Sommaire

Listes des figures 5
Liste des tableaux 6
Liste des abréviations 7
Introduction Générale 1
Chapitre 1 : Présentation des réseaux de capteurs sans fil 2
Introduction 2
Définition 2
1. Les éléments constitutifs d'un RCSF 3
2. Qu'est-ce qu'un capteur 4
3. Architecture d'un capteur 6
4. Exemples des types de capteurs 8
5. Cas d'application des RCSF 10
6. Caractéristique des RCSF 12
7. Les limites des RCSF 13
Conclusion 13
Chapitre 2 : Etude du RSSI 14
Introduction 14
1. Présentation des systèmes de localisation 14
1.1 Les systèmes de localisation par satellites 14
2. Localisation dans les réseaux de capteurs sans fil 16
2.1 Algorithmes de localisations 18
3. Classification des algorithmes de localisation 21
3.1 Les méthodes range-based 21
3.2 Les méthodes range-free 22
4. Qu'est-ce que RSSI ? 22
4.1 Résultat des travaux précédents 24
4.2 Etude théorique du RSSI 24
Conclusion 25
Chapitre 3 : Les mécanismes de mise en œuvre de l'application 26
Introduction 26
1. Etude de l'environnement de travail 26
1.1 Outil matériel 26

1.2 Outil logiciel 27
2. Etude de la démarche du travail 28
2.1 Présentation théorique du calcul du RSSI 28
3. Méthodologie de conception 29
3.1 Architecture du réseau 30
3.2 Les éléments constitutif de l'application 32
3.3 Scénarios d'expérimentation du TestBed 33
Conclusion 41
CONCLUSION GENERALE 42
Bibliographie 43
Annexe 1 45
Annexe2 47

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Listes des figures

Figure 1 : Architecture d'un réseau de capteurs sans fil 3
Figure 2: Schéma Fonctionnel d'un capteur 5
Figure 3: Schéma représentatif du mécanisme de traduction d'un capteur 6
Figure 4: Architecture matérielle d'un capteur sans fil 7
Figure 5: Schéma représentant quelques types de capteurs 8
Figure 6: Evolution des capteurs [7] 9
Figure 7: Cas d'application des RCSF relative aux feux de forêt 10
Figure 8: Cas d'application Militaire 11
Figure 9: Triangulation 19
Figure 10: Trilatération 20
Figure 11: Multilatération 21
Figure 12: Vue d'en haut d'un capteur Telosb Figure 13: Vue latérale d'un capteur Telosb 27
Figure 14: Image représentative de notre réseau de capteurs 30
Figure 15: Représentation graphique des composants du programme Sender 31
Figure 16: Représentation graphique des composants du Programme Receiver 31
Figure 17: Graphe des résultats du test du scenario1 Outdoor 35
Figure 18: Réalisation d'un scénario en Outdoor 36
Figure 19: Graphe des résultats réalisé Outdoor en plein air 37
Figure 20 : Graphe des résultats du scénario Indoor avec wifi et micro-onde 38
Figure 21: Réalisation d'un scenario Indoor 39
Figure 22: Graphe des résultats d'un test en Indoor sans wifi ni micro-ondes 40

Liste des tableaux

Tableau 1: avantage et inconvénient du RSSI 24
Tableau 2: Tableau des résultats du scénario2 en plein air 36
Tableau 3: Tableau des résultats du scénario1 Indoor dans avec wifi et micro-ondes 38
Tableau 4: Résultats d'un test Indoor sans wifi ni micro-ondes..... 39

Liste des abréviations

RCSF : Réseau de capteurs sans fil.

Exp : exemple.

RSSI: Received Signal Strength Indicator.

Introduction Générale

Le développement de la technologie dans le domaine des réseaux de capteurs sans fils (RCSF) a connu une ascension positive au cour de ces dernières années.

C'est ainsi que les réseaux de capteurs sans fil ont provoqué un intérêt certain dans le monde scientifique se traduisant par une avancée technologique considérable notamment dans les domaines militaire, médical, environnemental etc….

Parallèlement les facteurs de rentabilité ont été l'élément dominant dans la recherche des moyens susceptibles d'apporter a la fois fiabilité et efficacité ; ainsi les travaux de localisation dans les Réseaux de capteurs sans fil se sont orientés vers des techniques low cost qui consomment moins d'énergie entrainant le non recours à la systématisation du GPS.

Si la localisation est un élément important dans de nombreuses applications des réseaux de capteurs, l'estimation de la distance s'appuyant sur le RSSI s'avère être fondamentale pour la valorisation de ce nouveau procédé et sera le thème du travail que nous allons présenter.

L'objectif de cette recherche sera donc de mettre en évidence la fiabilité et les limites du RSSI à travers l'estimation de la distance entre deux capteurs du réseau.

Ce manuscrit est organisé en trois chapitres suivi d'une conclusion générale. La démarche de notre travail est présentée dans les deux premiers chapitres, tandis que notre apport sera détaillé dans le chapitre trois.

Les deux premiers chapitres seront consacrés à la présentation des données théoriques telles les différentes études et définitions existantes, le troisième chapitre va aborder les différents tests pratiques réalisés permettant une évaluation aussi précise que possible à travers différents scénarios.

Notre étude s'orientera dans une première partie vers une présentation des RCSF, avant de nous consacrer à l'analyse du RSSI. Nous terminerons notre travail par la présentation des mécanismes de mise en œuvre de notre application.

Chapitre 1 : Présentation des réseaux de capteurs sans fil

Introduction

Le développement technologique au cour des dernières décennies ont permis l'émergence d'une cohabitation parfaite entre l'informatique et l'électronique.

Cette cohabitation a permis un développement fulgurant des technologies en matière de communication à travers des réseaux sans fil, mobiles et dotés de capteurs sans cesse miniaturisés. Cette nouvelle technologie se fondait sur la collecte de l'information et sa transmission, c'est ainsi que nous avons assisté a l'émergence des capteurs sans fil

En effet le besoin économique et stratégique incessant a induit un développement des contrôles environnementaux, médicaux et autres ce qui a permis aux RCSF de connaitre un essor important.

Définition

Un RCSF est un acronyme pour réseau de capteurs sans fil ou WSN : Wireless Sensor Network, souvent apparenté au réseau ad-hoc de leur utilisation commune des ondes radio, ainsi que leurs architectures décentralisées ; les RCSF sont aussi considérés comme leurs successeurs.

Les RCSF sont des systèmes embarqués, ils se composent d'un ensemble d'unités de traitement embarqué appelé « motes » qui communiquent a travers des liens sans fil, le déploiement de plusieurs unités se fait dans le but de collecter ou de capter des données (de type sonores, vibrations, lumière…) et de les transmettre.

Grace aux récentes avancées technologiques le développement de très petits capteurs à faible cout et consommant peu d'énergie a pu être réalisé.

Afin de mieux cerner les réseaux de ces capteurs sans fil la figure qui suit représente leur mode de fonctionnement global.

Rapport-Gratuit.com

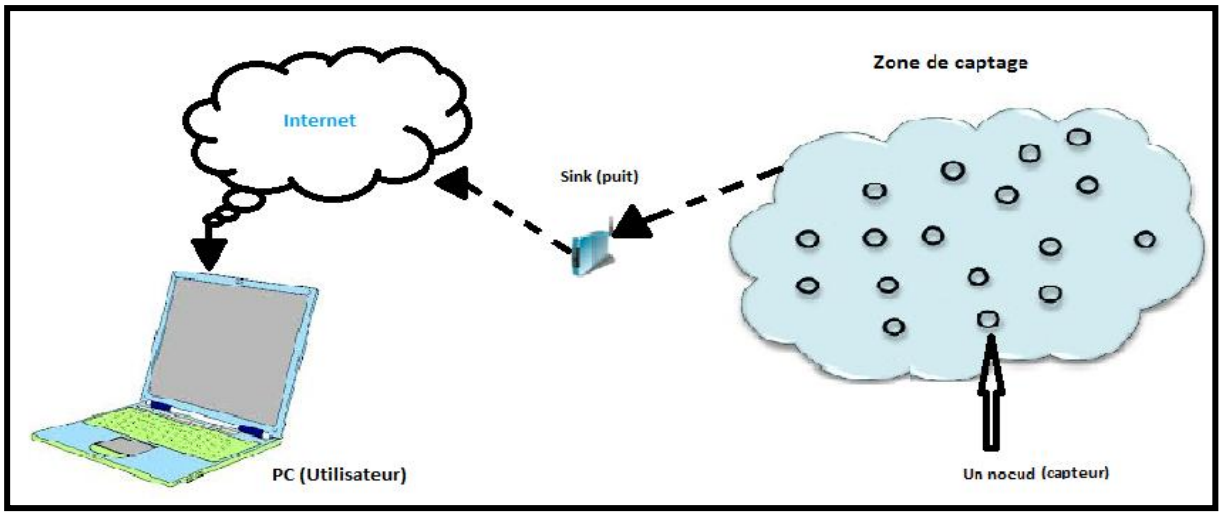


Figure 1 : Architecture d'un réseau de capteurs sans fil

1. Les éléments constitutifs d'un RCSF

Un réseau de capteurs est composé d'un nombre souvent très important de nSuds qui sont, soit posés à un endroit précis, soit dispersés aléatoirement (souvent déployés par voie aérienne à l'aide d'avions ou hélicoptères). Ce dispersement aléatoire des capteurs nécessite que le protocole utilisé pour les réseaux de capteurs possède des algorithmes d'auto organisation [1].

En plus des nombreuses contraintes que peuvent comporter certain environnement hostile, il subsiste une contrainte très importante à savoir l'économie de batterie.

En effet, un réseau de capteurs ne peut survivre si la perte de nSuds est trop importante car ceci provoque des pertes de communication dues à une trop grande distance entre les capteurs. De ce fait il est primordial que la durée de vie des batteries soit la plus longue possible (impossible de retourner changer les batteries).

Cette utilisation liée à l'autonomie des capteurs (1 année maximum pour les technologies actuelles) fait intervenir un paramètre non négligeable qui est le prix. Aucune application ne serait rentable si le rapport heures d'utilisation / prix était trop élevé. Il a donc été nécessaire d'allier technologie et low-cost [1]. Les réseaux de capteurs peuvent être programmés à un grand nombre de fins, telles que le contrôle d'intrusions, le calcul de températures, le calcul de changements climatiques, la surveillance des déplacements d'animaux (avec récepteurs GPS), surveillance de malades,.... [1].

Un réseau de capteur sans fil se constitue principalement de plusieurs nœuds capteurs, un nœud Sink et un centre de traitement de données.

- ✓ **Nœuds** : se sont des capteurs, qui répondent aux exigences de l'application pour laquelle ils ont été conçus du point de vue de leurs architectures, et de leur dispersion géographique.
- ✓ **Sink ou** puits : c'est un nœud important du réseau. Son rôle diffère de celui des autres nœuds du réseau car sa tache est de collecter les données qui proviennent des autres nœuds du réseau c'est pour cela qu'il doit être toujours actif car la réception des données se fait de manière aléatoire, et pour se fait son énergie doit être illimité.
- ✓ **Centre de traitement des données :** Toutes les données collectées par le Sink y seront envoyées, ce centre va regrouper toutes les informations et les triées afin de relever celles qui seront exploitables.

2. Qu'est-ce qu'un capteur

2.1 Définition

Les capteurs sont des dispositifs miniaturisés possédants des ressources énergétiques limités et autonomes, capables de traiter des informations et de les transmettre via des ondes radio. Parmi ces phénomènes récoltés nous pouvons citer ceux ayant trait à la température, l'humidité, la pression, capture d'image, etc…

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

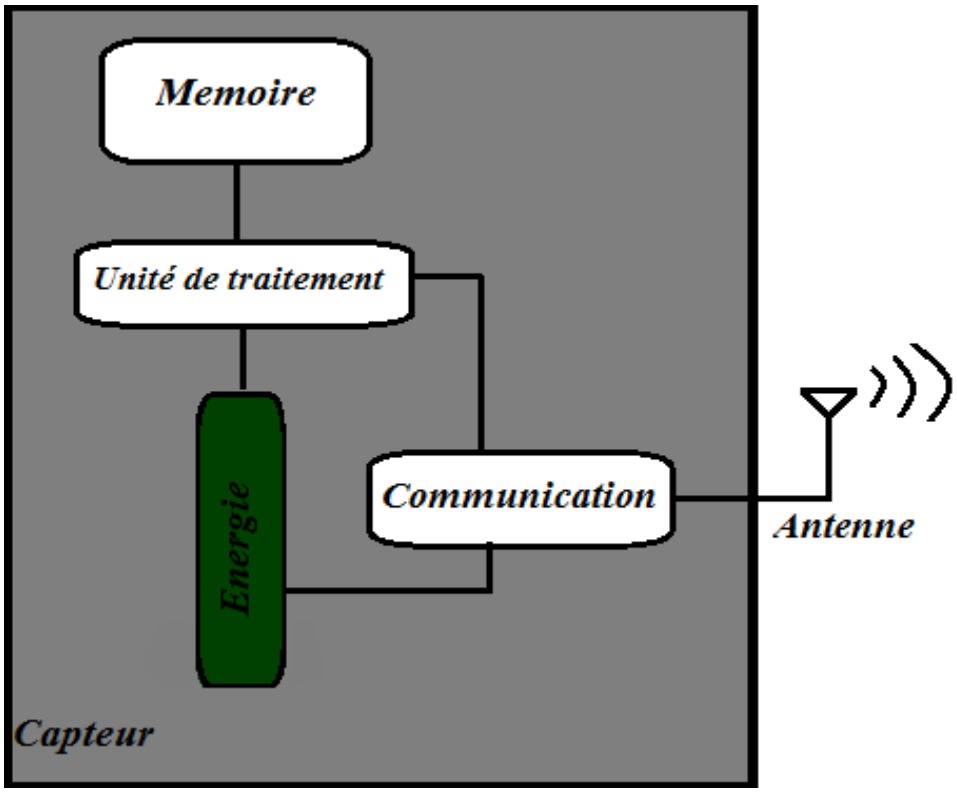


Figure 2: Schéma Fonctionnel d'un capteur

Les capteurs prélèvent une information sur le comportement de la partie opérative et la transforment en une information exploitable par la partie commande. Une information est une grandeur abstraite qui précise un événement particulier parmi un ensemble d'événements possibles. Pour pouvoir être traitée, cette information sera portée par un support physique (énergie) on parlera alors de signal. Les signaux sont généralement de nature électrique ou pneumatique [5].

On peut caractériser les capteurs selon deux critères:

- en fonction de la grandeur mesurée : on parle alors de capteur de position, de température, de vitesse, de force, de pression, etc.;

- en fonction du caractère de l'information délivrée : on parle alors de capteurs logiques appelés aussi capteurs tout ou rien (TOR), de capteurs analogiques ou numériques.

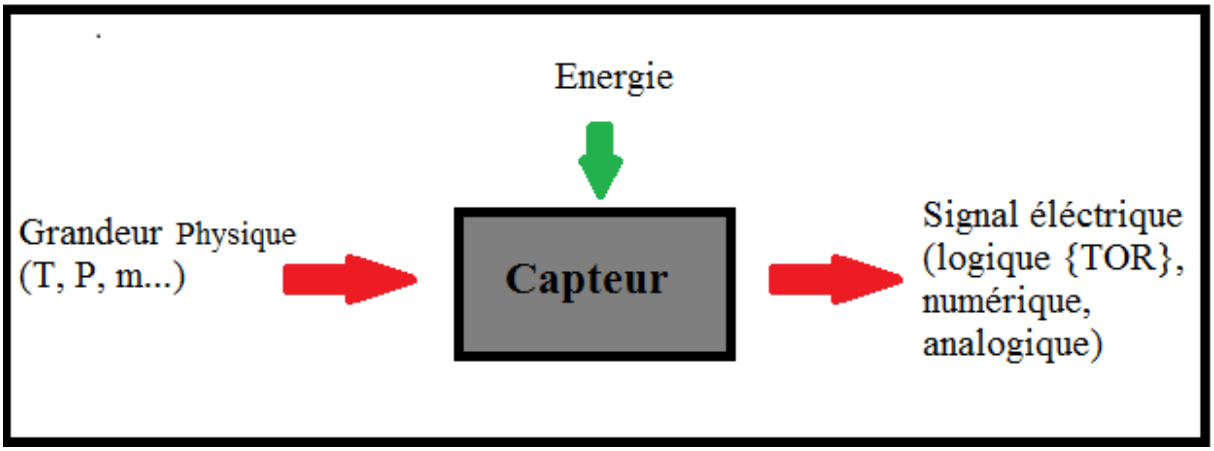


Figure 3: Schéma représentatif du mécanisme de traduction d'un capteur

On peut alors classer les capteurs en deux catégories, les capteurs à contact qui nécessitent un contact direct avec l'objet à détecter et les capteurs de proximité. Chaque catégorie peut être subdivisée en trois catégories de capteurs: les capteurs mécaniques, électriques, pneumatiques [5].

En fin nous dirons qu'un capteur permet l'analyse de l'environnement dans lequel il se trouve (car il effectue des relevé de mesures), cette analyse se fait quand le capteur transmet des informations aux autres capteurs se situant dans sa zone de couverture.

L'information va alors circuler en se propageant de capteur en capteur traversant ainsi plusieurs zones du réseau permettant d'assurer la couverture de ce dernier.

3. Architecture d'un capteur

Concernant l'architecture des capteurs on peut la scinder en deux parties, ces deux parties à s'avoir l'architecture matérielle et l'architecture logicielle sont complémentaires car elles composent le capteur dans son intégralité, à cet effet nous développerons les deux architectures.

- ***Architecture matérielle***

Un capteur se compose de quatre unités de base qui se schématisent dans la figure qui suit :

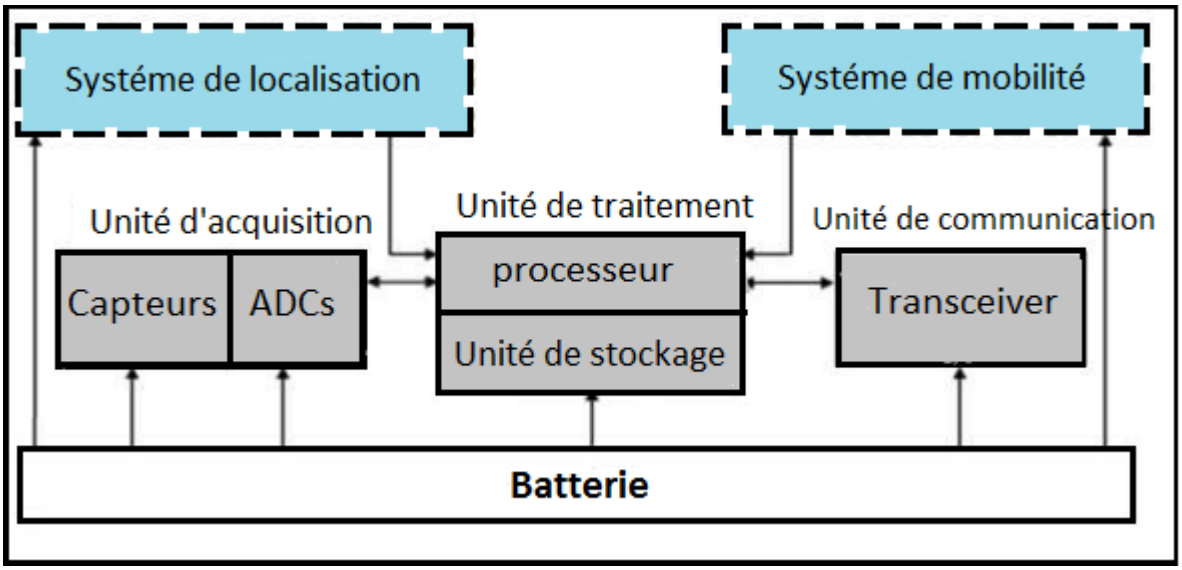


Figure 4: Architecture matérielle d'un capteur sans fil

- *L'unité d'acquisition*

Appelée aussi unité de captage elle se compose généralement de deux sous unités à s'avoir les capteurs et les ADCs (Analog Digital Converter) qui sont des convertisseurs analogique-numérique. Les capteurs permettent une mesure sur des paramètres environnementaux pour fournir des signaux analogiques obtenus après conversation de ces données récoltées.

Les ADCs vont convertir ces signaux analogiques en signaux numériques.

- *L'unité de traitement*

Se compose de deux interfaces une avec l'unité d'acquisition et l'autre avec l'unité de communication, son rôle est le contrôle du bon fonctionnement des autres unités ; un système d'exploitation nécessaire au fonctionnement du capteur peut y être embarqué sur certain modèle.

Cette unité permet l'exécution de procédures de communication qui permettent la collaboration d'un nœud avec les autres nœuds du réseau ; elle permet aussi l'analyse des données récoltées afin d'alléger le travail du nœud puits.

- *L'unité de communication*

Cette unité permet d'effectuer toutes les communications entre les différents nœuds sur un médium sans fil, car elle est dotée d'un émetteur/récepteur.

- *Batterie*

Elle alimente les unités que nous avons citées et elle n'est généralement ni rechargeable ni remplaçable. La capacité d'énergie limitée au niveau des capteurs représente la contrainte principale lors de conception de protocoles pour les réseaux de capteurs.

Il existe des capteurs qui sont dotés d'autres composants additionnels tels que les systèmes de localisation GPS (Global Position System) [6].

4. Exemples des types de capteurs

Actuellement il existe différents types de capteurs circulant dans le marché, comportant des caractéristiques et des fonctionnalités diverses et variées.

Sachant que la plus grande majorité des capteurs sont conçus selon l'application pour laquelle ils sont utilisés cela nous donne une grande variété de capteurs.

La figure ci-dessous illustre la diversité des domaines des capteurs.

Figure 5: Schéma représentant quelques types de capteurs

Les capteurs ont connu une évolution fulgurante au cours du temps, il est intéressant de voir cette évolution tout au long de ces vingt dernières années. Nous constatons qu'une entreprise est privilégiée et se distingue des autres c'est Xbow aussi appelé Crossbow. Est une entreprise incontournable dans la fabrication de capteurs, cette dernière a vu le jour au sein d'une prestigieuse université californienne à s'avoir l'université de Berkeley qui enregistre les travaux de recherche parmi les plus important au monde.

Les capteurs fabriqués par Xbow au cours des dix dernières années (Famille de capteurs Mica et Telos entre autre) sont sans aucun doute les plus utilisés dans les expériences et travaux de recherches. Ces capteurs sont capables de mesurer plusieurs métriques (température, humidité, etc.,…) et s'articulent pour la plus part d'entre eux autour de Chipcon CC2420 qui est devenu le standard au niveau des modules de transmission utilisant le protocole de communication IEEE 802.15.4 [7].

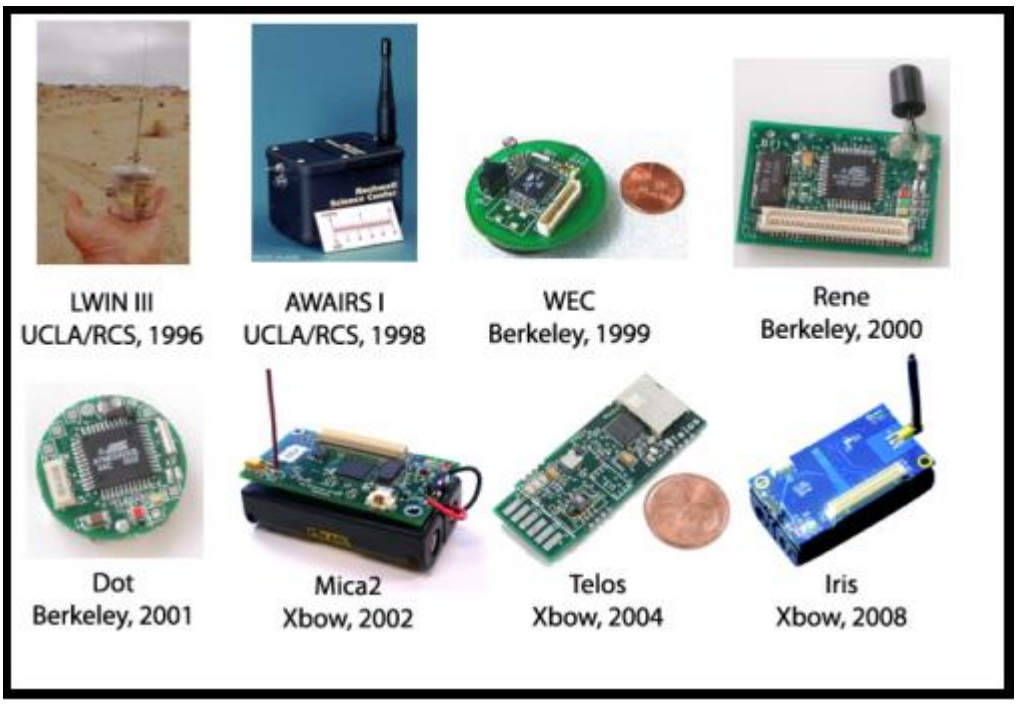


Figure 6: Evolution des capteurs [7]

5. Cas d'application des RCSF

Les réseaux de capteurs peuvent être programmés à un grand nombre de fins, telles que le contrôle d'intrusion, le calcul de température, le calcul de changement climatique, la surveillance des déplacements d'animaux (avec récepteurs GPS), surveillance de malades,... [1].

Les cas d'application étant fort nombreux ; nous citerons a titre d'exemple :

- **Feux de forêt :** La pose de capteurs aide à prévenir en temps utile les risques d'incendie de forêt en déclenchant une intervention de secours ou de prévention.

Figure 7: Cas d'application des RCSF relative aux feux de forêt

- **Domaine militaire :** Les militaires ont été des précurseurs dans le domaine de la recherche sur les réseaux de capteurs. Pour cette institution, un réseau de capteurs offre des avantages très précieux, a s'avoir le contrôle des équipements et munitions, la communication à bas coût entre les unités avec une logistique peu compliquée, reconnaissance et surveillance d'un champ de bataille ainsi qu'une estimation très rapide et évolutive des dégâts encourus en temps de crise.

Figure 8: Cas d'application Militaire

- **Domaine médical**

La recherche sur l'usage des capteurs intelligents dans le domaine médical inclut les moyens d'hospitalisation à domicile, l'intégration des micro-capteurs "dans" le corps (e.g. construire un BAN-Body Area Network) et la gestion des urgences [3]. Sachant que les applications concernant le domaine médical évoluent à une vitesse fulgurante. C'est ainsi que parmi les nouvelles venues on peut citer la télésurveillance des signes vitaux et des niveaux d'activité à domicile des personnes âgées ou handicapées ; le déploiement de micro-capteurs sur le corps humain ou éventuellement implantés permet une surveillance permanente des constantes vitales d'un patient.

- **Domaine industriel**

Il est possible d'utiliser les réseaux de capteurs sans fil dans des contextes industriels. À titre d'exemple nous citons : le suivi de chaine de production, la gestion d'inventaire, le contrôle de qualité, etc. De façon générale, les réseaux de capteurs sans fil permettent aux entreprises d'améliorer la qualité de service tout en réduisant les coûts [4].

- **Agriculture**

L'implantation de nœuds dans la terre peut nous permettre d'avoir des informations concernant les endroits les plus secs et ceci pour les arroser en priorité, ces données seront obtenues en questionnant le réseau de capteurs sans fil.

Doté le bétail de capteurs faciliteras leurs localisation a toute heure, ce qui facilitera la vie aux éleveurs.

6. Caractéristique des RCSF

Par ailleurs les caractéristiques essentielles des RCSF s'établissent comme suit :

- ***Scalabilité et adaptabilité:*** Importance des nombres de nœuds qui peut parfois atteindre des millions en vue d'une meilleure granularité de surveillance, avec une polyvalence de remplacement en cas de défaillance.
- ***Caractéristiques du trafic interrompu:*** L'accès sans fil est perturbé pas les interférences inévitables au sein d'un RCSF (Exp : perturbation des liens radio dans un hôpital).
- ***Réseaux multi-sauts:*** Les RCSF adoptent des communications multi saut en raison des limitations des ressources physiques dues à la miniaturisation des composants électroniques
- ***Réduction de la consommation de l'énergie*** **:** La gestion de l'énergie au sein d'un RCSF est limitée du fait que les capteurs sont alimentés par des batteries qui ne peuvent être changées par suite des milieux hexogènes défavorables (sachant que le rechargement des batteries est très onéreux et donc très peu rentable d'un point de vue économique).
- ***Différents types de déploiements :*** Engendrent des conséquences qui diffèrent d'un déploiement à un autre :
    - Le déploiement dans la nature mène à une absence de sécurité physique causée par la présence d'intrus ou de capture de nœuds.
    - Le déploiement dans un lieu précis exige une topologie préconfiguré.

Rapport-Gratuit.com

- Le déploiement aléatoire demande des algorithmes d'auto organisation.

7. Les limites des RCSF

La localisation dans les réseaux de capteurs comporte certaines limites et ceci causés par l'absence de dispositif d'auto positionnement.

Les contraintes de conception étant nombreuses nous citerons les principales telles que reprisent par les grandes théories :

- Assurer une continuité du réseau sans disfonctionnement.
- Une mémoire capable de stoker toutes les informations reçues.
- Maitrise des couts de production.
- Surmonter les défaillances liées à l'environnement.
- Un déploiement topologique grâce à une maintenance assidue.
- Cernement du facteur matériel telles que la taille des capteurs le gain d'énergie, l'adaptation aux milieux et sa résistance.
- Mise en place d'une norme de transmission telle que l'infrarouge, le Bluetooth et les communications radio ZigBee.
- Une adéquation entre l'utilisation et la consommation de l'énergie capable d'assurer une longévité du réseau.

Conclusion

En parcourant ce chapitre nous noterons une large présentation des réseaux de capteurs sans fil tant dans leurs diversité que dans leurs mode de fonctionnement, ceci se clarifie après étude de leurs caractéristiques et leurs spécificités. Des détails concernant les capteurs ainsi que leurs domaines d'utilisation ont aussi été évoqués au cours de ce chapitre.

Chapitre 2 : Etude du RSSI

Introduction

De plus en plus d'applications utilisent la localisation dans beaucoup de domaine de la vie quotidienne. L'important lorsqu'un capteur détecte un événement est qu'on puisse fournir des informations concernant sa position géographique.

La localisation des capteurs ce à quoi nous allons nous intéresser dans ce chapitre, il existe plusieurs techniques de localisation, nous passerons en revue les principales pour enfin ne nous pencher que sur une seule à s'avoir celle pouvant estimer la distance en mesurant la puissance du signal reçu.

1. Présentation des systèmes de localisation

Devenus indispensables à notre époque les systèmes de localisations occupent actuellement une énorme place dans notre vie, comme par exemple la surveillance des zones critiques, ou le monitoring médical, mais également dans beaucoup d'autres applications.

Sachant que la règle de base de la localisation reste celles de la triangulation et la trilatération, voici les systèmes de localisation les plus connus :

- Positionnement par satellite.
- Positionnement par réseaux de téléphonie mobile.
- Positionnement par réseaux WI-FI.
- Positionnement par puces électroniques.
- Positionnement par adresses IP [8].

1.1 Les systèmes de localisation par satellites

Actuellement lorsqu'on évoque les systèmes de navigation par satellite un seul mot nous vient directement à l'esprit le GPS, c'est le système de navigation le plus connu du public mais il en existe d'autres que nous citerons comme suit :

- **GPS « Global Positioning System »**

Ce système a été lancé par le gouvernement américain pendant la guerre froide ; c'est un système de géolocalisation qui compte parmi ces actifs 24 satellites répartis sur six orbites a 20 000Km d'altitude.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Le système de positionnement global ou GPS, est un système de radionavigation spatial qui permet aux utilisateurs équipés de récepteurs convenables de déterminer sur terre, sur mer ou dans les airs, leur position, leur vitesse et l'heure à n'importe quel moment du jour ou de la nuit et ce, quelles que soient les conditions météorologiques. Le système offre un niveau de précision équivalent ou supérieur à tout autre système de navigation actuel. Le GPS a été conçu par le ministère de la Défense des États-Unis qui en assure également l'exploitation et l'entretien. À l'origine, il était destiné à répondre aux besoins des militaires, mais la Presidential Decision Directive du 28 mars 1996 s'achevait par la déclaration suivante [9] :

« Nous continuerons de fournir en permanence le service de positionnement standard GPS à des fins pacifiques d'utilisation civile, commerciale et scientifique à l'échelle mondiale et sans imposer de redevances directes aux utilisateurs » [9].

Le GPS offre un degré de précision qui varie d'une institution à une autre, ce sont deux niveaux de service : un service de positionnement standard (SPS), qui est accessible a n'importe quel utilisateur, et un système de positionnement d'une grande précision (PPS) dont l'accès est réservé majoritairement aux militaires américains. Le SPS offre une précision de l'ordre de 20 mètres dans le plan horizontal, 95 p.cent du temps

- **GALILEO**

Principal conçurent du GPS, c'est un projet européen ; c'est un système boosté par l'Europe dans le but d'acquérir une indépendance vis a vi du GPS, Galileo a largement été teste et a été lancé en 2010 et devrais être véritablement opérationnel depuis 2013, il se compose de 27 Satellite et atteint une grande précision qui sera inferieur au mètre dans le cas d'utilisation publique.

- **GLONASS**

Acronyme russe de GLObal'naya NAvigatsionnaya Sputnikovaya Sistema en clair un système mondial de navigation par satellite.

Le système russe GLONASS (IAC), développé de 1976 à 1982, n'est plus pleinement opérationnel et ceci dû aux conditions politiques et économiques du pays. Toutefois, la Russie a entrepris sa remise à niveau et GLONASS est devenu fonctionnel en novembre 2011 [8].

Toute fois d'autres pays mettent en œuvre leurs propres systèmes comme l'inde avec son système **IRNSS** (Indian Regional Navigational Satelit System), ainsi que la chine avec son système **Beidou.**

2. Localisation dans les réseaux de capteurs sans fil

Les systèmes de localisation matériel sont nombreux et se fondent sur des critères différents, il existe des techniques de coopération scindées en deux grandes familles : les approches centralisées et les approches décentralisées (distribuées), mais il existe aussi une troisième voie qui consiste a faire l'estimation de la distance entre les nœuds et les ancres, les ancres (beacon) ce sont des nœuds mais dont on connaît apriori les coordonnées et ceci va nous permettre de déterminer l'emplacement d'autres nœuds dont nous ignorons la position géographique.

Néanmoins quelques problématiques sont décelées concernant la localisation dans les réseaux de capteurs a savoir la quasi absence d'auto organisation ou positionnement (exemple du GPS), on ne peut équiper tous les nœuds d'un dispositif GPS cela serait trop couteux sur le plan économique mais également trop laborieux à réaliser d'un point de vue technique, c'est pour cela que les nœuds s'organisent et coopèrent entre eux en utilisant les techniques de coopérations centralisées ou distribuées afin de déterminer leurs positions respectives.

Si nous devions établir un processus de localisation dans les RCSF il est nécessaire de définir dans un premier point un système de coordonnées c.-à-d. qu'il est impératif de connaitre les positions de quelques nœuds du réseau (ceux cités précédemment) à s'avoir les ancres ou beacon dans un système de coordonnées ainsi que les positions relatives des autres nœuds par rapport à ces ancres. Nous pouvons retrouver les positions absolues des nœuds dans le même système grâce a un « mapping », le tout est de bien sélectionner les ancres.

Dans un deuxième point nous devons effectuer une estimation des distances, il existe plusieurs techniques permettant à un capteur de mesurer la distance qui le sépare d'un autre nœud, le matériel de communication radio utilisé va rapporter des informations sur le signal radio entre deux nœuds, en effet l'établissement d'une communication inter- nœuds implique qu'ils sont à la porté radio l'un de l'autre.

Pour finir nous devons effectuer une dérivation de position afin d'obtenir les positions des nœuds qui respectent les distances inter-nœuds.

Il existe deux types d'ancres :

- **Ancres statiques**

Les ancres ou appelés aussi beacons sont indispensables pour la localisation des nœuds dans un réseau de capteurs situés dans un système de coordonnées global. Nous avons besoin d'avoir au moins trois ancres qui ne soient pas colinéaires afin de pouvoir définir un système de coordonnées en deux dimensions.

Le fait qu'il est nécessaire de connaitre la position d'un minimum de trois ancres implique l'intervention humaine pour mesurer un certain nombre de nœuds, cela s'avère être difficile sur tout en milieux hostilesPour cela nous distinguons deux méthodes :

- **Les méthodes anchor-based :** où il est nécessaire de connaitre a priori la position d'un certain nombre d'ancre.
- **Les méthodes anchor-free :** où le besoin de connaitre la position des nœuds pour fonctionnement n'est pas requis, une carte relative des coordonnées est suffisante, relative signifie dans ce cas une carte qui est une translation, une rotation orthogonale, une réflexion et une dilatation de la carte réelle ; cette carte va conserver le rapport de distances qui se trouvent entre tous les points.

- **Ancres mobiles**

Apres avoir étudié quelques paramètres concernant les ancres tel que leurs grandes consommation d'énergie, leurs faible précision, leurs couts élevé, ainsi que le fait qu'un grand nombre est nécessaire, il en a été déduit que l'utilisation d'une seule ancre mobile vaut mieux que d'en avoir plusieurs statiques. L'ancre mobile sera déployé avec les nœuds et permet aux autres nœuds de s'auto localiser car elle effectue une trajectoire durant laquelle elle va diffuser des informations, cette ancre peut être un robot ou autres.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

2.1 Algorithmes de localisations

Dans les réseaux de capteurs il existe deux méthodes de localisation, celles basée sur l'estimation de la distance inter nœud et celles qui ne le sont pas.

2.1.1 Technique d'estimation de la distance

Ces techniques vont estimer la distance entre les voisins pour déterminer leurs positions ou bien de mesurer l'angle qu'il forme avec celui-ci nous citons :

- **Temps d'arrivée (TOA)**

TOA acronyme pour Time of Arrival est la technologie utilisée par le GPS (Global Positioning System), cette dernière consiste a ce qu'un capteur récepteur puisse obtenir la distance qui sépare du capteur émetteur en calculant la différence des dates d'émissions et de réceptions, puis y soustraire le temps de traitement du signal, et en fin diviser le résultat par deux, cela suppose que les nœuds du réseau sont synchrones c-ad ont un temps de traitement du signal identique.

- **Différence de temps d'arrivée (TDoA)**

La technique TDoA (Time Difference of Arrival) résulte de la différence des dates d'arrivée d'un ou de plusieurs signaux, la vitesse de propagation est supposée être connue, cette méthode va consister en une résolution d'un système d'équation dont les distances sont inconnues.

- **Puissance du signal (RSSI)**

La technologie RSSI qui veut dire (Received Signal Strength Indicator) c.-à-d. que cette méthode est une mesure de la puissance en réception d'un signal reçu d'une antenne, son atout est qu'elle va nous fournir une indication sur l'intensité du signal, en effet cette partie va varier selon la distance qui se trouve entre les capteurs car plus les capteurs sont éloignés plus la perte est importante, cette perte va alors être traduite en une distance.

Cette méthode est celle que nous avons choisi de développer dans ce mémoire nous l'étudierons en détail dans les paragraphes suivants.

- **Angle d'arrivée (AoA)**

AoA acronyme d'Angle of Arrival, comme son nom l'indique cette technologie va calculer l'angle formé par deux capteurs.

Les capteurs comportent des antennes orientées ce qui permet de déduire l'angle que le capteur forme avec un voisin lorsque celui-ci lui envoi un signal.

2.1.2 Dérivations des positions

Cette méthode va consister en un calcul de positions définitives de chaque nœud capteur et ceci avec des algorithmes de localisation, les méthodes de calculs utilisées par les algorithmes dépendent de la technique d'estimation de la distance qu'on va utiliser.

Il y'a trois types de méthodes :

a) La triangulation : La figure ci-dessous représente le principe même de la triangulation car avec cette technique on pourra définir la position d'un point en mesurant l'angle qui se trouve entre ce dernier et d'autres points dont on connaît les positions car se sont des ancres, ce point sera le troisième sommet du triangle dont les deux angles et la longueur d'un coté seront connus.

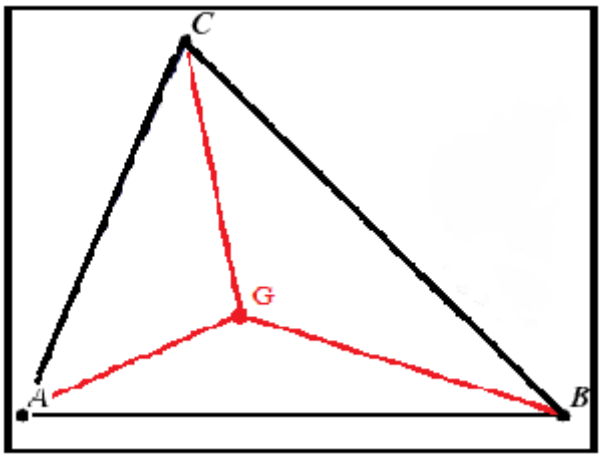


Figure 9: Graphe représentant la Triangulation

b) La trilatération : Cette méthode va utiliser trois points de référence a s'avoir les ancres car on connaît leurs positions, et aussi les distances qui séparent les ancres du nœud dont on cherche à définir la position, ce qui va correspondre aux points d'intersections des trois cercles. Nous notons que cette méthode a le même principe que le système GPS ; elle est aussi de loin la méthode la plus simpliste dans la détermination des positions des capteurs en utilisant la géométrie des triangles.

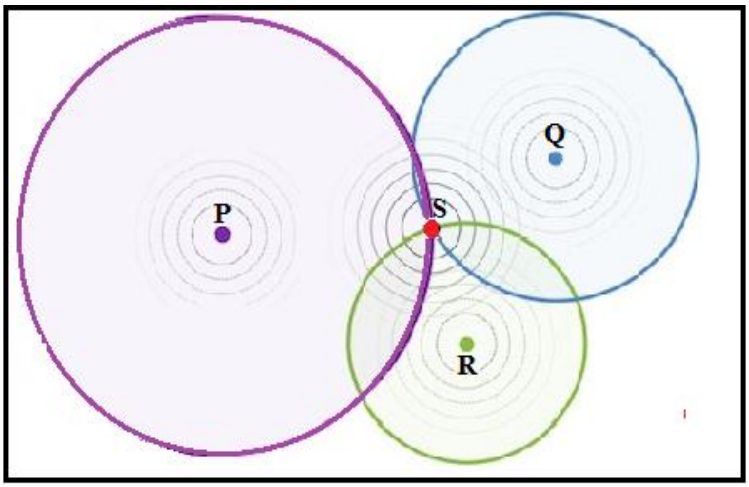


Figure 10: Graphe représentant la Trilatération

c) ***La multilatération :*** A le même principe que la trilatération, en utilisant plus que trois points de référence (ancres). La position d'un noeud est calculée en résolvant l'intersection de plusieurs hyperboles basées sur la différence des divers temps d'arrivée TDoA. Soit une cible *i*, connaissant les positions *(xa, ya)* de *m* ancres ($1 \leq a \leq m$) ainsi que les distances *dia*, où *dia* représente la distance euclidienne entre *i* et l'ancre *a*. Ayant ces informations et pour calculer la position (*xi*, *yi*)1 de la cible *i* nous formons le système suivant[10] :

$$(x_{1+}\, x_i)^2 + (y_{1+}\, y_i)^2 = {d_{i1}}^2$$

$$(x_{2+}\, x_i)^2 + (y_{2+}\, y_i)^2 = {d_{i2}}^2$$

$$(x_{3+}\, x_i)^2 + (y_{3+}\, y_i)^2 = {d_{i3}}^2$$

.

.

.

$$(x_{m+}\, x_i)^2 + (y_{m+}\, y_i)^2 = {d_{im}}^2$$

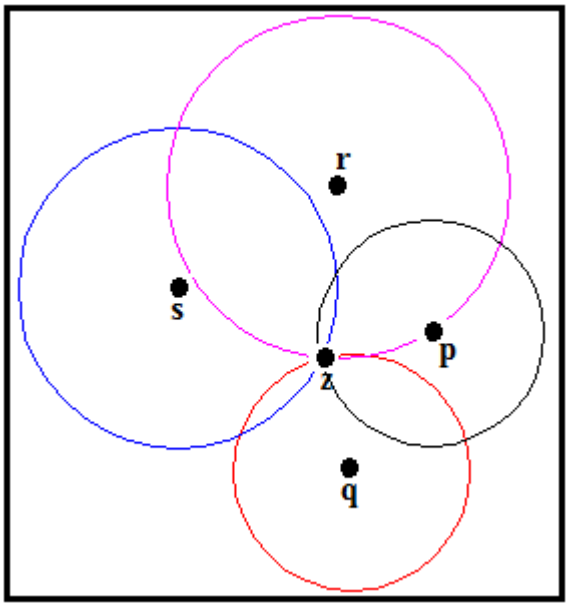


Figure 11:Graphe représentant la Multilatération

3. Classification des algorithmes de localisation

Nous pouvons classer les algorithmes de localisation selon différents facteurs et plusieurs critères, mais le critère le plus important qui survient lors de l'établissement de ces catégories est « la mesure », c.-à-d. que l'on distingue deux catégories : les méthodes range-based et les méthodes range-free.

3.1 Les méthodes range-based

On peut aussi l'appeler algorithme de localisation avec mesure, cette méthode a besoin de connaitre la position d'un certain nombre d'ancres à priori, elle utilise les technologies ToA, RSSI, Aoa et ceci pour mesurer les distances ou les angles entre deux capteurs voisin, le fait que cette méthode a une capacité à mesurer cela la rend très précise. Son principale inconvénient est que les technologies qu'elle utilise comme (ToA ,DoA , AoA)sont assez couteuses, ou encore fragile en milieu environnemental hostile comme le RSSI.

Les algorithmes de localisation range-based sont nombreux pour en citer quelques uns :

Dynamic fine-grained, APS, etc…

3.2 Les méthodes range-free

Qu'on qualifie aussi de méthode de localisation sans mesure car ces méthodes n'ont besoin de la position d'aucun nœud.

Elles ne calculent pas la distance inter-voisin en revanche elles vont se baser sur d'autres informations telles que la connectivité pour identifier la position des nœuds, donc une carte relative du réseau va être créé, c'est une carte qui va reproduire les rapports des distances entre touts les points.

Pour ce projet nous nous pencherons sur une méthode de la catégorie range-based à savoir RSSI. Dans ce qui suit nous essayerons de développer ce point et d'éclaircir les détails.

4. Qu'est-ce que RSSI ?

RSSI acronyme pour Received Signal Strength Indicator, est une mesure de la puissance d'un signal reçu d'une antenne (ou d'un capteur), il permet de fournir une indication sur l'intensité du signal reçu, son unité est le dBm (decibel milliwat).

En outre il fait partie des principales méthodes de radiolocalisation. La technique du RSSI est utilisée dans différentes applications en raison de sa simplicité et son faible coût, mais sa précision peut être dégradée par les effets du canal de propagation. Dans un bâtiment par exemple, les ondes radios sont diffractées, réfléchies, réfractées par les murs, les meubles, ou encore les personnes que s'y déplacent. Ces effets provoquent des trajets multiples qui interfèrent entre eux et perturbent le niveau de signal [2].

La méthode de RSSI est très utilisée pour les systèmes de localisation urbain, rural et aussi à l'intérieur [2].

Le principal désagrément de l'utilisation du RSSI est sont imprécision dans la localisation en présence de plusieurs trajets dans l'environnement.

Par exemple, pour la géo localisation indoor, il faut estimer les perturbations liées aux obstacles comme les murs, cloisons, vitres, équipements électromagnétiques, etc. Quand l'application est à l'extérieur les perturbations sont moindres et le calcul de l'atténuation est simplifié. Par conséquent, les algorithmes de positionnement basés sur le RSSI sont sensibles à l'estimation des paramètres de l'environnement [2].

Rapport-Gratuit.com

Le RSSI se base sur le fait que la puissance du signal radio diminue avec la distance ce qui nous amène au Path loss (en français perte de trajet) qui est l'atténuation que le signal va subir durant tout le chemin qu'il va parcourir entre deux points.

La formule mathématique du path loss est la suivante :

$$PL(d) = PL(d_0) + 10nlog\left(\frac{d}{d_0}\right) \qquad (2,1)$$

Ou *PL(d)* est la fonction du path loss par rapport à la distance mesurée en décibel, $PL(d_0)$ sur une certaine distance de référence proche du transmetteur, n est l'exposant de perte qui définit le taux ou cette perte va diminuer avec la distance, cette constante va dépendre des conditions environnementales et elle est souvent comprise entre 2.0 et 5.0

Avec le RSSI il nous sera possible de calculer la perte de propagation entre l'émetteur et le récepteur, en utilisant les modèles théoriques et empiriques. Cette perte va se traduire par une estimation de la distance, cette méthode est utilisée principalement pour les signaux RF.

Le pouvoir d'une vague de RF va être absorbé tout au long de son chemin à travers le médium, connaissant ce médium il sera possible d'estimer la distance traversée juste en connaissant l'atténuation du signal :

$$\frac{Ptrans}{Prcvd} = \frac{d^{\propto}}{c} \qquad (2,\ 2)$$

Cette équation nous dit que la distance est proportionnelle à la baisse de la puissance de transmission. Si nous devions arranger ou réaligner la formule (1,2) cela donnerait la formule suivante :

$$d = \sqrt[\propto]{c\frac{Ptrans}{Precvd}} \qquad (2,\ 3)$$

4.1 Résultat des travaux précédents

Les conclusions des nombreux travaux de recherches précédents concernant les performances du RSSI comme techniques de localisations ont permis de déterminer la nature instable des valeurs du RSSI qui est du à des effets d'absorbation, réflexion.

Ces effets font du RSSI un modèle plutôt douteux, d'autres études ont été faites sur les performances du RSSI à l'intérieur (in-door) et on en conclut que le RSSI tout seul n'offre vraiment pas une grande précision dans la localisation.

4.2 Etude théorique du RSSI

Nous parlons d'étude théorique car elle va nous permettre d'avoir une vue globale sur ce que va être l'envergure de notre travail, et sachant qu'un des points essentiel de ce projet est la couverture d'une zone indoor.

Pour se faire nous devons déployer nos capteurs dans des positions bien déterminées, car ces dernières vont effectuer une émission de façon continue des signaux à puissance déterminée.

Le capteur cible c.-à-d. celui dont nous cherchons à calculer la distance va capter le signal envoyer par l'émetteur ce qui permettra a l'autre de récupérer le RSSI correspondant à chaque signal. Il va ensuite pouvoir calculer les distances qui le séparent du sender à s'avoir le capteur qui aimait le signal perçu par l'autre.

Lors de notre travail nous avons pu mettre à jour certains avantages et inconvénients de cette technique de radio localisation qui est le RSSI, ci-dessous un tableau citant quelques uns :

La technique de localisation RSSI	Point fort	Point faible
- Puissance du signal reçue	- Technique simpliste -Technique low-Cost	- Faible précision théorique - Asymétrie (liens du réseau sont unidirectionnels) - Anisotropie importante.

Tableau 1: avantage et inconvénient du RSSI

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons une large présentation des systèmes de localisation dans les réseaux de capteurs sans fil, nous avons aussi évoqué la question de comment s'effectue la localisation dans les RCSF.

Ensuite nous avons abordé les deux familles des méthodes de localisation, à savoir les méthodes range-base et les méthodes range-free. Nous sommes arrivés à définir un des points clé de ce travail à s'avoir le RSSI.

Ce chapitre contient une série de définitions et aborde une projection sur une large initiation détaillée du RSSI.

Chapitre 3 : Les mécanismes de mise en œuvre de l'application

Introduction

L'objectif principal de notre travail de recherche à ce stade est l'élaboration d'un ensemble de scénarios et d'expérimentation qui nous permettrons d'évaluer les majeurs facteurs qui ont un impact sur le RSSI ainsi que sur la distance pour la localisation des nœuds dans les réseaux de capteurs sans fil.

Nous visons à clarifier certains points tels que l'évaluation de l'influence de l'environnement sur le RSSI et la distance à estimer. Pour ce faire nous allons utiliser une plateforme TinyOS ainsi que des capteurs TelosB et nous afficherons les résultats obtenus suite à une série de mesure.

1. Etude de l'environnement de travail

1.1 Outil matériel

Au cours de nos expérimentations nous serons confrontés à un capteur TelosB qui utilise le CC2420 (chipcon 2420) doté d'un **Microcontrôleur Msp430** avec une cadence de 8MHz ainsi que 10KOctet de RAM et de 48 KOctet de mémoire flash, il dispose aussi d'un ZigBee comme système de communication, ce microcontrôleur est élaboré afin d'optimiser le problème d'économie d'énergie dans les réseaux de capteurs et de là on en déduit son faible cadencement, ce qui le rend très limité dans sa capacité de calcul ; ce dernier est un émetteur-récepteur élaboré par The Texas Instruments.

- Notre capteur est aussi équipé d'un **Port USB** permettant de programmer (flasher) les capteurs, ou de faire remonter des informations et de les récupérer ensuite à l'aide d'un terminal à partir d'un ordinateur [11], ainsi que d'un **LED** qui est outil visuel indispensable de vérification du fonctionnement du code intégré. Chaque capteur dispose de trois LED (rouge, vert et bleu), ces derniers permettent de suivre le changement d'état de fonctionnement du capteur (réception, envoi, etc.) avec une programmation adéquate [11].

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Ces capteurs offrent une compatibilité avec la distribution open-source de TinyOs et sont alimentés par deux piles AA (1.5 V).

Figure 12: Vue d'en haut d'un capteur Telosb

Figure 13: Vue latérale d'un capteur Telosb

Au cours de nos expérimentations nous avons eu besoin d'un Ordinateur, le PC utilisé est un ACER doté d'un processeur i3.

1.2 Outil logiciel

Afin d'avoir pu effectuer les tests nécessaires pour le développement de notre application nous avons eu besoin de différents logiciels chacun correspondant à une étape de développement de notre application.

Pour ce faire nous avons utilisé Ubuntu 9.10, langage NesC dans le système d'exploitation TinyOS2.x.

- *TinyOs* : Est le système d'exploitation que nous avons utilisé, il est open-source développé et conçu par l'université de Berkeley. Il est destiné aux réseaux de capteurs du fait de leurs faibles capacités de mémoire, les capteurs ne peuvent supporter un système d'exploitation lourd comme windows ou linux.

TinyOs dispose d'une architecture basée sur une association de composants ce qui permet la réduction de la taille du code nécessaire à sa mise en place.

TinyOs a une ossature événementielle concernant la gestion des taches, car il ne devient actif que lorsque certains événements apparaissent, mais la majorité du temps le capteur se met en état de veille ce qui offre un atout majeur pour l'économie de batteries. Il reste néanmoins compatible avec plusieurs systèmes d'exploitation et utilise NesC comme langage de programmation.

- *Le langage NesC :* Le langage NesC (network Embedded system C) est un dialecte de C basé sur des composants. NesC est orienté pour satisfaire les exigences des systèmes embarqués.

De plus, il supporte un modèle de programmation qui agrège l'administration des communications, les concurrences provoquant les tâches et les événements ainsi que la capacité de réagir par rapport à ces événements. NesC réalise aussi une optimisation dans la compilation du programme, en détectant les carrières possibles de données qui peuvent produire des modifications concurrentes au même état, à l'intérieur du processus d'exécution de l'application. Une carrière de données se produit quand plus d'un fils peuvent simultanément accéder à la même section de mémoire (concurrence d'accès mémoire entre threads), et quand au moins l'un des accès est un "write". NesC simplifie aussi le développement d'applications et réduit la taille du code [12].

2. Etude de la démarche du travail

2.1 Présentation théorique du calcul du RSSI

Nous allons étudier un modèle permettant de démontrer que la puissance du signal reçue diminue selon la nature et la configuration du milieu que le signal va traverser.

Des études ont montré théoriquement que le RSSI (Puissance du signal reçue) décroit avec l'augmentation de la distance parcourue et ceci selon l'équation suivante :

$$RSSI = -(10 * n * \log d + A) \quad (3.1)$$

Sachant que :

- n : Constante de propagation du signal.
- d : distance entre l'émetteur et le récepteur.
- A : Puissance du signal reçue à une distance de 1 mètre.

Le chipcon CC2420 va calculer le RSSI sur plusieurs périodes et va stoker les résultats dans le registre RSSI.RSSI_VAL. Texas Instruments nous donne la formule qui suit pour nous permettre de calculer la puissance (P) du signal reçu en dBm:

$$P = RSSI_{VAL} + RSSI\_OFFSET[dBm] \qquad (3, 2)$$

La valeur empirique de *RSSI_OFFSET* du CC2420 se situe approximativement à – 45dBm.

- La variation de la sensibilité du receveur a un impacte sur les résultats.

En effet comme nous l'indique la formule (3,1) le résultat est seulement une approximation, et il dépend fortement de certains facteurs cités précédemment.

Dans notre cas nous cherchons à estimer la distance à partir de la puissance du signal reçu à savoir le RSSI, ainsi de la formule précédente, on en déduit la formule qui suit :

$$d = 10^{((ABS(RSSI)-A)/10*n)} \qquad (3.3)$$

L'augmentation de la puissance reçue aboutit à une augmentation du RSSI, de ce fait en théorie la relation entre la puissance du signal émis et la distance que le signal a parcouru est exponentielle ; mais dans la pratique ceci s'avère être moins parfait qu'en théorie.

En effet la perfection du signal reçu est inenvisageable, car la propagation du signal radio est perturbée par beaucoup d'éléments extérieurs. Car il faut savoir que durant sa propagation le signal réfléchit sur des obstacles tels que les murs, les meubles et même les personnes qui passent dans le champ d'émissions des capteurs. Ce qui fait que n'importe quel changement de la configuration dans ce champ conduira à une nouvelle valeur du RSSI.

Dans l'interprétation des résultats obtenus nous avons aussi pris en considération que, le niveau des batteries des différents capteurs a un impact direct sur la puissance du signal émis et donc influence le RSSI calculé.

3. Méthodologie de conception

Dans cette partie du projet nous mettons en place la partie pratique de notre travail et pour ce faire nous avons utilisé une configuration bien précise dans la collecte des valeurs du RSSI.

Pour la réalisation de notre application nous avons utilisé un capteur relié à l'ordinateur via un port USB qui joue le rôle d'une station de base (Receiver) ainsi qu'un autre capteur que nous allons déplacer qui est le (Sender).

3.1 Architecture du réseau

Les deux capteurs TelosB communiquent entre eux à travers une liaison sans fil et la station de base communique avec l'ordinateur via le port USB a travers une connexion Serial.

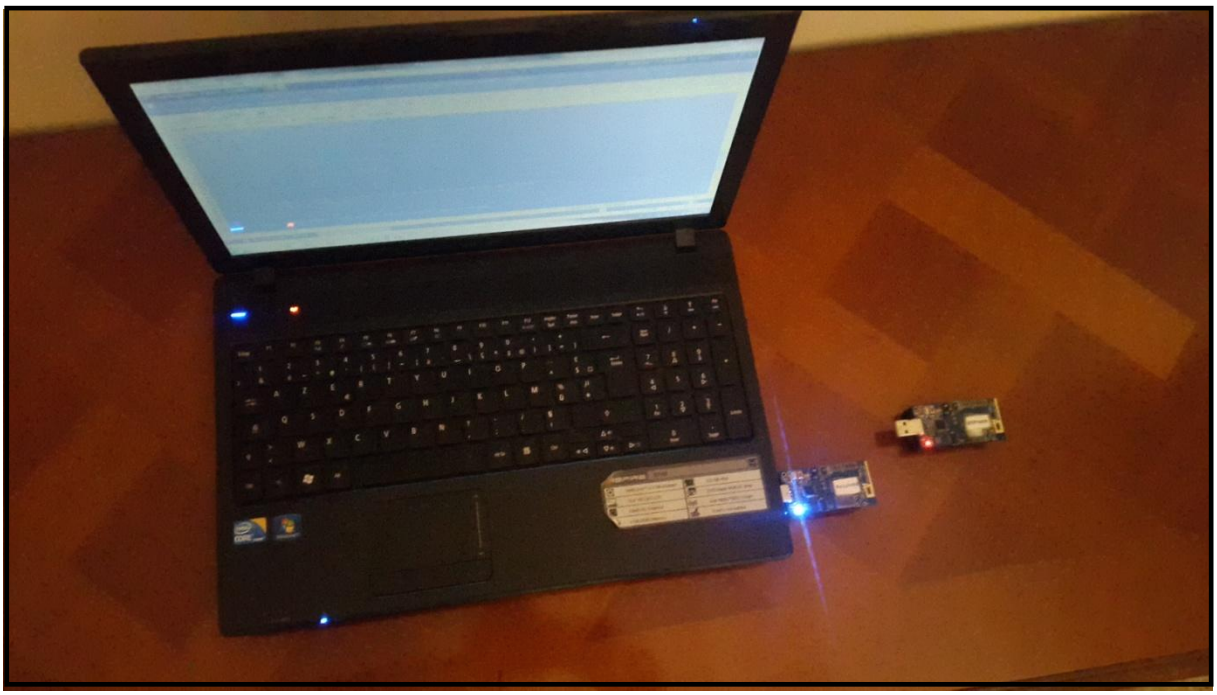


Figure 14: Image représentative de notre réseau de capteurs

Nous avons deux types de capteurs, un nœud de base (Receiver) c.-à-d. celui qui reçoit et un nœud (Sender) qui envoit. Le nœud Receiver que nous appellerons station de base va nous permettre de faire la collecte de données transmises par le nœud expéditeur (Sender) ainsi que le calcul de la distance.

- Le capteur émetteur est flashé avec le programme Sender, la figure qui suit illustre la documentation de ce dernier :

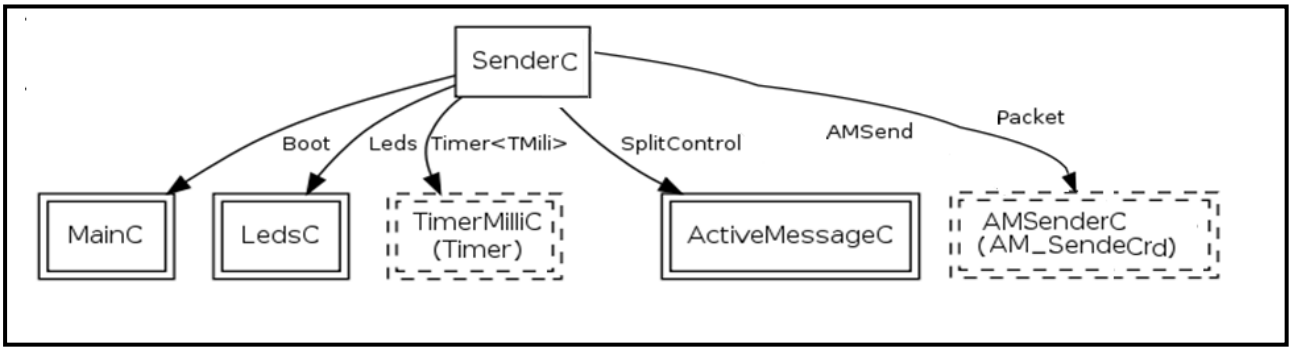


Figure 15: Représentation graphique des composants du programme Sender

Les interfaces utilisées par ce programme sont :

- **Boot :** permet d'initialiser tous les composants au démarrage, elle est fournie par la configuration MainC qui est le cœur du programme.
- **Leds :** utilisées pour la manipulation des leds, fournie par LedsC.
- **Timer<TMilli> :** c'est une interface de synchronisation qui permet de gérer le timer d'émission, de round et d'allumage des leds.
- **SplitControl :** utilisée pour l'émission radio fournie par la configuration.
- **AMSend :** pour l'envoi du paquet.
- **ActivemessageC :** permet l'accès à la liaison sans fil et l'encapsulation des messages qui pourront être ensuite envoyés via la liaison sans fil.
- **Packet :** pour accéder aux données du message.
  - Le capteur Station de base est flashé par le programme Receiver la figure15 illustre la documentation de ce programme.

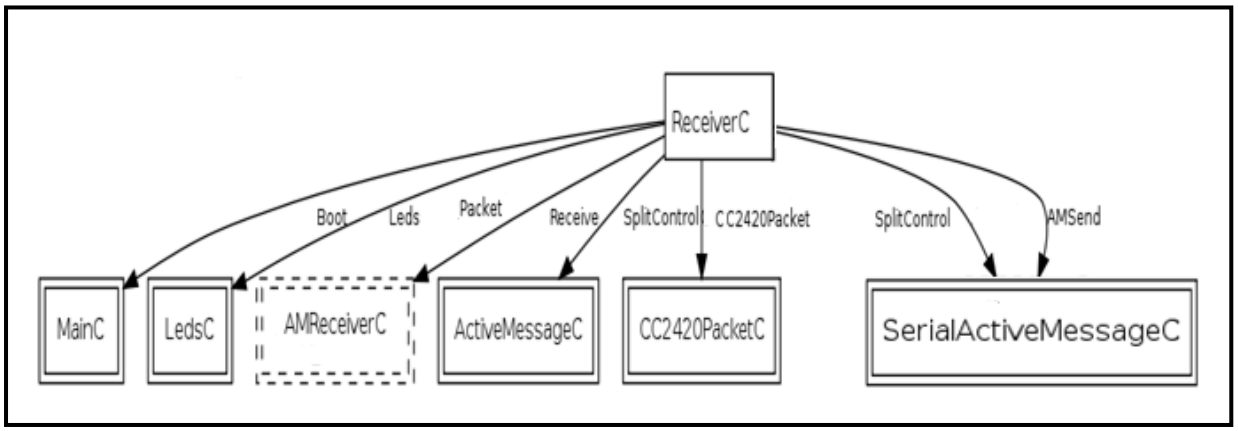


Figure 16: Représentation graphique des composants du Programme Receiver

Ce programme utilise les mêmes interfaces de base que le programme Sender excepté :

- **CC2420Packet :** c'est une interface pour calculer la puissance du signal entre deux nœuds.
- **SerialActiveMessageC:** permet l'accès à la liaison filaire et l'encapsulation des messages qui pourront être ensuite envoyés via la liaison série.

3.2 Les éléments constitutif de l'application

A présent nous allons détailler le rôle de chaque composant de notre application qui sont le Sender et la station de base.

3.2.1 Propriété du module émetteur : Tout d'abord il va commencer à envoyer périodiquement des paquets à la station de base avec un intervalle de 1500 millisecondes et ceci quand l'initialisation de l'émetteur se fait correctement.

Le composant ActivMessagC va être utilisé ; le pacquage doit contenir l'adresse de l'émetteur et du récepteur ainsi que le type du paquet

En effet pour nos essais nous enverrons des paquets vides car le contenu du paquet n'a pas grande valeurs ici nous visons à mesurer l'efficacité ainsi que la fiabilité de la métrique de mesure RSSI. Apres avoir bien reçu le paquet content la valeur du RSSI nous pourrons alors commencer l'estimation de la distance afin de vérifier la fiabilité de la puissance du signal reçu.

A la réception la station de base sera capable de détecter la valeur du RSSI, et à partir de la valeur reçue le calcul de la distance se fera en utilisant la formule (3.1) c'est ainsi qu'est structuré notre réseau.

3.2.2 Propriété du module Receiver ou Station de base : La station de base va jouer ce rôle en théorie, car elle permet la coordination entre deux points stratégiques, elle va servir de pont entre elle-même et l'émetteur.

En effet la station de base va réceptionner les paquets, cette bonne réception se manifeste par l'allumage de différents leds et ceci tout au long du processus de transmission.

Une fois le paquet bien reçu nous calculerons la valeur du RSSI en utilisant la commande suivante :

Rapport-Gratuit.com

Call CC2420Packet.getRssi(msg)-45

La station de base reçoit les informations envoyées par le Sender via la liaison radio ensuite elle envoie ses informations collectées au PC via la liaison série.

Nous avons développé une partie de notre programme coté java car le TinyOs n'offrant pas la capacité de calcul dont nous avions besoin pour l'estimation de la distance, nous sommes passés au java et ceci au niveau de la station de base.

Notre programme java est capable de recevoir et d'afficher le RSSI calculé mais aussi d'effectuer les opérations de calculs nécessaire à l'estimation de la distance a la réception de chaque paquet. Afin que le programme java puisse interpreter les informations provenant du capteur il faut impérativement connaitre le contenu du fichier **« Message.h ».**

Le **MIG** (Message Interface Generator) est un outil fournit pas TinyOs il est capable d'assimiler un **« fichier.h »** et de convertir toute ces structures en classes java qui disposent des méthodes nécessaires nous permettant l'accès aux valeurs des attributs.

L'appel de cet outil se fait à partir du « **Makefile »** contenu dans le Receiver ; Son appel prend la syntaxe suivante:

mig java –target=null $ (CFLAGS) –java-classname=PositionMsg Message.h Position–Msg-o $@

La commande qui permet l'affichage de notre programme est la suivante :

Java MsgReader

Cette commande sera exécutée en mode console.

3.3 Scénarios d'expérimentation du TestBed

Nous avons envisagé plusieurs cas de figures qui se déroulent dans différents environnements afin de mieux cerner les influences extérieures qui viennent perturber les résultats du RSSI.

3.3.1 Expérimentation en environnement OutDoor

Cette dernière va nous permettre de mesurer les variations enregistrées à l'extérieur selon deux variantes :

- ***Scénario1 :*** Test réalisé à l'extérieur en espace entouré de bâtiments

Le premier test a été effectué à l'extérieur, dans un espace en plein air entouré de bâtiments. Pour toutes les expériences nous avions un axe de vue clair entre l'émetteur et la station de base ; la station de base est fixe et le Sender se déplace.

Nous avions placé les capteurs Telosb sur des petits bans afin qu'ils soient sur la même hauteur et dans la même position horizontale ; les scénarios exacts de réalisation apparaissent dans les figure18 et figure21.

RSSI (dBm)	Distance estimée (mètre)	Distance réelle (mètre)
-82	1,3	1
-88	2,5	2
-90	3,2	6
-9e1	3,5	3
-91	3,5	7
-93	4,5	8
-93	4,5	10
-94	5	4
-94	5	5
-94	5	9

Tableau 2: Tableau des résultats du test du scénario1 Outdoor

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

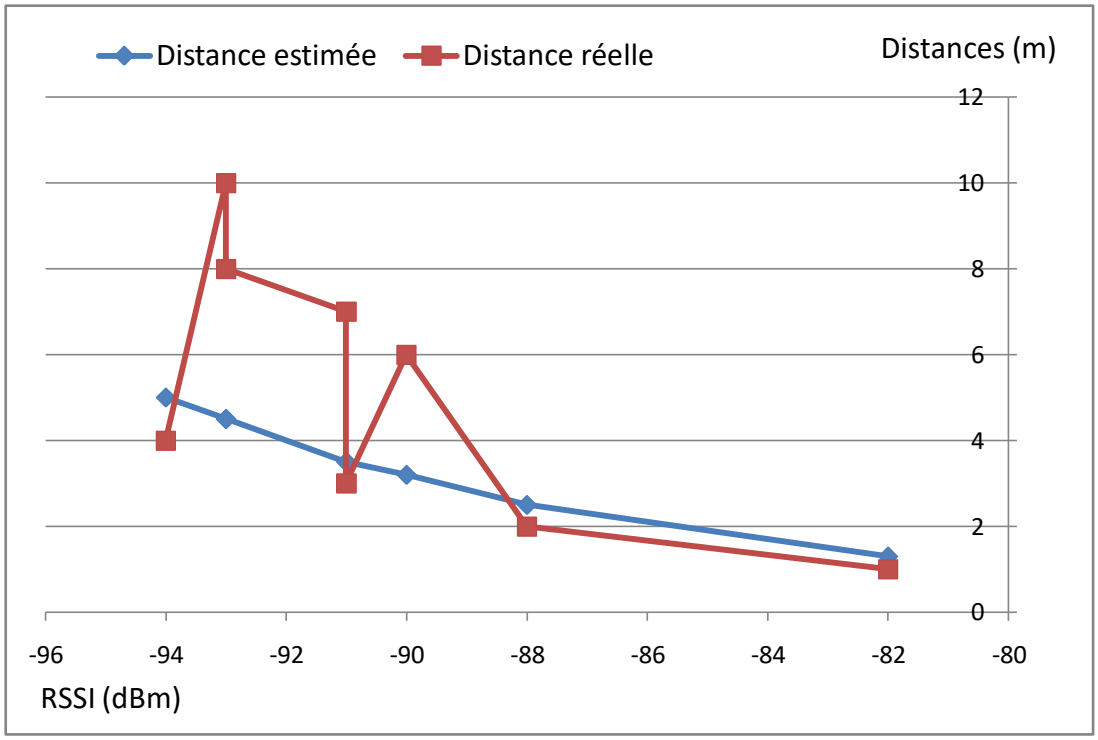


Figure 17: Graphe des résultats du test du scenario1 Outdoor

- *Discussion :*

En environnement Outdoor les valeurs du RSSI ont été enregistrées à chaque 1 mètre. Apres avoir relevé toutes les valeurs nous les avons tracé dans des graphes figure 17, figure 19.

Entre 1 et 2 mètres le RSSI oscille entre -82 et -88dBm et dans l'intervalle de 3 à 10 mètres il connaît une variation de -90 a -94dBm.

Dans les scénarios Outdoor nous sommes allés jusqu'à 10 mètres.

Nous remarquons que dans un environnement Outdoor avec bâtiments, la distance estimée par le RSSI est sensiblement conforme à la distance réelle dans un cadre rapproché. Cependant nous notons une différence significative dans les résultats du RSSI au fur et à mesure de l'éloignement.

Cette différence s'explique par les interférences que subit le signal soit en se réfléchissant sur les murs, soit par la modification de la puissance du signal obtenus par les petites brises de vent.

Nous prenons aussi en considérations qu'il peut y avoir des perturbations causées par des erreurs de manipulation et ceci s'applique aux différents tests réalisés.

- ***Scénario2 :*** Test réalisé en plein air raz campagne

Figure 18: Réalisation d'un scénario en Outdoor

RSSI (dBm)	Distance estimée (mètre)	Distance réelle (mètre)
-90	3,2	1
-93	4,5	3
-93	4,5	8
-94	5	2
-94	4	5
-94	5	5
-94	5	9
-95	5,6	6
-95	5,6	10
-96	6,3	7

Tableau 3: Tableau des résultats du scénario2 en plein air

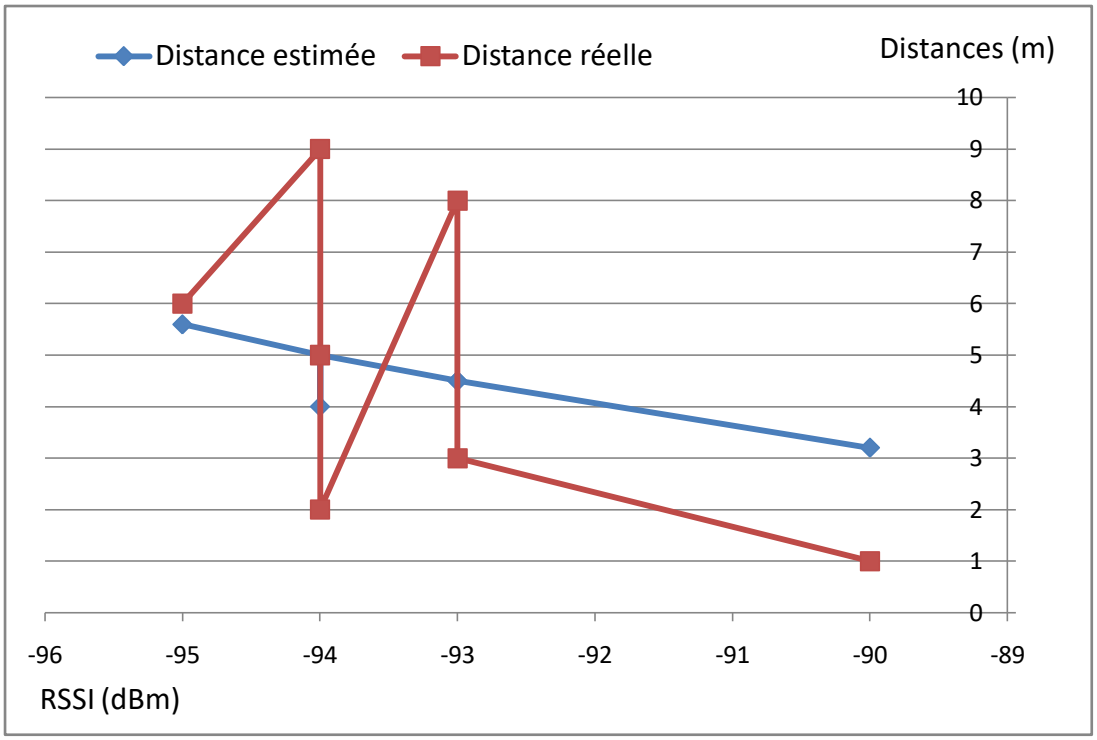


Figure 19: Graphe des résultats réalisé Outdoor en plein air

- *Discussion :*

Lors de ce test en environnement Outdoor, sans aucuns bâtiments aux alentours nous constatons que les distances estimées en fonction du RSSI ont subi des variations dues essentiellement au souffle de vents car il n'y avait aucun autre obstacle (arbres ou autres) pouvant modifier la qualité de la puissance du signal reçue.

Nous notons également que les RSSI prennent des valeurs similaires à des distances différentes.

Ceci laisse pensé que les RSSI est très sensible aux phénomènes extérieurs qu'il soit naturel ou matériel.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

3.3.2 Expérimentation en environnement InDoor

- ***Scénario1 :*** Test réalisé à l'intérieur d'un bâtiment doté de wifi et en présence d'un micro-ondes.

RSSI (dBm)	Distance estimée (mètre)	Distance réelle (mètre)
-83	1,4	0,5
-88	2,5	1,5
-89	2,8	1
-91	3,5	2,5
-92	4	3,5
-93	4,5	2
-94	5	4
-95	5,6	5

Tableau 4: Tableau des résultats du scénario1 Indoor dans avec wifi et micro-ondes

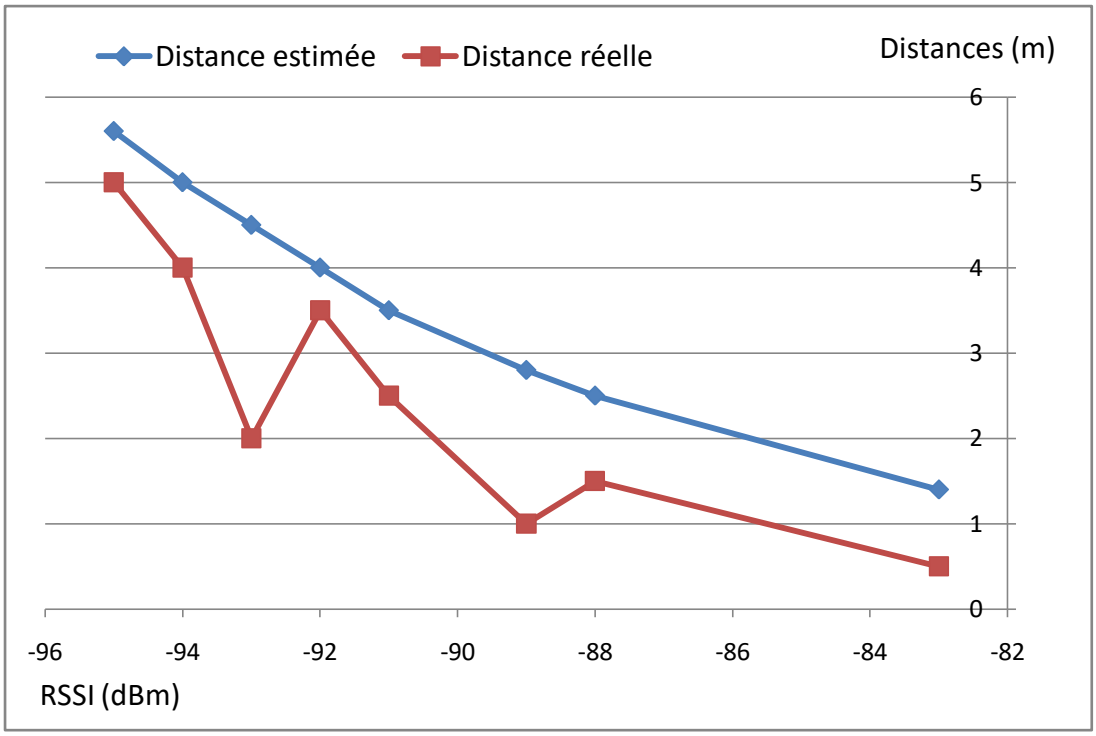


Figure 20 : Graphe des résultats du scénario Indoor avec wifi et micro-onde

- ***Scénario2 :*** Test réalisé dans une pièce sans un réseau wifi et sans micro-ondes

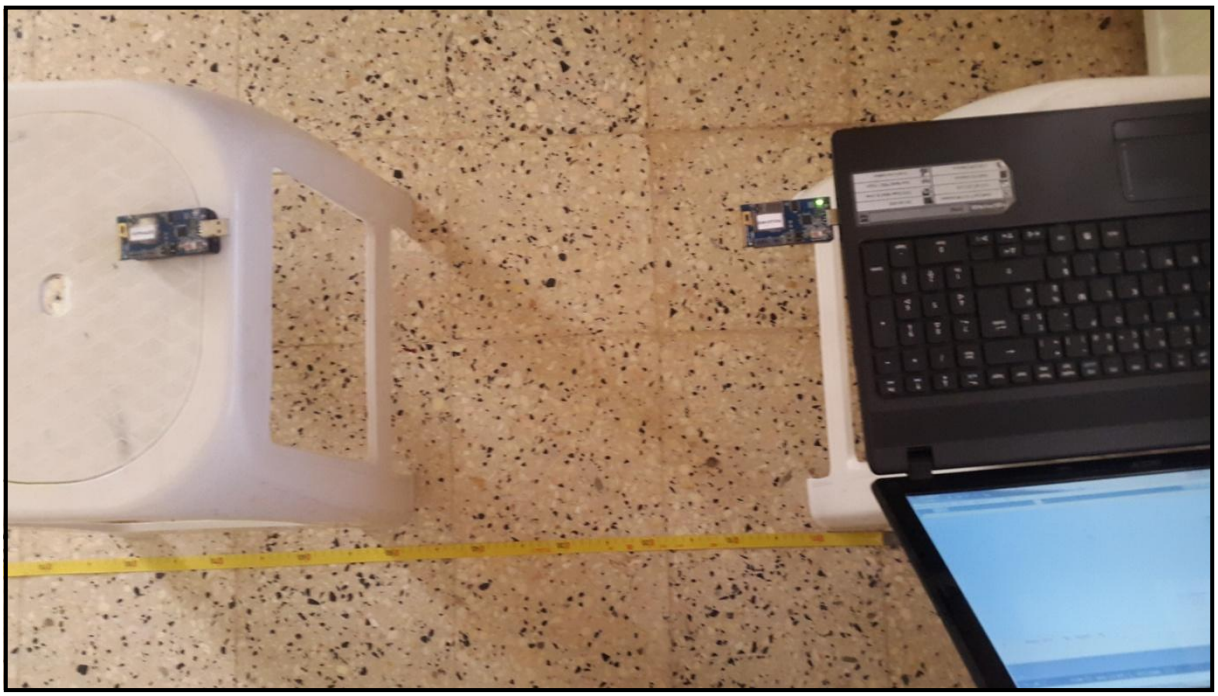


Figure 21: Réalisation d'un scenario Indoor

RSSI (dBm)	Distance estimée (mètre)	Distance réelle (mètre)
-84	1,6	0,5
-88	2,5	1
-89	2,8	1,5
-89	2,8	2
-89	2,8	4
-90	3,2	2,5
-91	3,5	4,5
-92	4	3
-95	5,6	3,5
-95	5,6	5

Tableau 5: Résultats d'un test Indoor sans wifi ni micro-ondes

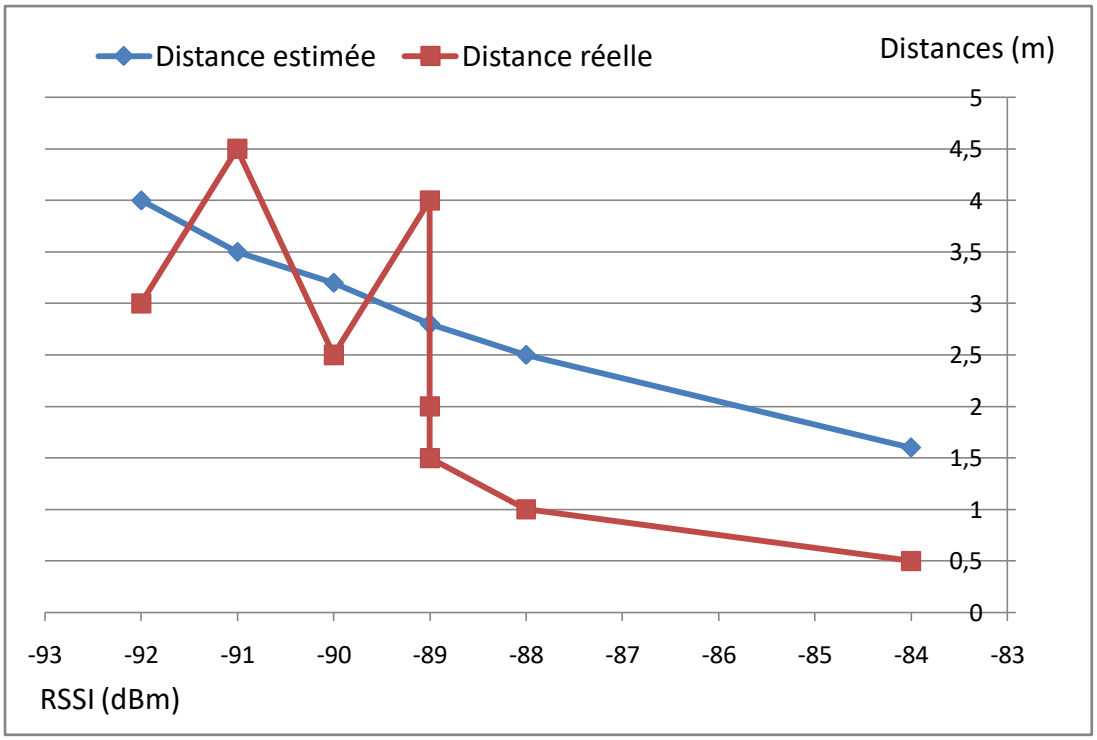


Figure 22: Graphe des résultats d'un test en Indoor sans wifi ni micro-ondes

- *Discussion :*

Dans ces deux cas de figures en Indoor nous avons réalisé des tests dans le même endroit en faisant influer des appareils microonde et modem wifi.

Dans un souci de précision nous avons pris les valeurs du RSSI entre 0.5m et 5m à intervalle de 0.5m. Les deux graphes précédents illustrent parfaitement cette démarche .figure21 et figure22.

Nous remarquons que le signal oscille entre -83 et -95dBm, ainsi nous avons noté des résultats différents selon la mise en fonction ou non des appareils précités.

Lors de la mise en service de ces appareils nous remarquons que les interférences causées par leurs fonctionnements ne modifient pas beaucoup le RSSI car la distance estimée se rapproche de la distance réelle.

Nous constatons un rapprochement des courbes dans le scénario 1 par rapport au scénario 2. Concernant le scénario2 nous remarquons aussi qu'une pièce fermée idéale pour la réflexion du signal, engendre un problème car nous constatons que les valeurs du RSSI sont très altérées ce qui nous donnent en résultats des distances estimées tres éloignées de celle réellement mesurées.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté tous les environnements de développement que nous avons utilisé a s'avoir TinyOs, langage NesC et le langage java. Par la suite nous nous sommes penchés sur une étude théorique puis pratique du RSSI.

Pour conclure nous dirons qu'avec cette méthode les erreurs de localisation vont avoir une marge de quelques mètres, avec bien sur des erreurs qui vont être plus importantes en indoor qu'en plein air en raison de la réflexion sur les obstacles ainsi que les chemins multiples qui influent largement sur la propagation du signal ; ce qui nous permet de dire que les estimations de la distance en théorie et en pratique vont donner des résultats approximatifs voir différents.

CONCLUSION GENERALE

Aux cours des ces dernières années les réseaux de capteurs ont été une avancée technologique clef en raison de leurs grand potentiel. Ces derniers constituants un vaste domaine de recherche comportent encore beaucoup de problématiques en particulier dans le domaine de la localisation. Notre projet de fin d'étude s'inscrit dans ce cadre particulier.

Lors de notre travail nous avons effectué une étude exhaustive sur la puissance du signal reçu RSSI et ceci en étudiant la relation existante entre le RSSI et la distance. En théorie il existe plusieurs modèles capables de calculer la distance à partir du RSSI, cela a été le sujet de notre travail et que nous avons mis en pratique au travers de plusieurs scénarios, qui se déroulent dans différents environnements.

Pour ce faire nous avons réalisé plusieurs tests et relevé les valeurs du RSSI, ces dernières nous ont permis de déterminer la distance. En nous basant sur les résultats du TestBed nous sommes aptes à dire que les résultats obtenus en Indoor sont assez cohérents.

En parallèle nous avons démontré les failles du RSSI qui s'ait avéré être une valeur instable perturbée par les influences extérieures. Par contre les valeurs mesurées en Outdoor montrent un peu plus de fiabilité (au cour des 5 premiers mètres).

Pour conclure nous dirons que grâce aux RSSI nous sommes en mesure d'obtenir des distances plus au moins correctes avec une marge d'erreur de quelques mètres.

Enfin nous dirons que le RSSI peut être utilisé pour une localisation simple dans les réseaux de capteurs sans fil. Toute fois pour une plus grande précision il est nécessaire d'ajouter en complément d'autres paramètres.

Rapport-Gratuit.com

Bibliographie

[1] Y.Challal, Réseaux de Capteurs Sans Fils, Support de cour, 2008

[2] E.M Barbosa Nogueira, Conception d'un système d'antennes pour la localisation en temps réel avec réseau de capteurs sans fil, Thèse de doctorat, 2013

[3] L. Konrad et al., « Sensor networks for emergency response: Challenges and opportunities », IEEE Pervasive Computing, 2004, Vol. 3(4), pp.16-23.

[4] Michael Fitzgerald. Technnology review tracking a shopper's habits. Technology Review. [En ligne], 4, 2008.

[5] Philippe Berger, Les capteurs, Support de cours, 2010

[6] Yaser Youcef, Routage pour la gestion de l'énergie dans les réseaux de capteurs sans fil. Computer Science. Université de Haute Alsace - Mulhouse, 2010

[7] David Martins, Sécurité dans les réseaux de capteurs sans fil Stéganographie et réseaux de confiance, Thèse de doctorat, Université de Franche-Comté, 2010

[8] Labraoui Nabila, La Sécurité dans les réseaux sans fil Ad Hoc, Université de Tlemcen, Thèse de doctorant, 2012

[9] Pèches et océan Canada Garde Côtière, Introduction au GPS et DGPS, Canada, 2000

[10] Langendoen, K. and REIJJERS N.: « Distributed localization in wireless sensor networks: a quantitative comparison », Computer Networks, 2003, Vol. 43(4), pp. 499–518.

[11] Gérard C. : « Les réseaux de capteurs sans fil », Complexe scientifique des Cézeaux , Clermont Université, Vol. 6, pp. 4.

[12] Cedric Bastien, « developpement d'un outil permettant le suivi d'un objet mobile », projet de fin d'etude, 2008.

[13] Sahraoui Belkheyr, « La Géo-localisation dans les Réseaux de Capteurs sans Fil », mémoire de fin d'étude d'ingéniorat, Université de Tlemcen, 2011.

[14] Brahimi Sabiha, Akbi leyla, « Implémentation et évaluation des performances d'un algorithme de localisation basé sur la connectivité des nœuds dans les réseaux de capteurs », mémoire de fin d'étude de master, Université de Tlemcen, 2016.

[15] Djiral Amina, « Implémentation et évaluation de l'algoriyhme de localisation « centorid »dans les réseaux de capteurs sans fil », mémoire de fin d'études de master, Université de Tlemcen, 2015.

[16] Fares Abdelfatah, « Développement d'une bibliothèque de capteur sans fil », Diplôme de master en informatique, université Montpellier 2, avril 2008.

[17] Abdelah Makhoul : « Réseaux de capteurs : localisation, couverture et fusion de données. » Thèse de doctorat,Université de franche-comté , 2008.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

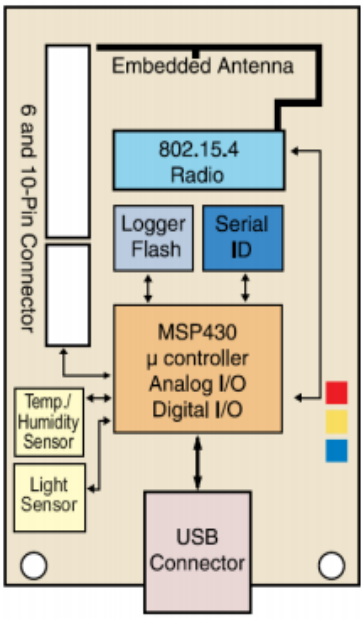
Annexe 1

- **Présentation d'un capteur TelosB**

L'Anatomie d'un capteur de type TelosB est la suivante :

Processeur :

- TI MSP430
- 8 MHz
- 10kB RAM



Transmission :

- IEEE 802.15.4 (ZigbBee)
- 250 Kbps (Bande 2.4-2.4835 GhZ)
- Antenne intégrée

Flash :

- 1 MB

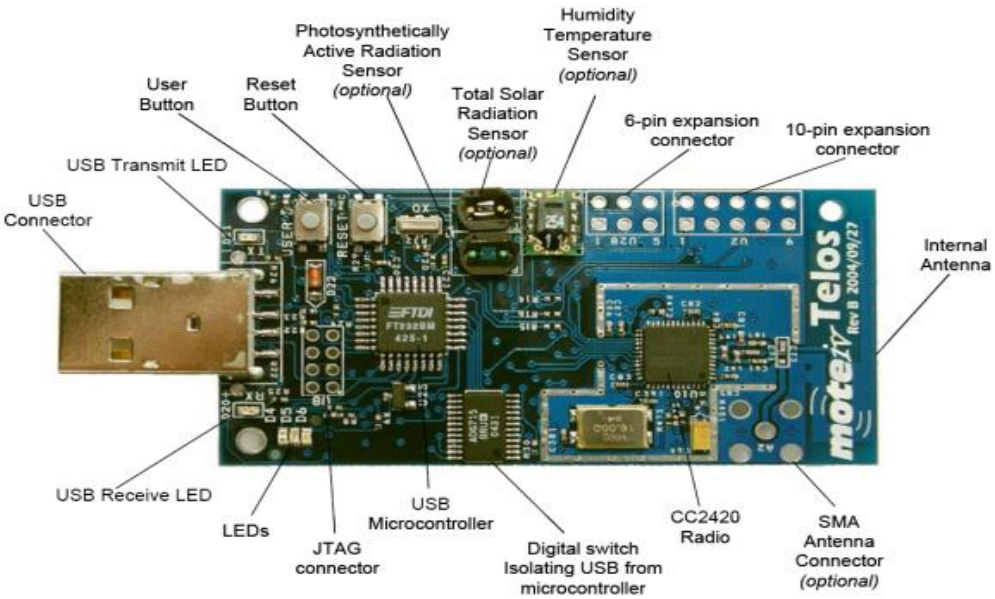
Sensor :

- Lumière
- Température
- Humidité

Système :

- TinyOS

- **Présentation des composants d'un capteur TelosB**



- **Présentation du système de communication du capteur Zigbee et IEEE 802.15.4**
  - IEEE 802.15.4 (couches 1 et 2):

- CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with collision avoidance).

- Three bands, 27 channels specified :

  - ✓ 2.4 GHz: 16 channels, 250 kbps.
  - ✓ 868.3 MHz : 1 channel, 20 kbps.
  - ✓ 902-928 MHz: 10 channels, 40 kbps.
    - „ Destiné aux environnements:
  - „ Faible consommation d'énergie, sensors, remote monitoring, équipements électroniques portables

Annexe2

Voici quelques éléments du code source de notre application

Code source du SenderAppC

```
configuration SenderAppC {

}

implementation {

  components MainC;

  components LedsC;

  components SenderC as App;

  components new TimerMilliC() as Timer0;

  components ActiveMessageC;

  components new AMSenderC(AM_SENDER);

   App.Boot -> MainC;

  App.Leds -> LedsC;

  App.Timer0 -> Timer0;

  App.Packet -> AMSenderC;

  App.AMPacket -> AMSenderC;

  App.AMControl -> ActiveMessageC;

  App.AMSend -> AMSenderC;

}
```

Code source du SendC

```
module SenderC {
  uses interface Boot;
  uses interface Leds;
  uses interface Timer<TMilli> as Timer0;
  uses interface Packet;
  uses interface AMPacket;
  uses interface AMSend;
  uses interface SplitControl as AMControl;
}

typedef nx_struct RssiMsg{
   nx_uint16_t rssi;
 } RssiMsg;
  event void Boot.booted() {
    call AMControl.start();
  }

event void AMControl.startDone(error_t err) {
    if (err == SUCCESS) {
call Leds.led0On();
      call Timer0.startPeriodic(1500);
//call Timer0.startOneShot(1500);
    }
.
.
.
```


Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

```
event void Timer0.fired() {
call Leds.led1On();
   counter++;
   if (!busy) {
    ReceptMsg * btrpkt =
          (ReceptMsg *)(call Packet.getPayload(&pkt, sizeof(ReceptMsg )));
     if (btrpkt == NULL) {
          return;
     }
```

Code source du ReceiverAppC

```
configuration ReceiverAppC{}
implementation{
  components MainC, LedsC;
  components ReceiverC as App;
  components ActiveMessageC;
  components SerialActiveMessageC as AM;
  components CC2420PacketC;


  App.Boot -> MainC.Boot;
  App.Leds ->LedsC.Leds;
  App.Packet ->AM;
  App.AMSend -> AM.AMSend[AM_SENDER];
  App.Receive -> ActiveMessageC.Receive[AM_SENDER];
  App.AMControl -> ActiveMessageC;
  App.SerialControl -> AM;
  App.CC2420Packet -> CC2420PacketC;
}
```

Code source ReceiverC :

```
/* ---------------------------------------------
* Définition des Interfaces
* Boot Démarrage
* Leds Gestion des leds
* AMControl Contrôle interface radio
* Interfaces emission et réception trames
* ---------------------------------------------*/
module ReceiverC {
uses interface Boot;
uses interface Leds;
/* Modules d'émission radio */

uses interface SplitControl as AMControl;
uses interface SplitControl as SerialControl;
uses interface Packet;
uses interface AMSend;
uses interface CC2420Packet;

/* Modules de reception msg */

uses interface Receive ;
}

implementation {
/* ---------------------------------------------- */
    /* Définition des variables */
```

```
/* ---------------------------------------------*/
uint16_t x;
uint16_t rssig;
message_t pktcr,pktrep;
bool busy = FALSE;
/*
~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
*/


  /*  BOOT: Démarrage de la radio */


/*
~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
*/
event void Boot.booted() {
call AMControl.start();
call SerialControl.start();
call Leds.led0On();
}


event void AMControl.startDone(error_t err) {
if (err != SUCCESS) {
call AMControl.start();
}
}



event void AMControl.stopDone(error_t err) {
}
```

```
 event void SerialControl.startDone(error_t err){
     if(err != SUCCESS){
      call SerialControl.start();
    }
  }

 event void SerialControl.stopDone(error_t err){}
                                          .
                                          .
                                          .
                                          .

/*
~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
*/
      /* Contrôle si la trame Reponse est bien envoyée */
/*
~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
*/
event void AMSend.sendDone(message_t* msg, error_t error) {
if (&pktrep == msg) {
busy = FALSE;
call Leds.led2On();

}
}
/* Fin implementation */
}
```

Rapport-Gratuit.com