disponible à un instant donné) et surtout de réduction du coût pour le service demandé. Lorsqu'un utilisateur se déplace d'un lieu à un autre, l'interface radio utilisée à chaque instant doit s'adapter aux ressources et infrastructures disponibles.

Ainsi l'intégration d'un module Ultra Large Bande dans les téléphones portables sera l'occasion d'offrir un moyen complémentaire de connexion à courte et moyenne portée tout en réduisant la pollution électromagnétique engendrée par les réseaux cellulaires. Le dispositif pourra, de plus, tirer parti de nouvelles fonctionnalités telles que la mesure de distance et le positionnement. Le contrôle de capteurs est un exemple fréquemment mentionné. En effet, des informations, comme la température dans une pièce, seront disponibles à tout instant et des alarmes pourront être déclenchées pour alerter l'utilisateur d'un fonctionnement anormal.

Deux types de technologie UWB peuvent être intégrés dans les terminaux grand public ; une version bas débit pour communication entre capteurs ou services de positionnement et d'interphonie, une version plus haut débit pour les échanges de données avec les périphériques multimédia.

Cet article, après avoir rappelé les avantages apportés par l'introduction de différentes interfaces radio au sein d'un même terminal, traite de l'intérêt des technologies UWB en comparaison avec les autres moyens radio existants, illustre les applications potentielles et considère les difficultés à résoudre pour mener à bien l'intégration de l'UWB dans ce type de terminal.

1. Combinaison de plusieurs technologies radio sur un même support

L'intégration et la combinaison de différentes technologies radio sur un même terminal est destinée à rassembler un ensemble de services utiles à un utilisateur nomade. A travers ces différentes interfaces radio, le téléphone portable ou le smartphone devra fournir en toute continuité un accès phonie mais aussi données.

En effet, une seule technologie radio ne peut s'adapter à l'ensemble des besoins des consommateurs dans différents environnements de déploiement. Ainsi la mise en place de plusieurs interfaces radio donne la possibilité à un utilisateur de bénéficier du meilleur moyen de communication :

- soit sur le plan débit/couverture/qualité de service,
- soit sur le plan coût,
- soit encore sur le plan consommation d'énergie.

Les interfaces radio actuellement envisagées pour une intégration dans un Terminal à Radio Multiples (appelé TRM par suite) sont les suivantes :

- WiFi,
- Bluetooth,
- 802.16d/e,
- UWB haut débit,
- UWB bas débit.

Les quelques exemples qui suivent permettent d'en illustrer le propos. En entreprise, le déploiement de bornes d'accès UWB apporte une alternative aux réseaux cellulaires, rendant donc possible la réduction des coûts de communication, le filtrage de ces communications, le cryptage des données ainsi que la localisation rapide d'individus.

A l'extérieur, les mêmes possibilités sont offertes aux utilisateurs si le déploiement d'infrastructures UWB est réalisable. De plus d'autres technologies comme 802.16e peuvent prendre le relais des réseaux cellulaires en apportant des capacités supplémentaires en termes de débit et de couverture.

A la maison, les interfaces Bluetooth, WiFi peuvent être utilisées essentiellement pour réduire les coûts de communication avec de surcroît pour l'UWB des capacités complémentaires de positionnement.

En randonnée, un TRM, équipé d'une interface UWB, est utilisé pour l'interphonie entre les membres d'un groupe ou pour localiser en relatif l'un de ceux-ci.

Encore récemment, l'utilisation de plusieurs technologies radio n'était pas forcément perçue comme pertinente et souhaitable par les opérateurs de télécommunication. Les choses changent progressivement, il s'avère que cette approche permet plusieurs avancées :

- Augmentation de la couverture et des capacités du réseau tout en baissant les coûts d'infrastructure,
- Réduction de la pollution électromagnétique par la mise en œuvre de liaisons 'au plus court', en effet une communication entre individus proches peut s'affranchir d'une liaison avec la station de base du réseau cellulaire (Figure 1).

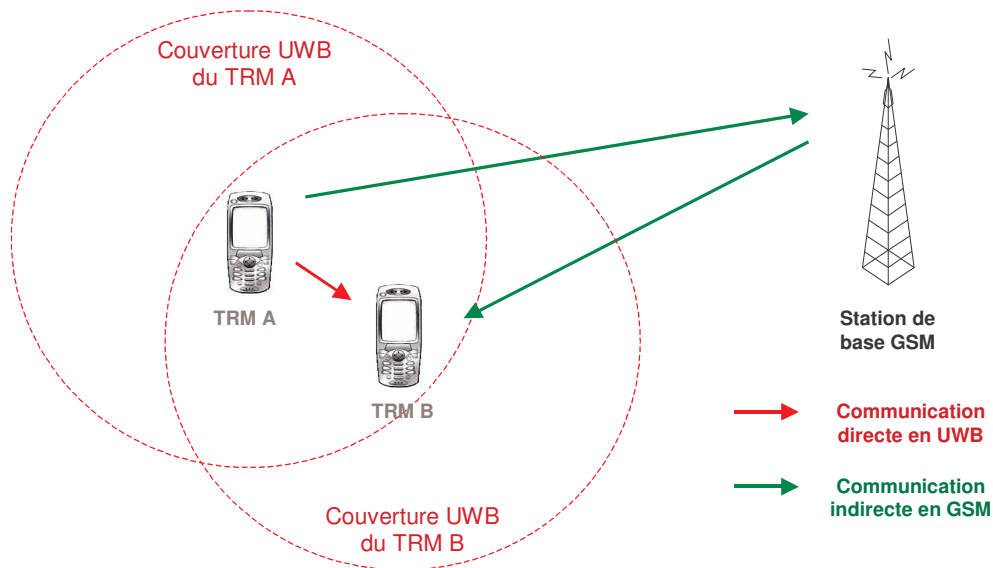


Figure 1 : Exemple de communication directe entre deux TRMs

Dans ce cas, il est intéressant de comparer, d'une part l'énergie consommée et d'autre part la zone de rayonnement électromagnétique (synonyme de pollution) entre les deux moyens radio. Si l'on considère un cas pratique de deux individus séparés de 100m mais éloignés de 3km par rapport à la station de base, la puissance nécessaire en liaison directe est inférieure de près de 30dB comparée à celle nécessaire pour joindre la station de base.

- Offre de nouveaux services aux abonnés de l'opérateur ; haut débit, localisation et guidage à l'intérieur des bâtiments.

Les solutions à radio multiples permettent à un nouvel arrivant de proposer une alternative à un réseau existant sur la base d'une infrastructure allégée. Par exemple un nouvel opérateur déployant un réseau WiFi dans un lieu très fréquenté, concourt à diminuer le coût des communications téléphoniques. Ce mécanisme permet ainsi de générer un panel d'offres plus important et favorise la concurrence.

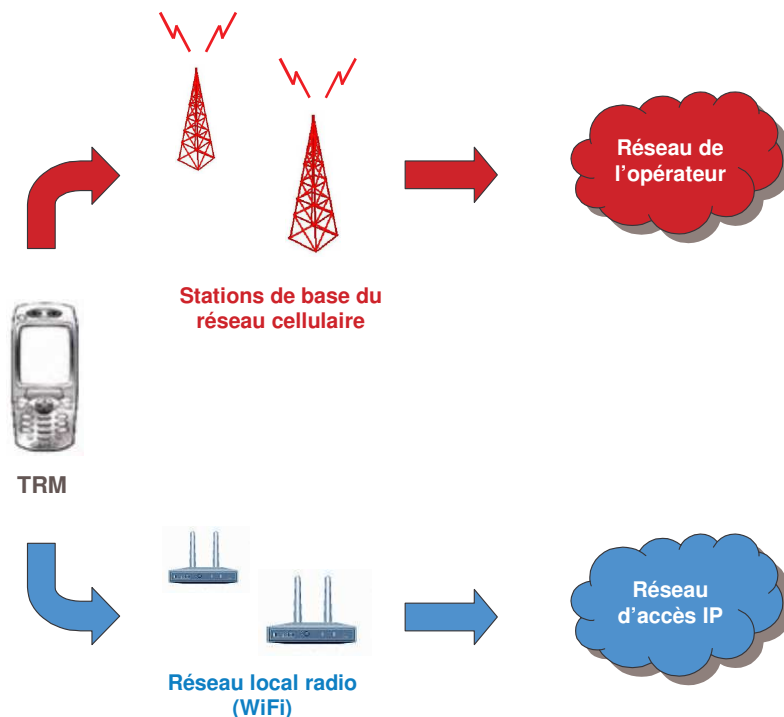


Figure 2 : Déploiement d'un réseau WiFi, concurrent d'un réseau cellulaire

Outre les nouvelles possibilités offertes par l'agrégation de plusieurs moyens de communication, l'utilisateur (ou le TRM automatiquement en fonction de certains critères) peut sélectionner la solution la plus économique en fonction de l'environnement et des infrastructures accessibles. Cette possibilité de choix va se concrétiser très rapidement avec l'avènement des radios 802.16e (technologie WMAN : Wireless Metropolitan Area Network) pour les mobiles en alternative ou en complément aux réseaux cellulaires traditionnels.

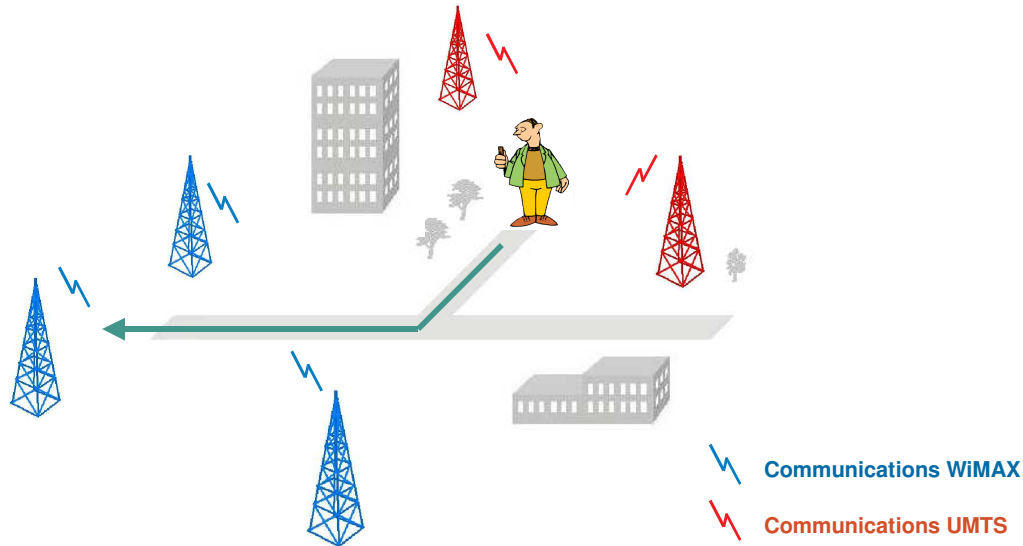


Figure 3 : Exemple de réseau à accès multiple

La Figure 3 décrit un réseau comprenant des sous-systèmes WiMAX et UMTS donnant la possibilité à un utilisateur de se déplacer dans une ville et d'utiliser son TRM avec le sous-réseau accessible ou de son choix.

Les différents organismes de normalisation proposent une grande variété de standards. Ceux-ci ont parfois des caractéristiques proches comme c'est le cas pour Bluetooth et WiFi qui exploitent la même bande de fréquence et sont de plus en plus intégrés dans les mêmes produits. Ainsi le Bluetooth SIG [1] envisage l'association des deux interfaces radios Bluetooth et WiFi, afin de réduire la consommation d'énergie et l'encombrement.

De nouvelles architectures doivent être définies pour favoriser l'interconnexion optimale entre les différents sous-systèmes introduits. Plus précisément, il est possible d'envisager des piles protocolaires communes ou partiellement communes aux différentes radios intégrées dans un TRM. Par conséquent des améliorations au niveau des couches MAC et IP sont à apporter afin de permettre l'utilisation coordonnée de ces interfaces radios. En particulier l'ordonnancement des paquets doit prendre en compte les nouvelles possibilités offertes par les différentes radios. Ainsi la sélection de l'interface doit être effectuée de façon dynamique en fonction de l'environnement et de la qualité de service demandée.

De plus, la mobilité devra être complètement transparente pour l'utilisateur, grâce à des fonctions de handover entre cellules d'un même système, mais également entre différents systèmes utilisant des technologies complémentaires. De plus les opérateurs pourront coopérer pour rendre un service global au consommateur.

Dans ce domaine, le champ d'investigation est assez important, ainsi les chercheurs et les industriels devront apporter des solutions à de nombreuses procédures telles que la découverte des différents réseaux d'accès disponibles et la négociation avec ces réseaux pour déterminer la meilleure connexion par rapport au service demandé.

2. Apport de l'UWB comparé aux technologies existantes

Une question posée fréquemment concerne l'utilité de disposer de différents moyens Wireless pour des services qui sont généralement très proches. En particulier, pourquoi considérer l'UWB en plus des technologies déjà existantes ?

En fait, les interfaces radio actuelles possèdent des caractéristiques différentes en termes de débit, de couverture, d'efficacité d'accès, de qualité de service et de consommation d'énergie. Certaines de ces interfaces radio proposent une qualité de service renforcée pour les applications multimédia grâce, notamment, à une garantie de transmission dans une période de temps déterminée. D'autres technologies offrent des services spécifiques comme la mesure de distance dans les systèmes Ultra Large Bande.

Comparé à Bluetooth, WiFi et consors, l'UWB apporte les avantages substantiels suivants :

- Scalabilité : Ce terme revêt la possibilité de mettre en œuvre différents compromis de débits et de portées sans avoir à changer la forme d'onde.
- Etalement et discrétion : L'Ultra Large Bande peut coexister avec d'autres moyens radio déployés dans une même zone sans leur porter préjudice, ni subir de perturbation.
- Ranging : Ce terme, relié aux technologies UWB impulsionnelles, est synonyme de mesure de distance entre deux radios en portée l'une de l'autre.
- Fonctions de localisation : A partir des mesures de distance fournies par une interface UWB, le TRM est capable de positionner un objet ou un individu, soit en relatif soit en absolu.

3. Déploiement des techniques UWB

Au-delà des avantages apportés par la forme d'onde UWB, il existe une limitation à la mise en œuvre de cette technologie, notamment au niveau de la densité spectrale de puissance. Celle-ci (-41.3dBm/MHz dans le meilleur des cas) ne permet pas d'envisager de liaisons à longue portée. Seules les courtes distances à quelques dizaines de mètres sont possibles. Cependant, cette limitation peut être exploitée efficacement, notamment dans les applications Indoor.

En effet, comme il est difficile d'envisager des portées dépassant le cadre d'une pièce, il semble plus raisonnable de structurer les déploiements en tenant compte de cette contrainte. Les solutions potentielles à ce type de déploiement sont, à titre d'exemple, les suivantes :

- Mise en œuvre d'un backbone en fibre optique. Cette dernière permet alors de véhiculer directement l'onde radio et seul un étage de conversion FO-RF, comprenant les amplis d'émission (limité car la puissance à émettre est faible) et de réception ainsi que l'antenne, doit être déployé. Ce module est nommé point de contact car sa complexité est très faible par rapport aux points d'accès traditionnels. Le coût d'un tel module devrait être très bas, ce qui rend possible le déploiement dans un grand bâtiment, chacune pièce étant équipée d'un point de contact. De plus le nombre potentiellement élevé d'utilisateurs requiert la mise en œuvre de procédures MAC particulières permettant la ségrégation des signaux qui pourrait être réalisée par multiplexage fréquentiel. Ce dispositif est applicable aux communications dans les hôtels, les musées, les entreprises, les centres commerciaux, les avions, les bateaux de croisière... Cette technologie est notamment étudiée et développée dans le projet européen UROOF [2].
- Utilisation du réseau électrique (courants porteurs) comme réseau backbone. Dans ce cas, le module connecté au réseau électrique est un point d'accès, moins économique qu'un point de contact, mais outre l'avantage bien naturel de pouvoir bénéficier de l'alimentation électrique ce module peut en plus être positionné directement sur les prises de courant.

La combinaison de la radio UWB avec une ossature en technologie CPL (PLC pour Power Line Communications en anglais) constitue un bon compromis pour les applications grand public à la

maison. La technologie CPL a connu des améliorations technologiques importantes depuis 2001, époque où les premiers modems Ethernet avec interface RJ45 sont sortis (ASCOM AP450) pour atteindre des performances de débit, qualité de service, configuration, sécurité et respect des normes de propagations électromagnétiques (i.e. NB30) plus qu'acceptables. Il n'existe pour l'instant pas de norme ou de standard à proprement dit, le consortium américain Homeplug faisant actuellement office de standard *de-facto*. Malgré tout il existe un certain nombre d'initiatives de standardisation à l'heure actuelle comme le groupe de travail IEEE P1901 [3], le projet OPERA [4] de la Commission Européenne, la PLC Utilities Alliance avec les entreprises électriques européennes.

La dernière génération de technologie Homeplug (Homeplug AV) [5] atteint 200Mb/s et se trouve donc compatible des débits UWB spécifiés dans la norme ECMA-368. Les équipements CPL sont vus comme un concentrateur Ethernet sur le réseau électrique pour les équipements terminaux IP connectés à ceux-ci. Les différents équipements CPL réajustent en temps réel les qualités des liens physiques dans la bande de fréquence autorisée (1-30MHz) permettant de choisir dynamiquement la meilleure technique de modulation en fonction des contraintes du canal de transmission physique. Ce canal de transmission est le réseau électrique basse tension d'un bâtiment, la topologie du réseau CPL dépend donc de la topologie du réseau électrique existant. Le réseau CPL subit également au niveau physique les perturbations induites et conduites par les équipements électriques branchés sur le réseau électrique mais grâce à des techniques de répartition fréquentielle OFDM couplées à des codes de convolution robustes on peut atteindre des débits utiles pour l'utilisateur de 3-4 Mb/s pour Homeplug 1.0 entre équipements CPL et 20Mb/s pour Homeplug 1.0 "Turbo". Les dernières évolutions technologiques implémentent même des techniques d'accès au média de type CDMA pour les trafics non-prioritaires et TDMA pour les trafics prioritaires permettant une gestion optimale de la qualité de service.

Il est donc tout à fait judicieux d'imaginer utiliser des équipements CPL pour constituer le backbone d'un réseau radio et construire la couverture cible avec des points d'accès reliés par le réseau électrique [6].

- Utilisation de points de relaiage fixés à différents endroits stratégiques de la structure. Ces nœuds ne correspondent pas à des points d'accès mais à des équipements classiques, utilisés pour relayer l'information entre un TRM et un point d'accès. Le protocole MAC est dans ce cas du type MESH mais avec convergence vers un point central. Le backbone est donc réalisé par voie radio ce qui limite les difficultés de déploiement sus-mentionnés. Ces modules peuvent également être fixés sur les prises de courant, ce qui apporte une certaine flexibilité.

4. Exemples d'application pour les interfaces UWB d'un TRM

Plusieurs technologies UWB ont été développées en parallèle avec des objectifs différents. L'une d'entre elles autorise des transmissions haut débit pour applications USB sans fil par exemple. Une autre technologie, orientée bas débit et plus longue portée, est principalement dédiée aux réseaux de capteurs. La mise en place de ces deux interfaces radio dans un TRM permettrait de répondre aux besoins de nombreuses applications.

L'application la plus médiatique correspond aux « maisons intelligentes » dans lesquelles de nombreux capteurs et appareils automatiques peuvent être déployés. Dans ce cas, l'utilisateur est équipé d'une interface radio UWB bas débit / faible consommation pour contrôler les appareils et recevoir des informations. Celles-ci peuvent être transmises sous forme d'indications périodiques ou d'alarmes lorsque un seuil prédéterminé est dépassé. Une deuxième interface radio haut débit permet le transfert de données ou de fichiers vidéo entre un ordinateur et le terminal de l'utilisateur. La position des objets dans la maison, comme les objets usuels tels que porte-clés et terminaux, peut également être déterminée grâce à la mise en place de points d'ancrage, technique appelée ABL pour Anchor-Based Localisation (Figure 4).

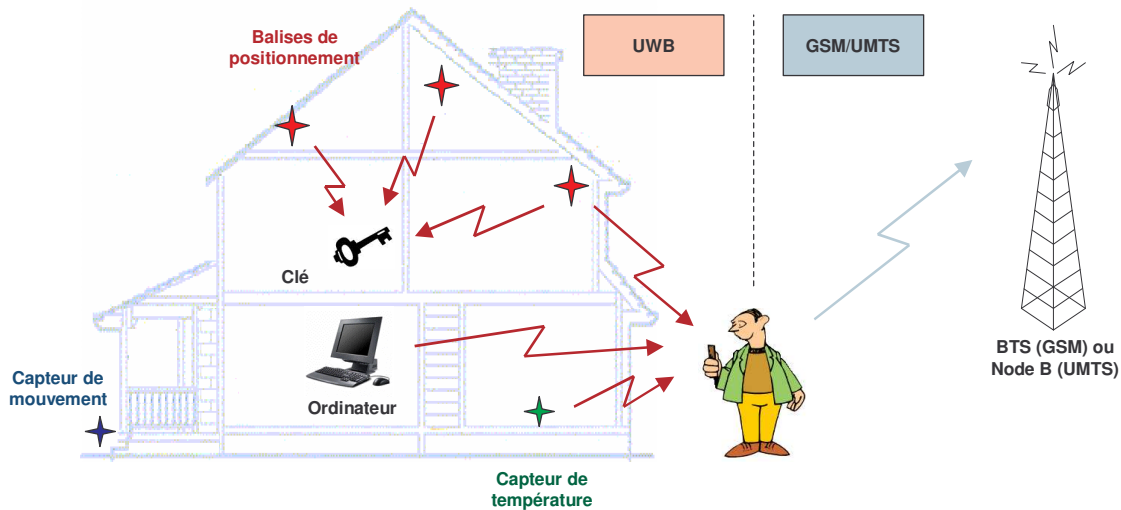


Figure 4 : L'application « maison intelligente »

L'interface radio bas débit est également appropriée pour le radioguidage dans les bâtiments. En effet les techniques de localisation citées précédemment associées à une cartographie précise permettent la mise en place d'algorithmes de radioguidage. Ainsi une personne mal voyante ou non voyante peut être orientée dans un bâtiment à l'aide d'un PDA qui détermine le chemin à parcourir et donne des indications auditives.

Ce système trouve également une utilisation dans de grands centres commerciaux afin de guider les utilisateurs vers le parking ou le magasin qui les intéresse à la manière d'un GPS à l'extérieur. Cette application est illustrée sur la Figure 5. Dans cet exemple, les points d'ancrage mesurent la distance qui les sépare de l'utilisateur puis transfèrent ces informations vers un centre de calcul qui détermine l'emplacement de l'individu dans le bâtiment et le trajet à parcourir pour atteindre l'objectif. Par la suite des informations sont transmises à l'utilisateur pour lui indiquer le chemin.

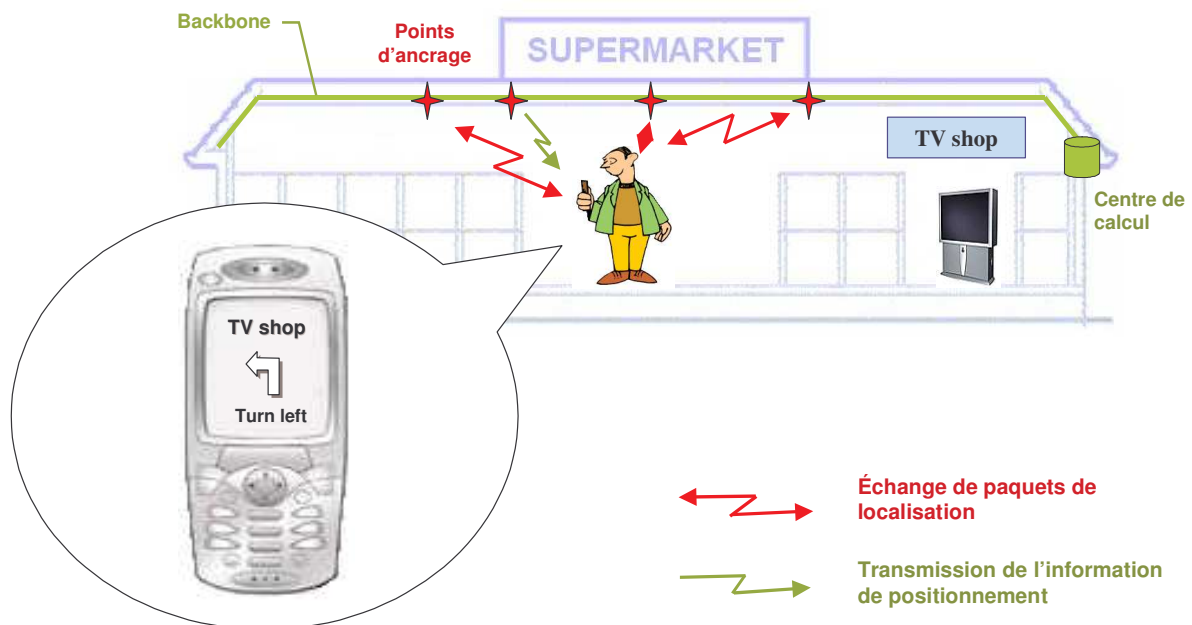


Figure 5 : Le radioguidage dans les bâtiments

Les deux applications précédentes ont besoin d'un système de localisation basé sur la technique ABL (Anchor-Based Localisation). La mise en place d'un minimum de trois points d'ancrage dont l'opérateur connaît la position absolue est nécessaire pour évaluer une position en 2 dimensions.

L'emplacement d'un terminal est déterminé par l'intermédiaire d'une approche géométrique classique. En effet sa position est indiquée par l'intersection des cercles dont les centres correspondent aux points d'ancrage et les rayons aux distances mesurées entre ces points fixes et le TRM. Le schéma de la Figure 6 décrit cette méthode.

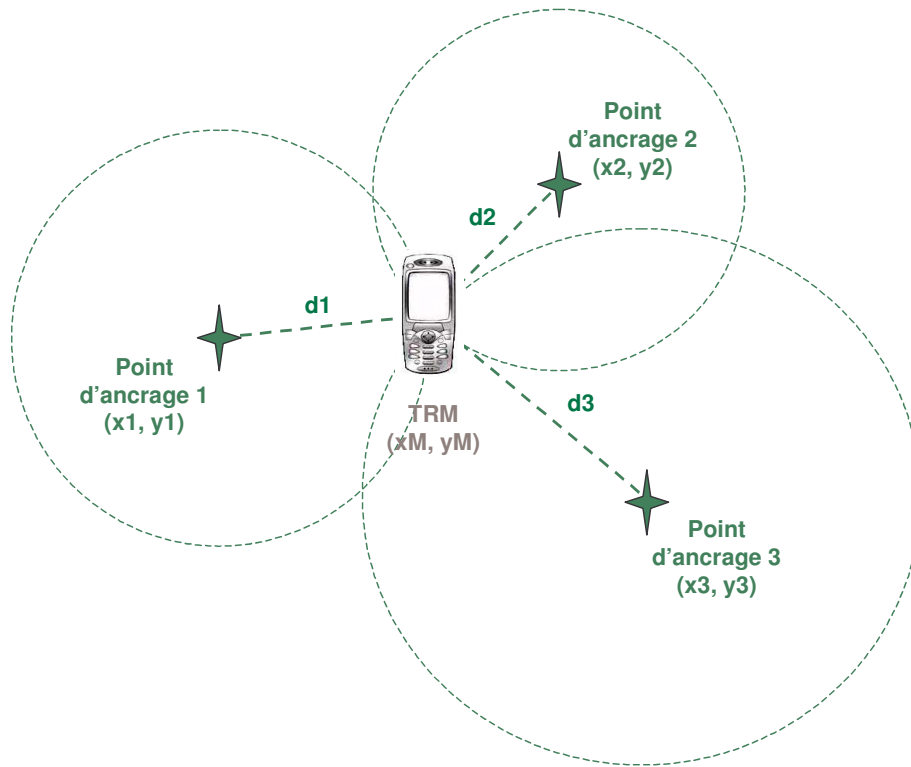


Figure 6 : Calcul de la position d'un TRM par la technique ABL

Les équations suivantes permettent de déterminer la position absolue du TRM :

$$d_1 = \sqrt{(x_1 - x_M)^2 + (y_1 - y_M)^2}$$

$$d_2 = \sqrt{(x_2 - x_M)^2 + (y_2 - y_M)^2}$$

$$d_3 = \sqrt{(x_3 - x_M)^2 + (y_3 - y_M)^2}$$

Une interface radio UWB est également très utile dans un lieu isolé, non ou mal couvert par un réseau cellulaire. Tel est le cas d'un groupe de randonneurs désirant communiquer directement en UWB sans besoin d'infrastructure et bénéficier d'une fonction de Ranging pour repérer notamment un élément du groupe en cours de perte. Dans ce type de configuration le relaying est éventuellement utilisé pour étendre la portée des transmissions comme le montre l'exemple de la Figure 7.

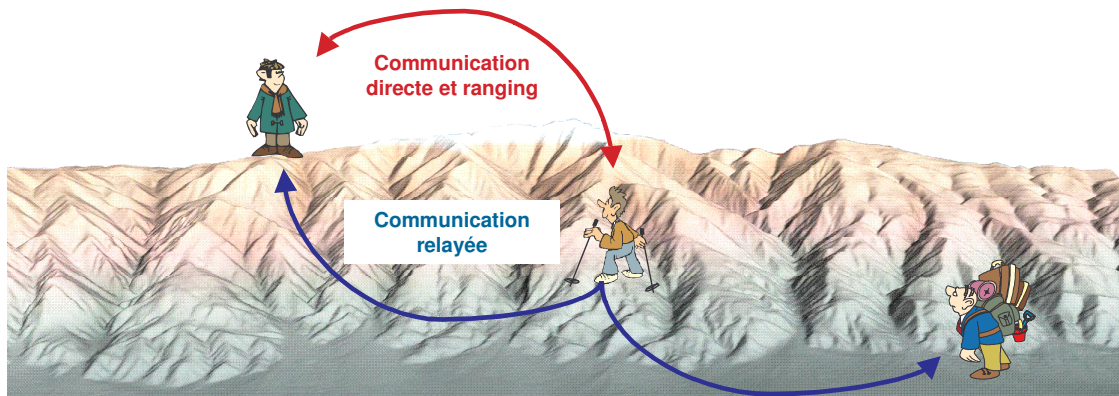


Figure 7 : Communications en randonnée

Une autre application correspond à la surveillance d'un groupe d'enfants dans une école ou en excursion. Chaque enfant est équipé d'un module UWB compact intégré, par exemple, dans une montre. Le responsable peut connaître la position relative de chaque élève sur son terminal mobile muni de l'interface UWB. De plus, une zone de sécurité peut être définie, un bâtiment par exemple, permettant ainsi à déclencher une alarme lorsqu'un enfant sort de cette zone. Cette application est présentée sur la Figure 8.

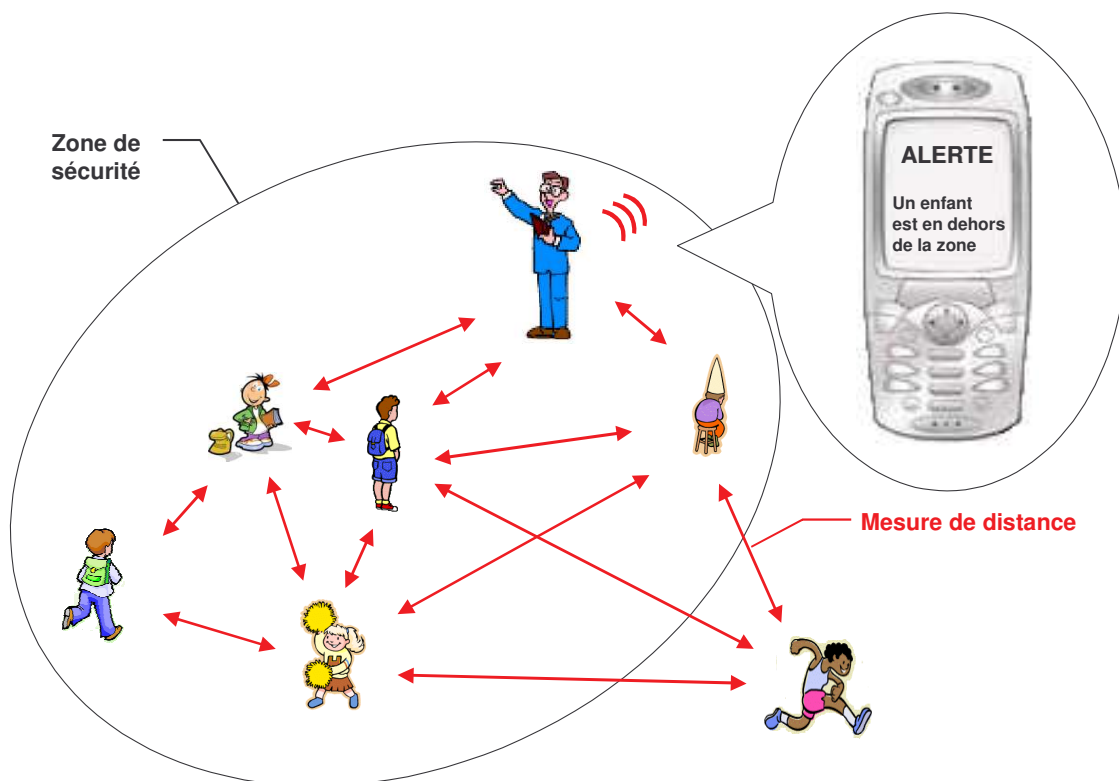


Figure 8 : Surveillance d'un groupe d'enfants

La technique de localisation employée dans ce cas est nommée AFL (Anchor-Free Localisation) et comme le nom l'indique, ne nécessite aucune infrastructure. Dans ce mode, chaque module UWB mesure la distance qui le sépare de ses voisins en portée radio et les informations récoltées sont transmises en temps réel vers le TRM qui effectue les calculs appropriés afin d'obtenir la position relative de chaque objet.

Ainsi, dans l'exemple suivant (Figure 9), les différents nœuds en portée radio sont ceux reliés par une flèche de couleur verte :

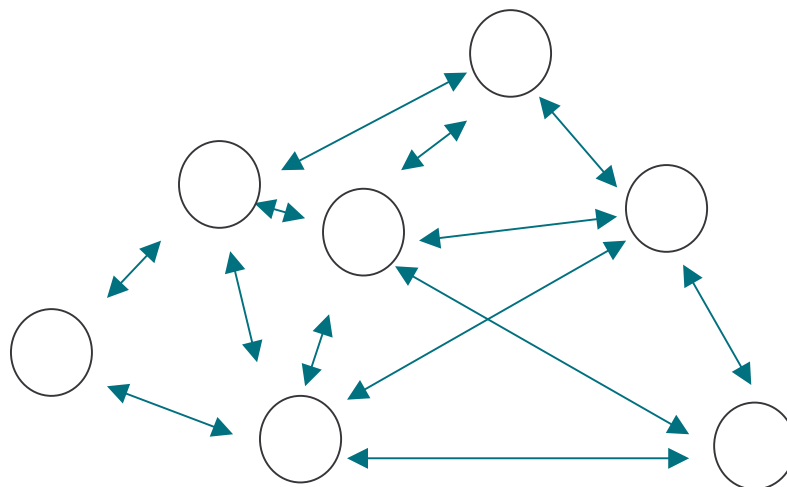


Figure 9 : Ensemble de mesures de distance pour la localisation AFL

L'ensemble des mesures de distance deux à deux peut être représenté de la façon suivante :

Nœuds/nœuds	A	B	C	D	E	F	G
A		D_{AB}	D_{AC}	D_{AD}			
B	D_{BA}		D_{BC}		D_{BE}	D_{BF}	
C	D_{CA}	D_{CB}		D_{CD}		D_{CF}	D_{CG}
D	D_{DA}		D_{DC}			D_{DF}	D_{DG}
E		D_{EB}				D_{EF}	
F		D_{FB}	D_{FC}	D_{FD}	D_{FE}		D_{FG}
G			D_{GC}	D_{GD}		D_{GF}	

Les cases grisées correspondent à l'absence de mesures, faute de portée radio entre les nœuds concernés. Par ailleurs, la matrice obtenue peut être rendue symétrique si l'on admet la réciprocité parfaite des mesures entre deux nœuds.

Le traitement consiste donc, dans une deuxième étape, à 'inverser' cette matrice, si cela est possible, c'est à dire si le nombre de 'trous' dans cette matrice n'est pas trop important. Ainsi la technique AFL requiert une densité de nœuds élevée afin d'obtenir une redondance suffisante. La méthode généralement employée pour inverser cette matrice est du type Newton-Raphson. La sortie du traitement fournit la connaissance des positions relatives des différents nœuds les uns par rapport aux autres.

5. Intégration d'interfaces radio UWB dans un TRM

L'intégration de modules ou de puces UWB dans des téléphones, smartphones ou PDAs demande une miniaturisation poussée associée à un très faible coût de série. Pour rentabiliser les investissements nécessaires à de tels objectifs, la standardisation de ce type de technologie est le passage obligé. L'existence d'une norme assure, de plus, l'interopérabilité entre tous les TRM obéissant au même standard.

Deux standards UWB sont à considérer suivant l'application envisagée ; une version bas débit UWB impulsif pour adresser, par exemple, le marché des capteurs et offrir des services de positionnement et d'interphonie pour des groupes d'utilisateurs, une version plus haut débit pour bénéficier d'échanges de données avec des périphériques multimédia.

Le futur standard 802.15.4a [7] est destiné à des solutions pouvant être intégrées dans les capteurs avec un coût et une consommation d'énergie les plus réduits possibles en comparaison des solutions actuelles Wireless. C'est, de plus, le premier standard de la série IEEE 802 qui spécifie des fonctions de mesure de distance et de localisation. Le groupe en charge de ce travail a réalisé la première version du standard qui a été soumise à l'approbation du groupe 802.15 le 6 décembre 2005. La version définitive du standard doit être rendue publique en mars 2007.

D'autre part, le groupe de normalisation IEEE 802.15.3a devait apporter une nouvelle couche physique haut débit pour les réseaux WPAN. Ce type de solution est très attendu pour une offre de services multimédia, avec des débits toujours plus grands. Le processus de convergence entre les différentes propositions a échoué en raison de la lutte acharnée entre deux groupes très puissants. Le premier groupe propose une modulation OFDM multi-bandes (MB-OFDM) alors que le deuxième défend une couche physique UWB avec étalement direct. Néanmoins le groupe « MB-OFDM » a pu standardiser sa solution en décembre 2005 par l'intermédiaire de l'organisme de normalisation ECMA.

Pour les deux types de standard concernés, l'introduction des modules UWB nécessite des travaux sur la compacité, la consommation et le coût. La compacité peut se résoudre par l'intégration monolithique mais il subsiste un problème au niveau des antennes large bande à faible dimension et gain respectable. En ce qui concerne la consommation, il est clair que la version haut débit est gourmande et peut pénaliser le TRM dans son ensemble. Pour la version bas débit, cette consommation peut être optimisée en orientant les choix d'architecture vers des modulations autorisant une réception du type non-cohérent.

Enfin, il est nécessaire d'optimiser l'ensemble des fonctions de la pile protocolaire de sorte à en limiter le nombre. D'autre part, le TRM utilisé en serveur de communications nécessite de disposer d'une procédure de

sélection de l'interface radio la plus appropriée selon des paramètres de qualité, débit, coût de communication, sécurité environnementale (hôpitaux, avions...), consommation...

Conclusion

L'intégration d'un module Ultra Large Bande dans un terminal permet de résoudre des problèmes de connectivité, de couverture radio, de pollution électromagnétique à même enseigne que d'autres technologies radio. Cependant, l'UWB apporte des avantages complémentaires soit par des débits supérieurs, soit encore par des fonctions nouvelles telles que le positionnement relatif ou plus généralement la localisation.

Cependant, entre les deux technologies UWB envisageables, il y a lieu de s'interroger sur les contraintes de mise en œuvre. En effet, l'UWB haut débit est par nature gourmand en consommation d'énergie et son utilisation doit être gérée de telle sorte à ne pas pénaliser l'autonomie du terminal. Pour ce qui concerne l'UWB à bas et moyen débit, cet inconvénient n'est pas de mise et ceci d'autant que des choix d'architecture autorisent la mise en œuvre de solutions peu consommantes, et donc peu coûteuses.

La combinaison et l'intégration de multiples interfaces radio au sein d'un même terminal constitue une opportunité de fédérer différentes techniques radio pour un meilleur service rendu à l'utilisateur. Cet enjeu passe par la résolution des problèmes ponctuels comme l'espace disponible, la compatibilité électromagnétique entre les modules et les mécanismes de sélection de l'interface optimale à chaque instant.

Références bibliographiques

- [1] Bluetooth SIG (Special Interest Group), <http://www.bluetooth.com>.
- [2] UROOF (Ultra-wideband Radio Over Optical Fiber), Projet IST STREP.
- [3] IEEE P1901, grouper.ieee.org/groups/1901.
- [4] OPERA (Open PLC European Research Alliance), Projet IST IP, No 507667, <http://www.ist-opera.org>.
- [5] Homeplug Powerline Alliance, <http://www.homeplug.org>.
- [6] Xavier Carcelle (Electricité De France R&D – Dept. STEP).
- [7] IEEE 802.15.4a Task Group, www.ieee802.org/15/pub/TG4a.html.