



RAPPORT DE CAPTEURS ET INSTRUMENTATION

Réseau de capteurs pour la surveillance de paramètres physiologiques du corps humain

MOUGIN PAUL
RATTRAPAGE DE 4ETI 2013

Juin 2015

Table des matières

Introduction	2
1 Les Body Area Network, leur utilisation et leurs spécificités	3
1.1 Qu'est-ce qu'un BAN ?	3
1.2 Usages	3
1.3 Caractéristique et spécification	4
2 Un exemple de BAN : le Toumaz Sensium Digital Plaster	7
Conclusion	8
A Sources & Bibliographie	9

Introduction

Aujourd'hui, avec la miniaturisation des cartes électroniques, des projets qui hier n'étaient que des idées sont maintenant possibles. C'est le cas des *BAN* pour *Body Area Network*, ces réseaux de capteurs minimalistes permettant de contrôler en temps réel les données biomédicales du corps humain.

Mais si la miniaturisation des composants électroniques a permis l'arrivée de ce nouveaux type de capteurs, ce n'est pas la seule difficulté technique à laquelle les chercheurs et ingénieurs dans ce domaine ont dû se confronter. La faible consommation d'énergie, les protocoles de communications sans fil ou encore la durée de vie des capteurs en fonction de leur utilité sont autant de challenges à relever pour être au plus près de l'information qui nous intéresse : le corps humain.

Les Body Area Network, leur utilisation et leurs spécificités

1.1 Qu'est-ce qu'un BAN ?

Un BAN (Body Area Network) ou WBAN (Wireless Body Area Network) ou encore BASN (Body Area Sensor Network) voir même WBASN (Wireless Body Area Sensor Network) désigne comme son nom l'indique un réseau de capteurs sans fil œuvrant dans ou autour du corps humain.

Ce réseau de capteurs permet de mesurer des données physiologiques du corps, comme la température, la pression, l'activité électrique et tout autres données pouvant servir à l'étude en temps réel du corps humain. Toutes ces données sont alors mises en commun par un microcontrôleur qui gère ce réseau de capteur et traite les données. Une fois les données traitées, le microcontrôleur émet des signaux radio pour communiquer avec des appareils extérieurs, comme un smartphone ou un serveur qui vont, à leur tour, analyser et traiter les données du réseau de capteurs pour les utiliser dans différents buts, de l'archivage de données à l'appel automatisé d'un service d'urgence.

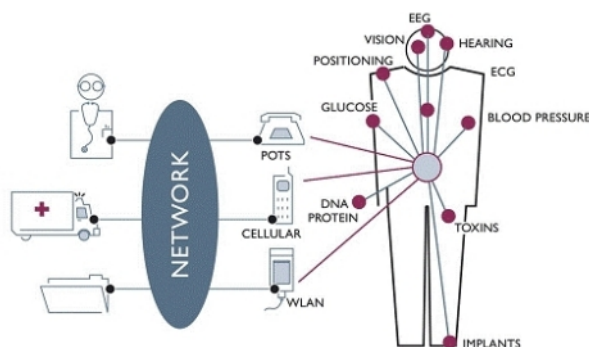


FIGURE 1.1 – Schéma d'un réseau de capteur BAN

Le microprocesseur peut aussi être amené à contrôler directement des actionneurs en fonction des données transmises par les capteurs, comme c'est le cas pour les pompes à insuline par exemple.

1.2 Usages

Les usages des BAN sont nombreux et pluridisciplinaires même si sa principale utilisation reste le domaine médical et le suivi des paramètres vitaux comme :

- **Le rythme cardiaque**, à l'aide d'oxymètres et d'électrocardiogrammes qui permettent de prévenir les risques d'arythmie ou de baisse de tension.
- **L'activité cérébrale**, à l'aide d'électroencéphalogrammes comme l'unité *Mobi* qui préviennent les risques d'épilepsie.
- **La Température et l'humidité**, afin de connaître l'état physique du patient suivi (fièvre, sueurs, humidité de l'environnement immédiat, etc.)
- **Le glycémie**, à l'aide d'une méthode non invasive de mesure infrarouge ou optique. Ceci permet de mesurer le taux de sucre dans le sang et d'ainsi contrôler plus aisément le diabète. Cette solution est souvent couplée avec une pompe à insuline contrôlée par un signal du microprocesseur, ce qui permet de réduire considérablement les nuisances de la maladie.
- **D'autres maladies** sont ainsi suivies en continu grâce à des BAN, comme la maladie de Parkinson (à l'aide de détecteurs de mouvements et d'accéléromètres), Alzheimer (à l'aide d'électrode et d'électroencéphalogrammes) ou encore l'asthme et les allergies (à l'aide de capteurs d'allergènes).

Mais les BAN peuvent aussi être utilisés dans d'autres domaines comme le domaine du sport ou un électrocardiogramme et des capteurs de mouvement, accéléromètres et gyroscopes pour mesurer aussi bien le rythme cardiaque que les mouvements pendant l'effort. Le même principe est utilisé dans le domaine des jeux vidéo pour simuler des positions et ainsi faire bouger des avatars ou même plus : immerger totalement le joueur dans une réalité virtuelle.

Avec l'avènement du *Big Data* et la collecte et la mise en relation d'informations personnelles pour améliorer et simplifier la vie, les BAN ont encore de beaux jours devant eux. Surtout si ceux-ci peuvent communiquer avec un serveur et envoyer leur données dans le *cloud* où elles seront mises en relations avec d'autres données dans le *Big data*.

1.3 Caractéristique et spécification

Lors de la conception d'un BAN, de nombreux paramètres doivent être pris en compte. Comme l'encombrement, l'autonomie, la plage de communication sans fil mais aussi le cryptage des données. Face à ces différents challenges, les chercheurs ont trouvé plusieurs angles d'attaque :

Encombrement

Limiter la taille et le poids des capteurs et du microprocesseur est important pour l'utilisateur du réseau. Le but est que le capteur dérange le moins possible l'utilisateur voir qu'il ne le sente même plus et l'oublie. De plus, le faible encombrement du capteur peut aussi faciliter l'approche de la zone où la donnée vitale doit être mesurée. Pour le moment, les capteurs les plus répandus sont des capteurs de type *patch*. Il peut aussi s'agir de petite puce implantée dans le bras, comme pour les capteurs de glycémie voir même des pilules à avaler comme pour les pilule-caméra.

Autonomie

L'efficacité énergétique est l'une des caractéristiques les plus importantes voir la plus importante des BAN. L'autonomie du réseau dépend de l'application faite de celui-ci et peut varier de quelques heures à des années sans aucune intervention extérieure. Aussi il est donc extrêmement important de bien qualifier et quantifier les besoins en énergie de l'application. Dans le cadre d'une pilule à avaler par exemple, la durée de vie n'est que de 12 heures alors qu'un défibrillateur cardiaque devra avoir une durée de vie de plus de 5 ans.

Pour des raisons de coût également, le système se doit d'être le moins gourmand en énergie et sa source doit être dimensionnée exactement à la hauteur de ses besoins. Ce qui implique un énorme travail d'ajustement au niveau de l'alimentation de ces réseaux et des composants utilisés.

La plupart des capteurs utilisés sont équipés d'une toute petite batterie mais il en existe sans batterie : Il récupère l'énergie des ondes qui servent à la communication pour s'auto-alimenter. Il suffit alors d'avoir un smartphone communiquant avec le réseau pour alimenter les capteurs via le réseau lui-même.

Communication

Dans un réseau, l'une des caractéristiques primordiales est la communication entre ces différents éléments. Ici il s'agit d'un réseau sans fil pouvant communiquer en interne et en externe. Deux principales solutions sont utilisées à l'heure actuelle dans les BAN :

- **Zigbee et IEEE 802.15.4.** Ces deux technologies sont complémentaires : Zigbee est un protocole de niveau haut alors que IEEE 802.15.4 s'occupe des communications bas niveau (couches physique et MAC). Cependant le Zigbee, dont la fréquence est de 2.4GHz est très sensible à l'interférence ce qui peut être problématique suivant la topologie du corps et de l'environnement.
- **Bluetooth Low Energy.** Avec l'arrivée de ce nouveau protocole de communication à très faible consommation, certains BAN utilisent ce protocole qui permet de communiquer très facilement avec d'autres appareils.
- **IEEE 802.15.6.** C'est une norme de communication qui n'a fait son apparition que très récemment (en 2012) et qui a été spécialement conçue pour les réseaux de capteurs corporels. Le protocole s'établit sur trois couches :
 - Une couche physique à bande étroite, permet de contrôler les capteurs et de communiquer les données. Il existe deux cents trente canaux différents répartis sur plusieurs bandes de fréquences allant de 400 MHz à 2.4 GHz.
 - Une couche physique à bande ultra large qui permet une communication rapide sur de courtes distances pour une consommation faible. La fréquence centrale est de 499.2 MHz et les canaux vont de 3.5GHz à 9.9GHz.

- Une couche physique de la communication corps humain qui opère à une fréquence de 21 Mhz et n'est composé que d'électrode ne communiquant que dans un seul sens.

Le principale avantage de l'IEEE 802.15.6 est sa grande fiabilité, sa efficence énergétique et sa diversité, entre vitesse de transfère et fréquences utiles comme le montre le schéma suivant :

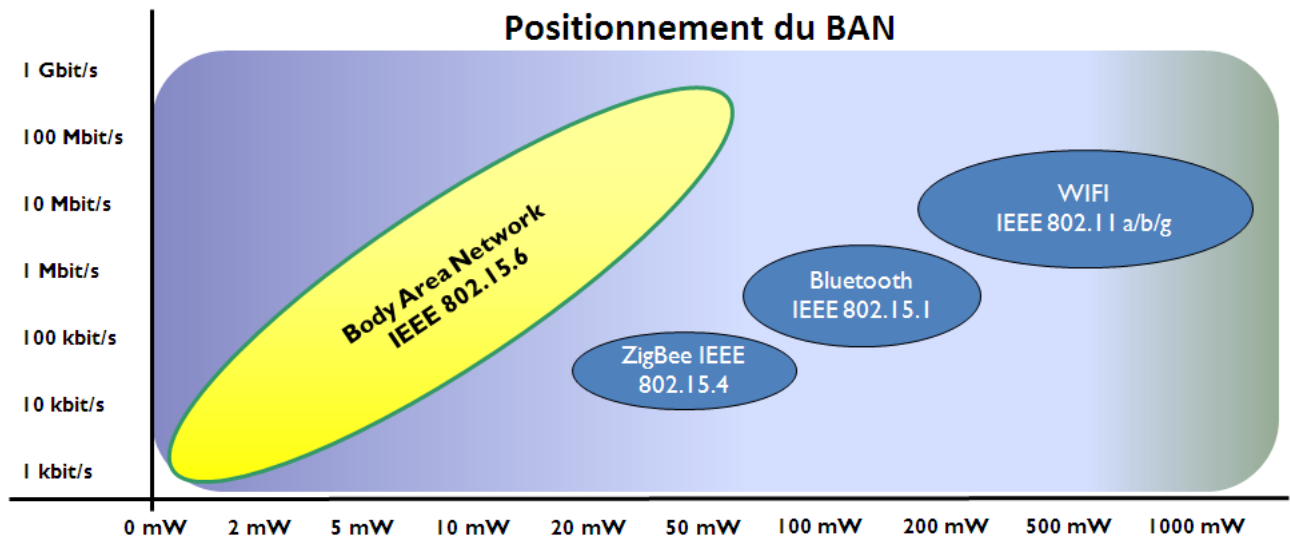


FIGURE 1.2 – Comparatif entre les différents protocoles de communication

Sécurité et cryptographie

Il est également important que les donnée envoyées sur le réseau sans fils soient protégées par un codage afin qu'elles ne puissent pas être interceptées et utilisées par n'importe qui. Pour cela, les équipements actuels utilise un chiffrement matériel qui est très efficace mais qui ne permet pas l'utilisation des capteurs en dehors du réseau.

Un exemple de BAN : le Toumaz Sensium Digital Plaster

Le Toumaz Sensor a été développé par le professeur Toumaz de l'Université d'état de l'Oregon. Cette nouvelle technologie pourrait révolutionner le monde des BAN puisqu'il s'agit de capteurs de très faible volume pouvant tenir sur un pansement et pouvant être fabriqué en très grande quantité pour un coût dérisoire (moins de 25 centimes).

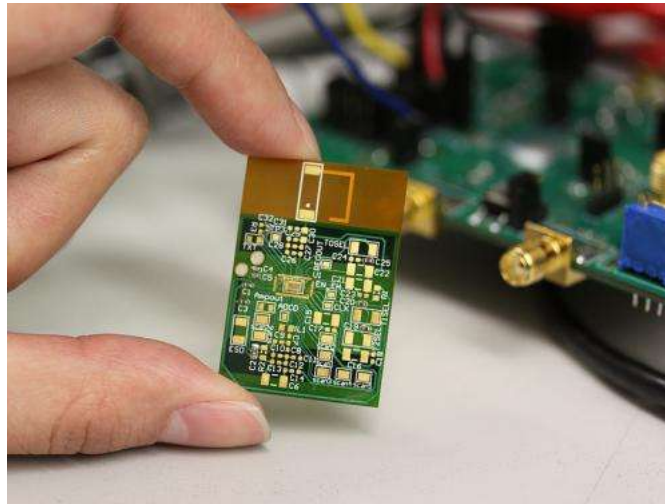


FIGURE 2.1 – Carte électronique miniature du Toumaz Sensor

Mais le plus impressionnant dans ce mini capteur biométrique, c'est son efficacité énergétique. En effet, ce capteur est capable d'alimenter son module de transmission dynamique de protocole IEEE 802.15.6 sans utiliser de batterie.

Le capteur utilise l'énergie électrique du corps du patient pour s'alimenter. La consommation électrique du capteur et du module de transmission est tellement faible qu'il est possible de l'alimenter grâce au pulsation électrique du corps humain.

Ceci n'est possible que parce que le module de communication est optimisé au maximum et que le capteur se met sur la poitrine pour monitorer le coeur et la respiration et est donc sur l'une des zone les plus énergétique du corps humain.

En plus de son évolution technologique, le Toumaz Sensium Digital Plaster utilise des matériaux et des technologies simple et peu coûteuses. Ce qui permet de produire ce capteur en très grand nombre pour un coup dérisoire de moins de 25 centimes l'unité.

Ainsi, ce capteur pourra révolutionner le monde de la médecine grâce à un monitoring en temps réel efficace et peu coûteux mais aussi booster la recherche déjà prolifique autour des BAN afin de continuer d'améliorer leur fonctionnement, principalement dans les domaine de l'énergie et de la communication.

Conclusion

Avec l'avènement de nouvelles technologies et de nouveaux développements en microélectronique, en communication et en multi connectivité, il est aujourd'hui possible de créer et d'utiliser des systèmes électronique permettant à l'homme d'améliorer son propre corps. C'est le cas des BAN qui améliore la surveillance du corps humain pour un coût aujourd'hui très faible.

Le développement de ces nouvelles technologies permettent à l'homme de vivre mieux et plus longtemps et d'améliorer et d'optimiser son corps. Nous n'en sommes encore qu'au prémisses de ce qu'il sera possible de faire dans le futur, mais nous commençons, grâce aux évolutions technologiques de ces dernières années, à créer le nouveau être humain bionique de demain.

Sources & Bibliographie

Bibliographie

Energy Comparison and Optimization of Wireless Body-Area Network Technologies

de Le Yan, Niraj K. Jha de l'Université de Princeton et Lin Zhong de l'Université Rice à Houston
<http://www.ruf.rice.edu/mobile/publications/yan07bsn.pdf>

Wireless Body Area Networks : Where Does Energy Go ?

de Sangwon Lee et Murali Annavaram de l'Université de Californie du Sud à Los Angeles
<http://www.usc.edu/dept/ee/scip/assets/004/82404.pdf>

Transmission Power Control in Body Area Senso Networks for Healthcare Monitoring

de Shuo Xiao, Ashay Dhamdhere, Vijay Sivaraman et Alison Burdett.