REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA
FACULTE DES SCIENCES

Département de mathématique et informatique



Mémoire

Pour obtenir le diplôme de Master
EN MATHEMATIQUE
Spécialité : RECHERCHE OPIRATIONELLE

Thème :

Le fonctionnent optimal du réseau de capteurs sans fil sous la variation de la température par triangulation

Présenté par :

Chouli Imane

Devant le jury composé de :

Mr. K. Tablannhas	**M.A.A U.D.Y.F-Médéa**	**Président**
Mr. A. Gagui	**M.A.A U.D.Y.F-Médéa**	**Promoteur**
Mr.M.Zemir	**M.A.A U.D.Y.F-Médéa**	**Examinateur 1**
Mr.R. mazari	**M.A.A U.D.Y.F-Médéa**	**Examinateur 2**

REMERCIMENT

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à : ALLAH le tout puissant de m'avoir accordé la force et les moyens afin de pouvoir accomplir ce mémoire.

Mon encadreur monsieur GAGUI ALI pour ses conseils et orientations ainsi que ses contributions à l'élaboration de ce mémoire.

Tous les enseignants de département de Mathématiques et Informatique à l'université de MEDEA pour leur encadrement tout au long de mes cinq années de formation.

Tous ceux et celles qui m'ont aidée de près ou de loin à l'accomplissement de ce mémoire.

Mes grands remerciements aussi á l'équipe de département de mathématique et informatique ainsi que les

Membres de jury qui ont pris la peine d'évaluer mon travail

DEDICACE

Je dédie ce mémoire
A mes chers parents, Pour leur patience, leur amour, leur soutien et leurs encouragements.

A mes frères
(Abd El Kader et Abd El Karim).

A ma Sœur
(Amira).

A mon mari
« Mouloudj ammar»

A tous ma familles
Sans oublier tous les professeurs que
Ce soit du primaire, du moyen,
Du secondaire ou de L'enseignement supérieur.

Chouli imane

Resume

Dans ces dernières années, les progrès de la technologie sans fil ont permis d'innover de petits capteurs à faible consommation d'énergie appelés «nœud» .Un réseau de capteurs sans fil RCSF consiste en un certain nombre de capteurs travaillant ensemble pour surveiller une entité donnée (par exemple zone, barrière, point d'intérêt).

Les principales fonctionnalités de un nœud est : détecter l'environnement et rapporter les données qu'il recueille à un nœud appelé le puits. Par conséquent, la tâche de surveillance dépend de deux problèmes majeurs : connectivité et couverture.

Ce rapport se concentre sur le déploiement de nœuds : Un déploiement optimal est un déploiement qui assure une couverture complète et maintient la connectivité réseau de l'entité surveillée tout en utilisant un nombre optimal de capteurs. Pour obtenir un tel déploiement. Nous proposons plusieurs algorithmes de déploiement autonomes, basés sur la triangulation de Delaunay et arbre couvrant stratégie pour surveiller les zones 2D et 3D. Les objectifs à atteindre sont : optimiser le nombre de nœud ce qui influent sur la durée de vie de réseau.

Abstract

In recent years, advances in wireless technology have led to the innovation of small, low-power sensors known as "nodes." A network of wireless RCSF sensors consists of a number of sensors working together to monitor a number of sensors. given entity (eg zone, barrier, point of interest).

The main features of a node are: to detect the environment and to report the data it collects to a node called the well. Therefore, the monitoring task depends on two major problems: connectivity and coverage.

This report focuses on node deployment: An optimal deployment is a deployment that provides full coverage and maintains the network connectivity of the monitored entity while using an optimal number of sensors. To get such a deployment. We propose several autonomous deployment algorithms, based on the Delaunay triangulation and tree covering strategy to monitor the 2D and 3D areas. The objectives to be achieved are: optimize the number of nodes which affect the network lifetime.

ملخص

في السنوات الأخيرة ، أدت التطورات في التكنولوجيا اللاسلكية إلى ابتكار أجهزة استشعار صغيرة منخفضة الطاقة تعرف باسم "العقد". تتكون شبكة اللاسلكية من عدد من أجهزة الاستشعار التي تعمل معًا RCSF مستشعرات لمراقبة عدد من أجهزة الاستشعار. كيان معين (على سبيل المثال، منطقة ، حاجز ، نقطة اهتمام).
تتمثل الميزات الرئيسية لعقدة ما في: اكتشاف البيئة والإبلاغ عن البيانات التي تجمعها إلى عقدة تسمى البئر. لذلك ، تعتمد مهمة المراقبة على مشكلتين رئيسيتين: الاتصال والتغطية.
يركز هذا التقرير على نشر العقدة: النشر الأمثل هو نشر يوفر تغطية كاملة ويحافظ على اتصال الشبكة بالكيان المراقب أثناء استخدام عدد مثالي من أجهزة الاستشعار. للحصول على هذا النشر. نقترح العديد من خوارزميات وإستراتيجية Triangulation Delaunay التوزيع المستقلة ، استنادًا إلى تغطية الأشجار لمراقبة المناطق ثنائية وثلاثية الأبعاد. الأهداف التي يجب تحقيقها هي: تحسين عدد العقد التي تؤثر على عمر الشبكة.

Table des matières

Résume	
Abstract	
Table des figures	
Introduction général	1
1 Généralités sur les réseaux de capteurs sans fil	
1 Introduction……..…..	3
2 Nœuds capteurs ……..	3
2.1 Définition……..……	3
2.2 Anatomie d'un nœud capteur ……	4
3 Architecture des réseaux de capteurs sans fil …….	6
3.1 Architecture de communication d'un RCSF …….	6
3.2 Architecture logicielle (la Pile protocolaire) Les RCSF …….	7
4 Facteurs et contraintes de conception d'un RCSF……	10
5 Domaines d'applications des RCSFs.……..…	14
6 Différences entre les réseaux de capteurs et les réseaux ad hoc.…..…	*16*
7 Conclusion……	17
2 L'effet de la Température sur la puissance de communication	
1 Introduction……	18
2 Liens radio……..	18
3 Rayon de communication ……	19
4 Effet de la Température sur la puissance de communication…	22
5Variation de la Température en fonction du temps …….	23
6 Connectivité des réseaux …….....	24
7 Conclusion…….	25
3 Problèmes de déploiement dans Réseau de capteurs sans fil	
1 Introduction……..	26
2 L'objectif……..	26
3 STRATÉGIES DE COUVERTURE…….	26
4 Déploiement RCSF……	30
5 Distance de la cible dans le déploiement optimal……	30
6 Problème de couverture et connectivite dans WSN (CCP-WSN)……	34
7 Formulation mathématique de CCP-WSN……	34
8 Conclusion……	37
Conclusion générale……	38
Bibliographie…….	39

Table des figures

1 Composants d'un nœud capteur…….(4)

2 Architecture d'un nœud capteur……..(5)

3 Architecture de communication d'un RCSF……..(7)

4 La Pile protocolaire d'un nœud capteur…….(8)

5 Zone de couverture et zone de communication pour un nœud capteur…….. …(11)

6 Les domaines d'applications des RCSFs……. (15)

7 Le rayon de communication sous la variation de la température …. (22)

8 L'effet de la température sur la puissance de transmission……(23)

9 La variation de la Température en 24 heurs……. .(24)

10 les Types de grilles (a) Treillis triangulaire (b) Grille carrée (c) Hexagonale la grille…….....(28)

11 diagramme de voronoi……..(29)

12 espaces communs entre les nœuds…….(30)

13 Modèle de base dans un déploiement optimal…….. (31)

14 Déploiement optimal des capteurs……. (33)

Chapitre 1 :

INTRODUCTION GENERALE

Introduction général

Au cours de ces dernières années, le développement technologique des réseaux de communication sans fil, a connu un essor important grâce aux avancés technologiques dans divers domaines, tels que la micro-électronique et la miniaturisation. C'est ainsi que de nouvelles voies d'investigation ont été ouvertes, avec l'émergence des réseaux de capteurs sans fil.

Dans ce réseau, le déploiement varie d'une application à une autre, mais généralement les nœuds sont sans surveillance et doivent fonctionner en longues périodes de temps sans intervention. Par conséquent, les nœuds doivent consommer le moins d'énergie tout en assurant que le réseau continu à fonctionner correctement. Dans sa forme de base, le bon fonctionnement du réseau peut être atteint que si la couverture et la connectivité sont préservées. La couverture assure que l'ensemble de la zone de déploiement est surveillée afin qu'aucun événement ne soit pas capturé, et la connectivité signifie que le réseau ne soit pas fragmenté afin que les données transmises peuvent atteindre tous les nœuds dans le réseau. Le bon déploiement doit prendre en compte les conditions les plus défavorables. Cependant, ces conditions ne peuvent se produire dans un nombre limité d'occasions de temps à autre. Dans le reste du temps, les conditions sont plus favorables et le réseau doit adapter son mode de fonctionnement pour économiser plus d'énergie et des ressources.

La température est l'une de ces conditions qui affectent la puissance de transmission et la sensibilité de réception du RCSF de manière significative, en particulier la qualité des liaisons sans fil entre les nœuds capteurs. En fait, les nœuds capteurs sont équipés d'émetteurs- récepteurs à faible coût et de faible puissance dont la performance dépend de la température dans lequel ils opèrent. Tel

que, lorsque la température augmente, les deux la puissance de transmission et la sensibilité de réception diminuent ce qui conduit à la dégradation des liens de communication sans fil, et donc la connectivité globale du réseau. A titre d'exemple, un réseau conçus pour fonctionner dans des conditions typiques, à savoir une température de 25℃, connaîtra la dégradation de connectivité lorsque la température augmente au-dessusde25℃. A l'inverse, lorsque la température diminue au-dessous de 25℃, la qualité de la liaison sans fil s'améliore et le réseau devient surdimensionné et quelques nœuds peuvent aller en mode veille prolongée sans affecter la connectivité du réseau.

Chapitre 2 :

Généralités sur les réseaux de capteurs sans fil

chapitre1 : Généralités sur les réseaux de capteurs sans fil

1.1- Introduction :

Un réseau de capteurs sans fil (RCSF) ou Wireless Sensor Network (WSN en anglais), est considéré comme un type spécial de réseaux ad hoc, composés d'un nombre important de petits appareils opérant de façon autonome et complètement transparente pour l'utilisateur, et communicant entre eux via des transmissions à courte portée. Ces dispositifs appelés

Nœuds capteurs, Le rôle de ces nœuds capteurs consiste à détecter un phénomène dans un environnement proche, de traiter les données captées et enfin envoyer le résultat de l'analyse via un support de transmission sans fil.

1.2- Nœuds capteurs :

1.2.1- Définition

Un nœud capteur est un dispositif destiné à mesurer une donnée environnementale comme la température, ou capturer une image, etc. et de la transformer en information utilisable puis de la transmettre à une unité de traitement de façon analogique ou numérique. Chaque capteur assure trois fonctions principales : la collecte, le traitement et la communication de l'information vers un ou plusieurs points de collecte appelés station de base.

Un nœud capteur est un organe de prélèvement d'information qui élabore à partir d'une grandeur physique, une autre grandeur physique de nature différente (très souvent électrique). Cette grandeur représentative de la grandeur prélevée est utilisable à des fins de mesure ou de commande [2].

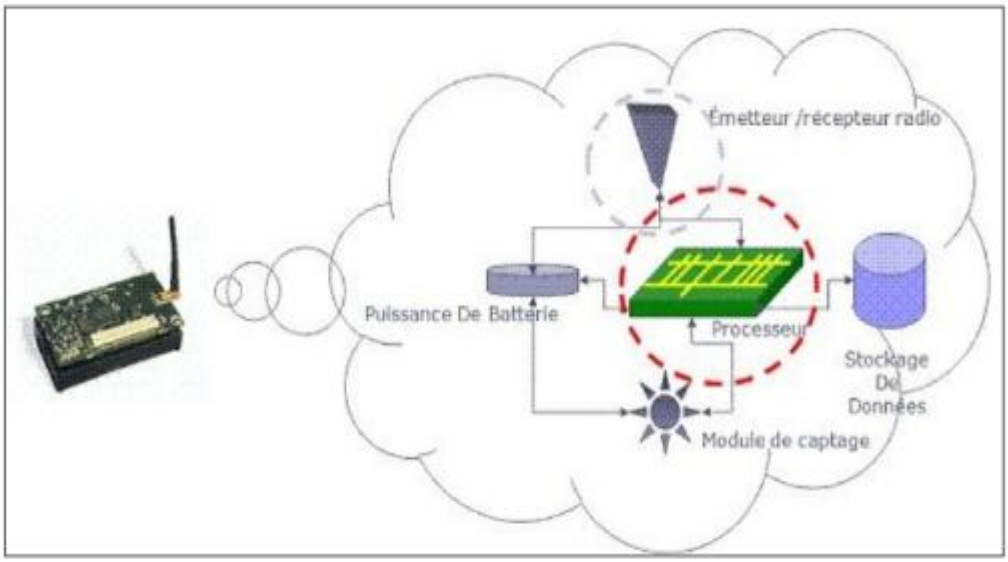


Figure (1) : Composants d'un nœud capteur.

1.2.2- Anatomie d'un nœud capteur :

Un nœud capteur est composé de plusieurs éléments ou modules correspondant chacun à une tache particulière d'acquisition, de traitement, ou de transmission de données. Il comprend également une source d'énergie :

– **Unité d'énergie (Power unit) :** Un capteur est muni d'une source d'énergie généralement une batterie, pour alimenter tous ses composants. Les batteries utilisées sont soit rechargeables ou non. Souvent, dans les environnements sensibles, il est impossible de recharger ou charger une batterie [27]. Pour cela, l'énergie est la ressource la plus précieuse puisqu'elle influe directement sur la durée de vie des capteurs et donc d'un réseau de capteurs.

- **Unité de captage (Sensing unit) :** La fonction principale de l'unité de captage est de capturer ou mesurer les données physiques à partir de l'objet cible. Il est composé de deux sous unités, le récepteur (reconnaissant l'analyte) et le convertisseur analogique/numérique appelé ADC (Analog to Digital Converters). Le capteur fournit des signaux analogiques, basés sur le phénomène observé au convertisseur. Ce dernier transforme ces signaux en un signal numérique compréhensible par l'unité de traitement [27].

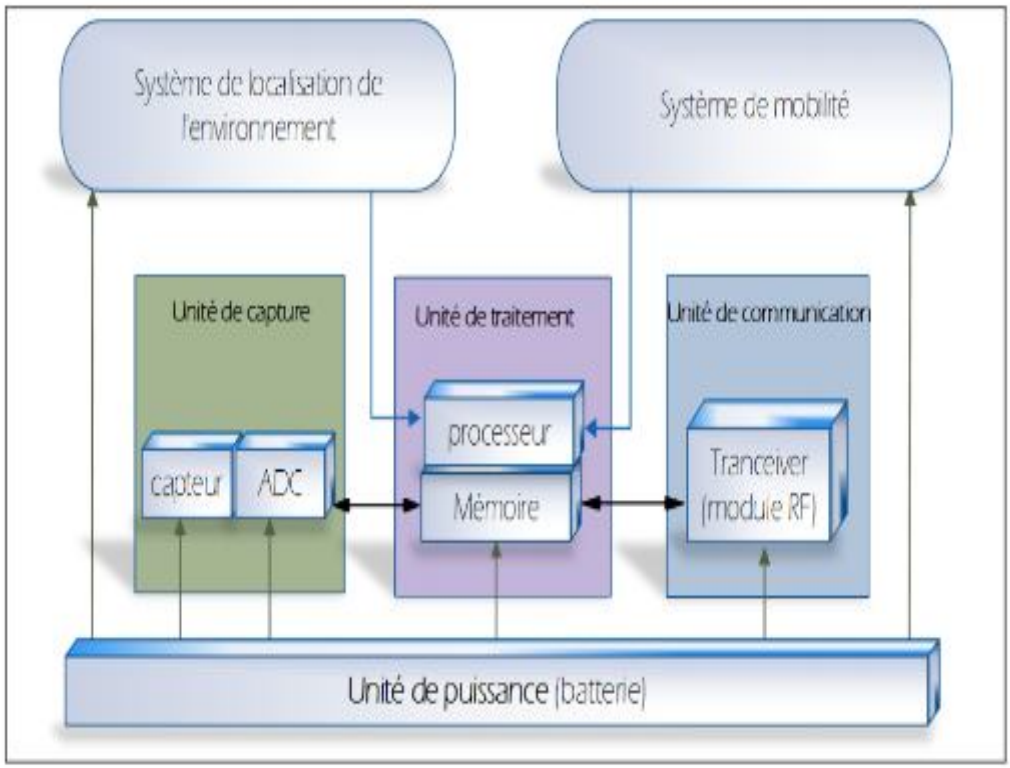


Figure (2): Architecture d'un nœud capteur.

- Unité de traitement (Processing unit) :C'est l'unité principale du capteur, généralement un processeur couplé à une mémoire vive. Son rôle est de contrôler le bon fonctionnement des autres unités. Elle peut aussi être couplée à une unité destockage, qui servira par exemple à y enregistrer les informations transmises par l'unité de capture.
- Unité de communication (Transceiver unit) : Cette unité est responsable de toutes les émissions et réceptions de données via un support de communication sans fil. Elle peut être de type optique ou de type radiofréquence.
- Système de localisation de l'environnement: les tâches de détection et les techniques de routage ont besoin de connaitre souvent la localisation géographique d'un nœud. Ainsi, un nœud peut être équipé d'un système de localisation géographique. Ce système peut se composer d'un module de GPS pour un nœud de haut niveau ou bien d'un module de software qui implémente des algorithmes de localisation qui fournissent les informations sur l'emplacement du nœud par des calculs distribués [14].

– Système de mobilité : la mobilité est parfois nécessaire pour permettre à un nœud de se déplacer pour accomplir ses tâches. Le support de mobilité exige des ressources énergétiques étendues qui devraient être fourni efficacement [14]. Le système de mobilité peut également opérer dans l'interaction étroite avec l'unité de détection et le processeur pour contrôler les mouvements du nœud [18].

1.3- Architecture des réseaux de capteurs sans fil :

1.3.1- Architecture de communication d'un RCSF :

Un RCSF est un type spécial de réseau ad hoc défini par un ensemble coopérant de nœuds capteurs déployés dans une zone géographique appelée zone de captage, ou zone d'intérêt (sensor field), afin de surveiller un phénomène physique et de récolter leurs données d'une manière autonome. Les nœuds capteurs utilisent une communication sans fil pour acheminer les données captées vers un nœud collecteur appelé nœud puits (sink), ou station de base (base station) [27]. Ce dernier est un point de collecte de données capturées. Il peut communiquer les données collectées à l'utilisateur à travers un réseau de communication, éventuellement l'Internet ou satellite. L'utilisateur peut à son tour utiliser la station de base comme passerelle, afin de transmettre ses requêtes au réseau. Cette architecture est illustrée

dans la Figure 3 [13].

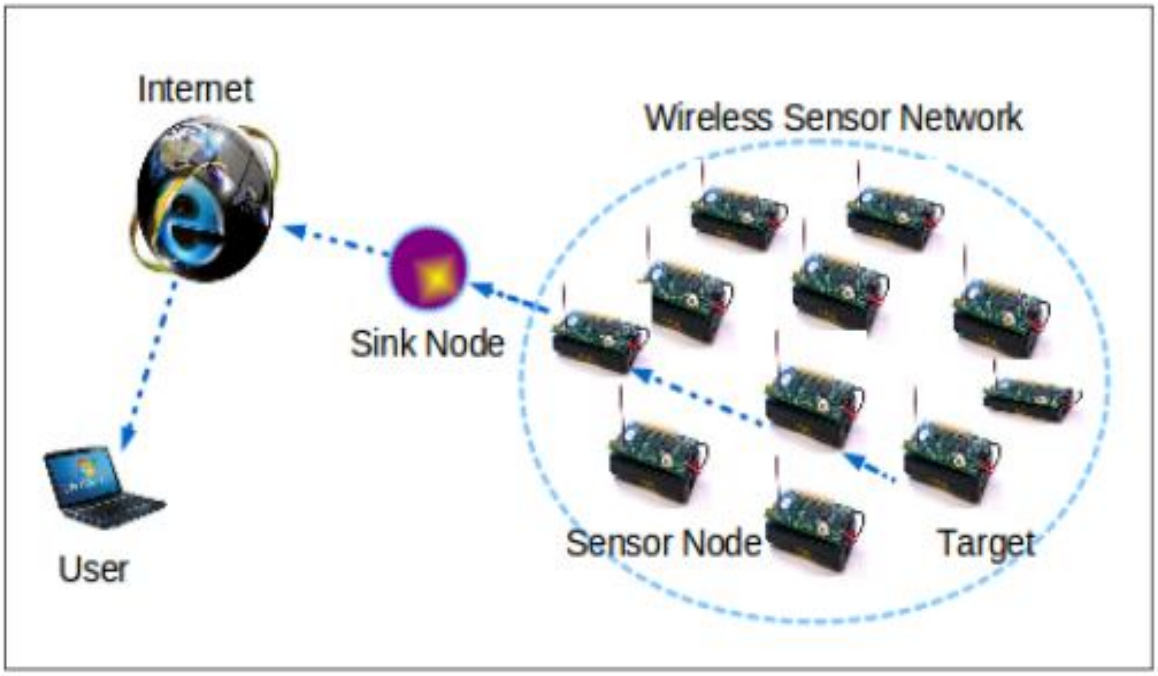
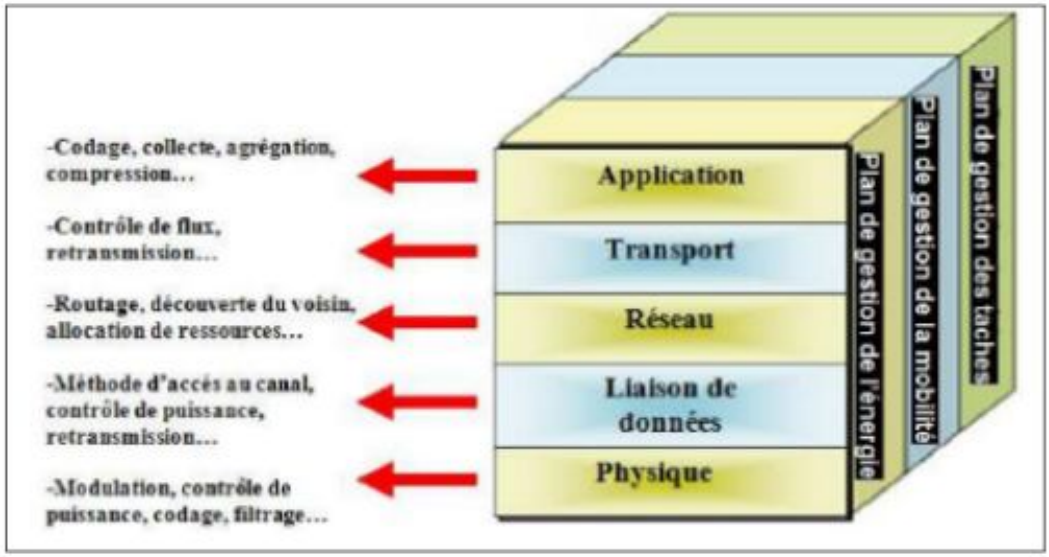


Figure (3) : Architecture de communication d'un RCSF [20].

1.3.2- Architecture logicielle (la Pile protocolaire) Les RCSF :

Utilisent une architecture de communication en couches, ce sont les cinq premières couches du modèle OSI. Chaque couche a son propre rôle et ses propres protocoles pour atteindre son objectif. L'objectif d'un RCSF n'est pas seulement la communication elle-même, mais il est soumis à de fortes contraintes énergétiques, par conséquence, d'autres unités doivent être ajouté afin de gérer la consommation d'énergie, la mobilité des nœuds et l'ordonnancement des tâches.et pour cela le RCSF utilisent aussi trois plans ; plans de gestions d'énergie, de mobilité et de tâche. Ces plans aident les nœuds capteurs à coordonner les tâches et minimiser la consommation d'énergie. Ils sont donc nécessaires pour que les nœuds capteurs puissent collaborer ensemble, afin d'acheminer les données dans un réseau mobile et de partager les ressources entre eux en utilisant efficacement l'énergie disponible. Ainsi le réseau peut prolonger sa durée de vie [16].



Figure(4) : La Pile protocolaire d'un nœud capteur.

Couche application :

Elle assure l'interface avec les applications. Il s'agit donc de la couche la plus proche des utilisateurs, gérée directement par les logiciels. Parmi les protocoles d'application, nous citons : SMP (Sensor Management Protocol) et TADAP (Task Assignement and Data Advertisement Protocol).

Couche transport

Cette couche est chargée du transport des données, de leur découpage en paquets, du contrôle de flux, de la conservation de l'ordre des paquets et de la gestion des éventuelles erreurs de transmission.

Dans les RCSF, la fiabilité de transmission n'est pas majeure. Ainsi, les erreurs et les pertes sont tolérées. Par conséquent, un protocole de transport proche du protocole UDP et appelé UDP-Like (User Datagram Protocol Like) est utilisé. Cependant, comme le protocole de transport universel est TCP (Transmission Control Protocol), les RCSF doivent donc posséder, lors d'une communication avec un réseau externe, une interface TCP-spliting pour vérifier la compatibilité entre ces deux réseaux communicants.

Couche réseaux

Cette couche permet de gérer l'adressage et le routage des données, c'est à dire leur acheminement via le réseau.

Les protocoles de routage conçus pour les RCSF sont différents de ceux conçus pour les réseaux Ad Hoc puisque les RCSF sont différents selon plusieurs critères comme :

– l'absence d'adressage fixe des nœuds tout en utilisant un adressage basé-attribut.

– l'établissement des communications multi-sauts.

– l'établissement des routes liant plusieurs sources en une seule destination pour agréger des données similaires.

Parmi ces protocoles, nous citons : LEACH (Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy) et SAR (Sequential Assignement Routing).

Couche liaison de données

La couche de liaison de données est divisée en deux sous-couches : la sous-couche (LLC) et la sous-couche (MAC). La couche LLC fournit la plupart des mécanismes de gestion d'erreur.

La couche MAC gère tous les accès au canal radio physique.

Comme l'environnement des réseaux de capteurs est bruyant et les nœuds peuvent être mobiles, la couche de liaison de données doit garantir une faible consommation d'énergie et minimiser les collisions entre les données diffusées par les nœuds voisins. Parmi les protocoles de liaison de données, nous citons : SMACS (Self-organizing Medium Access Control for Sensor networks) et EAR (Eavesdrop And Register).

Plan de gestion d'énergie

La couche de gestion d'énergie contrôle la manière d'utiliser l'énergie par le nœud capteur, et gère la consommation d'énergie selon le mode de fonctionnement employé (capture, calcul, et communication par radio). Par exemple, il permet la mise en veille du module récepteur dès que le nœud a fini de recevoir un message (économiser l'énergie restante). Quand un nœud possède un niveau d'énergie faible, il permet de diffuser un message aux autres capteurs pour ne pas participer aux tâches de routage, et conserver l'énergie restante aux fonctionnalités d'acquisition.

Plan de gestion de la mobilité

La couche de gestion de mobilité détecte et enregistre le mouvement/mobilité des nœuds capteurs. En utilisant ces positions, les nœuds capteurs peuvent connaitre qui sont leurs voisins. Parfois une auto-organisation des nœuds est nécessaire à cause de la destruction de quelques nœuds.

Dans ce cas, la couche de gestion de mobilité doit être capable de faire changer la position des nœuds.

Plan de gestion des taches

La couche de gestion des tâches assure la coopération des efforts des nœuds capteurs, elle ordonnance les événements captés, et les tâches détectées dans une zone de capture spécifique. Par conséquent, les nœuds capteurs qui appartiennent à la même zone de capture ne sont pas obligés d'effectuer les tâches de capture en même temps. Selon leur niveau d'énergie, quelques nœuds capteurs peuvent accomplir des tâches de capture mieux que d'autres.

1.4- Facteurs et contraintes de conception d'un RCSF

Les principaux facteurs et contraintes influençant l'architecture des réseaux de capteurs peuvent être résumés comme suit [3] :

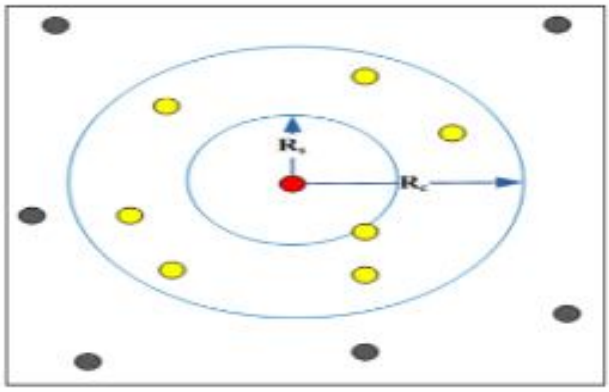
Durée de vie du réseau

Dans un RCSF l'alimentation de chaque nœud est assurée par une source d'énergie limitée et généralement irremplaçable à cause de l'environnement hostile où il est déployé. De ce fait, la durée de vie d'un RCSF dépend fortement de la conservation d'énergie au niveau de chaque nœud.

Couverture

La zone de couverture est souvent considérée comme un disque de rayon Rs appelé rayon de sensation (sensing range). Un nœud est capable de détecter n'importe quel événement qui se passe dans sa zone de couverture. D'un autre coté, la vision d'un capteur dépend du rayon de communication du nœud Rc (communication range).Une zone est dite k-couverte s'il existe k ensembles disjoints de nœuds actifs. Chaque ensemble couvre la zone une fois.

la figure 5 montre les différents rayons associés au nœud capteur.



Figure(5) : Zone de couverture et zone de communication pour un nœud capteur.

La zone de communication est la zone où le capteur peut communiquer avec les autres capteurs. D'autre part, la zone de sensation est la zone où le capteur peut capter l'événement. En effet, pour qu'un capteur ait une portée de communication suffisamment grande, il est nécessaire d'utiliser un signal assez puissant. Cependant, l'énergie consommée serait importante. Comme les capteurs sont généralement disposés sur la zone à couvrir de façon aléatoire, il est nécessaire de disposer d'une densité importante de capteurs. Mais si la densité de capteurs est trop importante et que la zone que l'on veut surveiller est "trop" couverte, alors des capteurs vont fonctionner inutilement.

Connectivité

La connectivité est un problème majeur dans les réseaux de capteurs. Un réseau de capteurs est dit connecté s'il existe, au moins, une route entre chaque paire de nœud. La connectivité dépend essentiellement de l'existence des routes. Elle est affectée par les changements de topologie dus à la mobilité, la défaillance des nœuds, les attaques, etc..., ce qui engendre la perte des liens de communication, l'isolement des nœuds, le partitionnement du réseau,etc.

Bien comprendre la connectivité d'un réseau permet d'adapter les mécanismes de communication afin d'assurer le bon fonctionnement des applications. Ainsi, la découverte du voisinage d'un nœud capteur est un élément important Dans leur activité périodique, les pertes de connectivité sont principalement dues à la mobilité des nœuds et aussi aux mécanismes liés à l'économie d'énergie. La densité élevée des nœuds dans les réseaux de

capteurs les empêche d'être complètement isolés les uns des autres. Par conséquent, il est indispensable que les nœuds de capteurs soient fortement connectés.

Déploiement des nœuds

C'est un facteur dépendant de l'application qui affecte grandement les protocoles de routage dans un RCSF statique. Le déploiement peut être déterminé ou aléatoire. Dans la première stratégie, les capteurs sont placés manuellement et les données peuvent donc être acheminées via des chemins prédéterminés. En revanche, avec une approche aléatoire, les capteurs sont éparpillés au hasard (exp. lâchés d'un avion). Une approche auto-organisant est donc indispensable au bon fonctionnement du routage [24].

Densité de déploiement

Elle est plus élevée dans les RCSF que dans les réseaux Ad Hoc. Le nombre de nœuds capteurs peut atteindre des millions de nœuds pour permettre une meilleure granularité de surveillance. De plus, si plusieurs nœuds capteurs se retrouvent dans une région, un nœud défaillant pourra être remplacé par un autre. Cependant, la densité de déploiement donne naissance à des challenges pour la communication entre les nœuds. En effet, elle provoque des collisions ou des endommagements des paquets transmis.

Limitations de ressources physiques

A cause de la miniaturisation des composants électroniques, les performances des nœuds capteurs sont limitées. Par conséquent, les nœuds capteurs collaborent en traitant partiellement les mesures captées et envoient seulement les résultats à l'utilisateur. Une autre conséquence, ces limitations imposent des portées de transmission réduites contraignant les informations à être relayées de nœud en nœud avant d'atteindre le destinataire. C'est la raison pour laquelle les RCSF adoptent des communications multi-sauts.

Absence d'adressage fixe des nœuds

Les nœuds dans les réseaux sans fil classiques sont identifiés par des adresses IP. Cependant, cette notion n'existe pas dans les RCSF. Ces derniers utilisent un adressage basé sur l'attribut du phénomène capté, on parle donc de l'adressage basé attribut. En effet, les requêtes des utilisateurs ne sont pas généralement destinées à un seul nœud, mais plutôt, à un ensemble

de nœuds identifiés par un attribut.

Topologie dynamique

La topologie d'un réseau de capteurs peut changer au cours du temps. Ce dynamicien du réseau découle des défaillances des nœuds à cause d'un endommagement physique ou l'expiration de son énergie. Cela peut engendrer des cassures de liens entre les nœuds capteurs. Par ailleurs, le réseau de capteurs peut avoir un fort dynamicien quand les nœuds du réseau sont mobiles. La moindre défaillance d'un capteur peut changer significativement la topologie du réseau nécessitant ainsi une réorganisation coûteuse de ce dernier.

Agrégation de données

Dans les réseaux de capteurs, la problématique principale concerne la consommation d'énergie : en effet, ces derniers doivent restés opérationnels le plus longtemps possibles, dans des conditions parfois difficiles. La transmission des données d'un capteur est la tâche la plus consommatrice en énergie elle représente environ 70% de sa consommation d'énergie totale (la transmission d'un seul bit consomme l'énergie nécessaire à l'exécution d'environ 1000 instructions) [21]. Il est donc nécessaire de minimiser le nombre de bits à transmettre.

De plus, les réseaux de capteurs étant assez denses en général, cela signifie que des nœuds assez proches en terme de distance (voisins) peuvent capter les mêmes données (par exemple température, pression et humidité) et donc il apparaît nécessaire d'introduire le mécanisme d'agrégation de données afin d'éviter la duplication d'information au sein du réseau de capteurs et

donc minimiser la transmission des données inutiles. Ainsi, les nœuds capteurs préservent leurs énergies et la durée de vie du réseau sera augmentée.

1.5- Domaines d'applications des RCSFs

La simplification, le faible coût, l'absence de câblage sont une variété de caractéristiques des réseaux de capteurs qui ont permis à cette nouvelle génération de réseaux d'envahir plusieurs domaines d'applications [26]. Parmi elles, nous citons :

1.5.1- Applications militaires :

Les capteurs sont déployés d'une manière autonome pour aider les militaires dans leurs missions en surveillant les activités de l'ennemi ou en analysant le champ de bataille avant d'y envoyer les troupes pour la détection d'éventuelles menaces (détection d'une

menace biologique, nucléaire et chimique) [2].

1.5.2- Applications médicales :

En implantant sous la peau de mini capteurs vidéo, on peut recevoir des images en temps réel d'une partie du corps sans aucune chirurgie pendant environ 24h. On peut ainsi surveiller la progression d'une maladie ou la reconstruction d'un muscle. D'autre part, les capteurs peuvent signaler un comportement anormal chez les personnes handicapées ou âgées (chute d'un lit, choc, cris, etc …)[6].

1.5.3- Applications agriculture :

Les capteurs peuvent être incorporés dans la terre. On peut ensuite questionner le réseau de capteurs sur l'état du champ (déterminer par exemple les secteurs les plus secs afin de les arroser en priorité). On peut aussi imaginer équiper des troupeaux de bétail de capteurs pour connaître en tout temps, leur position ce qui éviterait aux éleveurs d'avoir recours à des chiens de berger. Peuvent être aussi semés avec les graines. Ainsi, les zones sèches

seront facilement identifiées et l'irrigation sera donc plus efficace et économique.

1.5.4- Découvertes de catastrophes naturelles :

On peut créer un réseau autonome en dispersant les nœuds capteurs dans la nature. Des capteurs peuvent ainsi signaler des événements talque feux de forêts, tempêtes ou inondations. Ceci permet une intervention beaucoup plus rapide et efficace des secours.

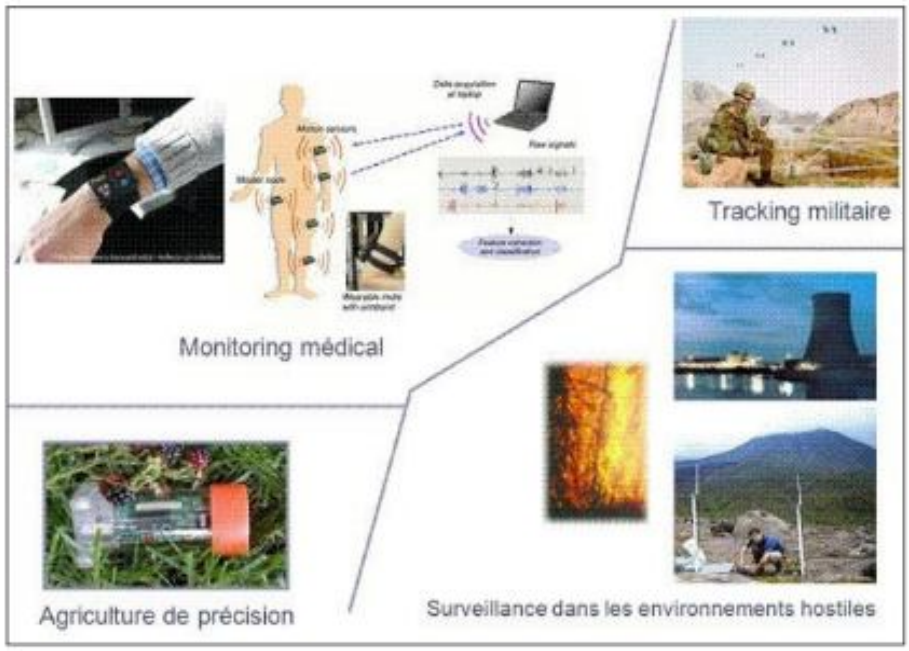
1.5.5- Contrôle de la pollution :

On pourrait disperser des capteurs au-dessus d'un emplacement industriel pour détecter et contrôler des fuites de gaz ou de produits chimiques.

Ces applications permettraient de donner l'alerte en un temps record et de pouvoir suivre l'évolution de la catastrophe.

1.5.6- Contrôle d'édifices :

On peut inclure sur les parois des barrages des capteurs qui permettent de calculer en temps réel la pression exercée. Il est donc possible de réguler le niveau d'eau si les limites sont atteintes. On peut aussi imaginer inclure des capteurs entre les sacs de sables formant une digue de fortune. La détection rapide d'infiltration d'eau peut servir à renforcer le barrage en conséquence.



Figure(6) : Les domaines d'applications des RCSFs.

1.6- Différences entre les réseaux de capteurs et les réseaux ad hoc

La réalisation des réseaux de capteurs dédiés aux applications citées dans le paragraphe précédent, exigent les techniques et les protocoles qui prennent en compte les spécificités et les exigences de ces réseaux, vu que les techniques conçues pour les réseaux ad hoc traditionnels, ne sont pas bien adaptées aux réseaux de capteurs. Pour illustrer ce point, les différences entre les réseaux de capteurs et les réseaux ad hoc sont décrits ci dessous [2] :

– Le nombre de nœuds est nettement plus grand dans les réseaux de capteurs que dans les réseaux ad hoc.

– Les nœuds capteurs sont déployés d'une manière dense.

– Les nœuds capteurs sont plus exposés aux pannes.

– Les réseaux de capteurs utilisent principalement les communications broadcast alors que la plupart des réseaux ad hoc sont basés sur la communication point à point.

– Les flot de données dans les RCSF est Many –to- one, tous les nœuds de capteurs envoient leurs données à la station de base. Contre les réseaux ad hoc

du flot de données any-to-any, n'importe quel nœud envoyer à n'importe quel nœud.

– Les nœuds capteurs sont caractérisés par des ressources plus limités (ressource d'énergie, puissance de calcul et mémoire).

– Les nœuds capteurs ne possèdent aucune identification (ID) globale tel que les adresses

IP dans les réseaux ad hoc.

– Dans les réseaux de capteurs les nœuds collaborent pour atteindre un objectif commun, tandis que dans les réseaux ad hoc chaque nœud à son propre objectif.

Les réseaux de capteurs sans fil sont apparentés aux réseaux ad hoc. En effet, ces deux types de réseaux ont de nombreux points communs :

– Utilisation des ondes radio pour communiquer.

– Le déploiement de RCSF peut être aléatoire comme les réseaux ad hoc (sans infrastructure).

– Architecture décentralisée.

– Autonomie.

1.7 Conclusion

Les réseaux de capteurs représentent une révolution technologique des instruments de mesure, issue de la convergence de la microélectronique et des technologies de communication sans fil. Les capteurs sont vus ici comme des systèmes autonomes miniaturisés, équipés d'une unité de traitement et de stockage de données, d'une unité de transmission sans fil et d'une batterie. Ils vont s'organiser en réseau pour récolter des données et les remonter à une station de base, avec comme contrainte fondamentale la limitation de leurs ressources de calcul et d'énergie.

Dans ce chapitre nous avons procédé à l'étude des réseaux de capteurs sans fil. Nous avons posé les briques de base et fédéré quelques concepts nécessaires à leur compréhension.de l'énergie dans les réseaux de capteurs et nous dresserons un panorama des techniques de conservation d'énergie proposées dans la littérature.

CHAPITRE 3 :

Effet de la Température sur la puissance de communication

3.1- Introduction

Les réseaux de capteurs sans fil utilisent d'émetteurs -récepteurs de faible puissance pour permettre aux nœuds de communiquer à faible coût énergétique. Ces émetteurs-récepteurs sont sensibles aux variations de la température qui affectent à la fois leurs capacités de transmission et de réception.

Dans ce chapitre, on va exploiter le fait de latempérature baisse sur les réseaux et on va voir comment économiser plus d'énergie en permettant aux nœuds qui ne sont pas nécessaires au bon fonctionnement du réseau de passer en mode veille prolongée (hibernate mode) lorsque la température baisse et reprendre leur fonctionnement normal lorsque la température augmente. Nous supposons que le réseau continue à fonctionner correctement si les deux : une couverture complète et une connectivité sont garanties. Une couverture complète est atteinte si toute la zone du déploiement est entièrement couverte de sorte qu'aucun événement ne sera raté, et un réseau connecté signifie qu'il y a un chemin vers n'importe quel nœud dans le réseau afin de détecter les données qui peuvent être signalées à n'importe quel nœud du réseau.

3.2- Liens radio

La qualité de la liaison de communication sans fil entre deux nœuds émetteur-récepteur, est habituellement exprimée par le PER le taux d'erreur des paquets (Packet Error Rate).Le PER dépend principalement de l'intensité du signal mesuré au niveau du récepteur.

L'intensité minimale de ce signal nécessaire pour atteindre un PER de moins de 1 % est appelée sensibilité. On suppose qu'il existe un lien si la puissance reçue Pr est égale à ou supérieure de la sensibilité Ps. L'intensité de ce signal dépend de la puissance d'émission Pt rayonnée par l'émetteur et son atténuation au long du canal de communication. L'atténuation A(d) sur la distance d est le rapport entre Pt et Pr (d), où Pr (d) est la puissance du signal reçu par l'émetteur à la distance d. Lorsque Pt et Pr (d) sont exprimés en dBm, l'atténuation en dB [25] est :

$$A(d) = Pt - Pr(d) \qquad (1)$$

L'atténuation comporte de trois composantes : A0, A1(d) et A2 de sorte que

$$A(d) = A0 + A1(d) + A2 \qquad (2)$$

Où,

- A0 est la perte de trajet à la référence de distance d0, qui peut être obtenue par expérimentation, ou selon le modèle de propagation en espace libre,
- A1(d) est la perte de trajet log-distance en fonction de distance d et les références de la distance d0,
- A2 est un variable aléatoire reflétant l'atténuation provoquée par fading. A0, A1, A2 et sont exprimées en dB. En prenant A0 en fonction du modèle de propagation en espace libre, nous obtenons

$$A0 = 20 \log d0 + 20 \log f - 27.55 \qquad (3)$$

$$A1(d) = \alpha 10 \log (d/d0) \qquad (4)$$

$$A2 \sim N(0,\sigma) \qquad (5)$$

Où,

- F est la fréquence (en MHz).
- A est l'exposant de perte de chemin d'accès.
- N(0,σ) est une variable aléatoire normale (en dB).
- d0 est la distance de référence égale à 1mètre.

3.3- Rayon de communication :

Nous définissons la portée de communication que la distance à laquelle moins de 1 %des paquets sont perdus (c.-à-d. correspondant à moins de 1 % PER). Le PER dépend de la puissance du signal reçu appelé Pr. La puissance minimale qui permet d'atteindre 1% de PER est appelée sensibilité Ps. La portée de communication est une variable aléatoire R avec la fonction de distribution cumulée FR(d) est définie [25] :

FR(d) =Pr [R ≥ d] =Pr [Pr(d) ≥ Ps]

=Pr [Pt− Pr (d) ≤ P t− Ps] =Pr [A(d) Pt − Ps]. (6)

On remplace A(d) par sa valeur eq (2), on obtient :

FR(d) = Pr [A2 ≤ Pt − Ps− A0−A1(d)]. (7)

A2 est une variable aléatoire normale, nous avons :

Pr [A2 ≤ Pt −Ps−A0−A1(d)] = FA2 (Pt−Ps−A0−A1(d)) (8)

Où FA2 est une fonction de distribution cumulée (CDF) de la variable aléatoire A2, tel que A2 ~ N (0, σ), on a :

(9)

$$F_{\mathcal{A}_2}(P_t - P_s - \mathcal{A}_0 - \mathcal{A}_1(d)) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}\text{erf}\left(\frac{P_t - P_s - \mathcal{A}_0 - \mathcal{A}_1(d)}{\sigma\sqrt{2}}\right)$$

Où erf est la fonction d'erreur définie comme suit :

(10)

$$\mathbf{erf}(z) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^z e^{-t^2}\, dt$$

En utilisant les équations 7, 8 et 9, on trouve :

(11)

$$F_{A_d} - \frac{1}{2} + \frac{1}{2} erf\left(\frac{(P_t \quad P_s \quad A_0 \quad A_1(d))}{\sigma\sqrt{2}}\right)$$

On note que,(9) et (11) ne sont pas valable que lorsque

σ6= 0, tel que lorsque σ= 0,A2 devient égale à 0,Par conséquent, l'expression de FR(d) devrait être calculé à partir de (7).

Ainsi, nous avons :

(12)

$$F_r(d)_{\sigma-0} - P_r[0 \leqslant P_t \quad P_s \quad A_0 \quad A_1(d)] - P_r[A_1(d) \leqslant P_t \quad P_s \quad A_0]$$

En remplaçant A1(d) avec sa valeur de (5) et en prenant d0 = 1, l'équation (12) devient :

(13)

$$F_r(d)_{\sigma-0} - P_r[10\alpha \log(d/d_0) \leqslant p_t \quad p_s \quad A_0] - P_r[d \leqslant 10^{(p_t-p_s-A_0)/10\alpha}] - \begin{cases} 1 & si \quad d \leqslant 10^{(p_t-p_s-A_0)/10\alpha} \\ 0 & si \quad sinon \end{cases}$$

En mettant :

(14)

$$R \text{ — } 10^{(p_t-p_s-A_0)/10\alpha}$$

Et combiner (9) avec (13) nous obtenons :

(15)

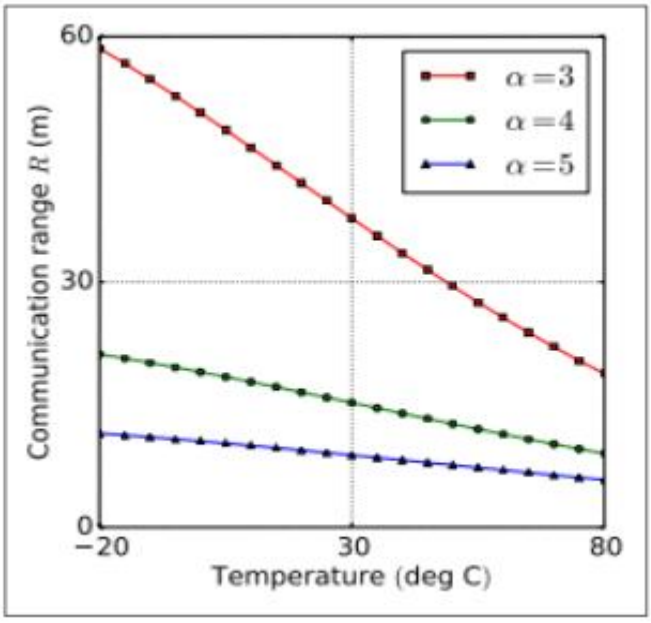
$$F_r(d) : \begin{cases} F_{A_d} - \frac{1}{2} + \frac{1}{2} erf\left(\frac{(P_t \quad P_s \quad A_0 \quad A_1(d))}{\sigma\sqrt{2}}\right) & si \quad \sigma > 0 \\ 1_{]-\infty,R]}(d) & si \quad \sigma - 0 \end{cases}$$

Où1]−∞,R](d) est la fonction indicatrice, qui est égale à 1 quand d R ≤ dR et 0 ailleurs. Notez que R représente le rayon de communication en l'absence de fading (c-à d, quand σ= 0). Notez que les dérivations antérieures s'appliquent également au modèle de two-ray-groundqui peut être plus approprié pour les environnements extérieurs. Les résultats du modèle detwo-ray-ground peuvent être calculés en tenant

A1(d) = 10αlog(B), α= 4,σ=0 Où :

– Gt (resp. Gr) est le gain de l'antenne à l'émetteur (resp. récepteur).

–Ht (resp.Ht) est la hauteur de l'antenne à la émetteur (resp. récepteur).



Figure(7): Le rayon de communication sous la variation de la température.

3.4- Effet de la Température sur la puissance de communication :

Bannister et al [19]. ont montré que les températures élevées affectent négativement la communication entre les nœuds capteurs. Dans des résultats de recherche indépendante (voir chapitre 2) et des données tirées des feuilles d'émetteurs/récepteurs de radio populaires tels

Que CC2400 [7], CC2530 [22] montrent que la température affecte à la fois la qualité de la transmission et de la réception.

L'effet de la température sur la puissance de transmission et la sensibilité de réception est étudié dans la littérature et la documentation des fiches techniques (data sheets), où on trouve que les valeurs du Ps et Pt varie avec la température T. Par conséquent, la valeur réelle de R dépend également à la température. L'impact de la température sur Ps et Pt dépend de l'émetteur/récepteur utilisé et est généralement fourni dans la fiche de données de l'émetteur/récepteur (data sheet).

Nous utilisons la notation Pt (Tt) (resp.Ps(Tr)) pour d'écrire la puissance de transmission (resp. la sensibilité de réception) en fonction de la température Tt (Tr) mesurée à l'émetteur (resp. récepteur). et pour simplifier on suppose

que la température mesurée à l'émetteur et le récepteur est le même T, par utiliser une approximation linéaire pour interpoler les données de Data Sheet et quantifier la perte de puissance au niveau de la émetteur et le récepteur (en dBm). On a obtenu les équations suivantes par interpolation de dégrée égal à 2 :

(16)

$$P_t(T) = \quad 0,0001.T^2 \quad 0,0676.T + 1,6112 \quad (dBm)$$

(17)

$$P_s(T) = 0,0005.T^2 + 0,0407.T \quad 89,547 \quad (dBm)$$

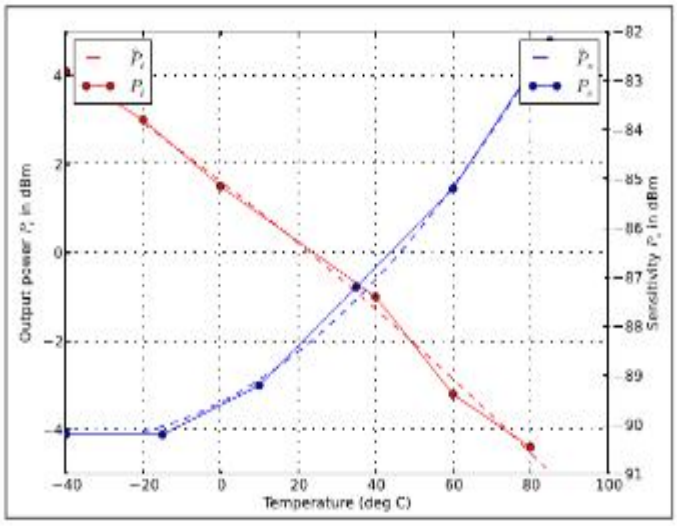


Figure (8): L'effet de la température sur la puissance de transmission

Pt et la sensibilité de réception Ps en CC2400 . Les chiffres ont été généré par extrapolation à partir des valeurs de températures typiques fournies dans Data Shee.

3.5- Variation de la Température en fonction du temps :

Nous nous référons au modèle ERBS [9] comme dérivé dans [4]. où la variation de la température diurne moyenne normalisée est représentée comme suit :

$$\tau(Y,m,t) = \tau(Y,m) + A_\tau(Y,m)[0.4632\cos(r(t) \quad 3.805) + 0.0984\cos(2\gamma(t) \quad 0.360) + 0.0168\cos(3\gamma(t) \quad 0.822) + 0.0138\cos(4\gamma(t) \quad 3.513)]$$

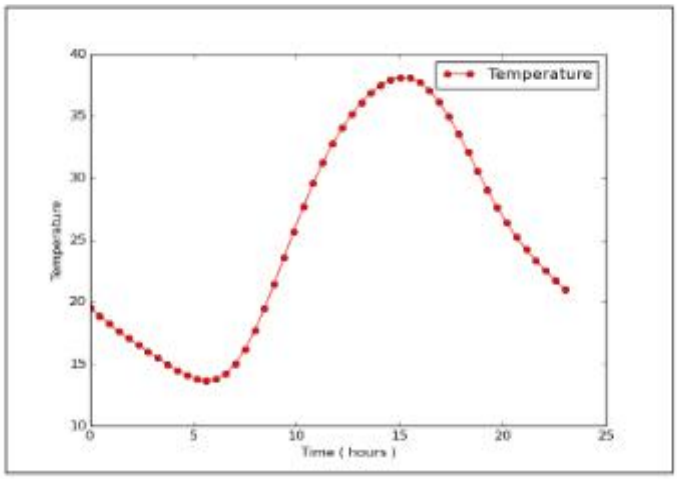
Où,

–γ(t) = 2π(T1) /24 , t est le temps en heures.

– τ (Y, m) est la température mensuelle de l'air.

– Ar (Y ,m) est l'amplitude thermique mensuelle en degrés Celsius [19]

Pour τ (Y, m) = Ar (Y, m) = 25℃, la figure 3 au dessous montre la variation de température en tout au long de la journée (temps en heures).



Figure(9) : La variation de la Température en 24 heurs.

3.6- Connectivité des réseaux :

Un graphe G est dit k-connecté, s'il y a au moins k chemins disjoints entre deux nœuds quelconques. La connectivité est une mesure de tolérance aux fautes ou de diversité de chemin dans le réseau. Le 1-connectivité est une condition fondamentale pour que le réseau soit opérationnel. En effet la connectivité d'un réseau s'exprime de la façon suivante [15] :

(18)

$$\mu(R) = \frac{N.\pi.R^2}{A}$$

Où,

– R est le rayon de communication.

– A l'aire de déploiement.

– N le nombre de nœuds situé dans l'aire A.

3.7- Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons vu l'effet de la température sur les liaisons de communication sans fil, la puissance de transmission, et la sensibilité de réception, et nous avons défini le rayon de communication.

Chapitre 4 :

Problèmes de déploiement dans Réseau de capteurs sans fil

Chapitre 3 : Problèmes de déploiement dans Réseau de capteurs sans fil

4.1- Introduction :

Le bon fonctionnement du réseau doit être préservé en permanence indépendamment des conditions changeantes. Par conséquent, un bon déploiement doit prendre en compte les conditions les plus défavorables dans lesquelles le réseau doit également continuer à fonctionner correctement. Cependant, les conditions les plus défavorables ne peuvent survenir que dans un nombre limité d'occasions de temps en temps. Dans le reste du temps, les conditions sont plus favorables et le réseau doit adapter son mode de fonctionnement pour économiser plus d'énergie et de ressources. La détection des sessions doit utiliser de petites ressources et être efficace pour que les avantages de l'adaptation ne soient pas Dépassés par ses frais généraux.

4.2- L'objectif :

Avant de mentionner quoi que ce soit sur les stratégies ou les techniques, nous devrions définir notre but ou nos objectifs que nous essayons de riches et pour cela l'objectif principal de ce projet est de créer des WSN minimisant l'effet de la température à son minimum sans affecter les objectifs ordinaires. Détecter les activités). Dans ce projet, nous allons essayer de créer un travail de topologie sur la température comme un facteur important à côté de le faire fonctionner le plus longtemps possible. et pour la partie de la température, nous allons faire bouger les nœuds et changer leur positions basées sur des calculs faisant par chaque nœud à effet de température ovoïde surtout sur la communication a sonné. En ce qui concerne la partie énergie, nous allons créer des canaux entre les nœuds basés sur la triangulation de Delaunay en créant une liste d'adresses de voisins à chaque nœud pour minimiser les communications entre eux en plus d'utiliser la technique d'arrêt d'exploitation pour économiser de l'énergie tout cela sera discuté dans ce chapitre.

4.3- STRATÉGIES DE COUVERTURE :

Cette section passe en revue les stratégies utilisées pour résoudre le problème de couverture dans RCSF. Les stratégies sont divisées en trois catégories [1]

• Force basée

• Basé sur la grille

• Basé sur la géométrie de calcul.

4.3.1- Force basée :

Les stratégies de déploiement basées sur la force s'appuient sur la mobilité des capteurs, en utilisant force répulsive et attractive, les capteurs sont forcés de s'éloigner ou de se Rapprocher l'autre afin qu'une couverture complète soit atteinte. Les capteurs resteront ouverts jusqu'à l'état d'équilibre est atteint [12] où les forces répulsives et attractives sont égales ils finissent donc par s'annuler. Dans les capteurs et les objets du ROI exercer une force de répulsion virtuelle qui pousse les capteurs loin des objets et aussi les uns des autres afin que leurs zones de détection ne se chevauchent pas .Les capteurs continueront à se déplacer jusqu'à ce que l'état d'équilibre statique soit atteint. L'état d'équilibre statique est atteint sur la base du fait que l'énergie totale est réduite avec le temps. Cependant, cette stratégie n'a pas pris en compte la connectivité des réseaux .Ainsi, il a été étendu à considérer la connectivité réseau, le degré de nœud (nombre de voisins avec lesquels chaque capteur peut communiquer) est utilisé pour fournir une force attrayante afin que la connectivité complète soit maintenue. Les avantages de la méthode de champ potentiel sont, elle n'a besoin d'aucune information préalable sur la localisation des nœuds, et c'est une stratégie de déploiement évolutive .Et le désavantage est qu'il dépend énormément de la mobilité, qui est une tâche de consommation d'énergie élevée.

4.3.2- Basé sur la grille :

Stratégies de déploiement basées sur la grille utilisées pour déterminer les positions des capteurs.la grille basé est la méthode d'échantillonnage dans laquelle la couverture est estimée as ratio de la grille points couverts par le nombre total de points de grille dans le ROI. Il y a trois types de grilles couramment utilisées dans la mise en réseau [8] :

• Treillis triangulaire

• Grille carrée

• Grille hexagonale

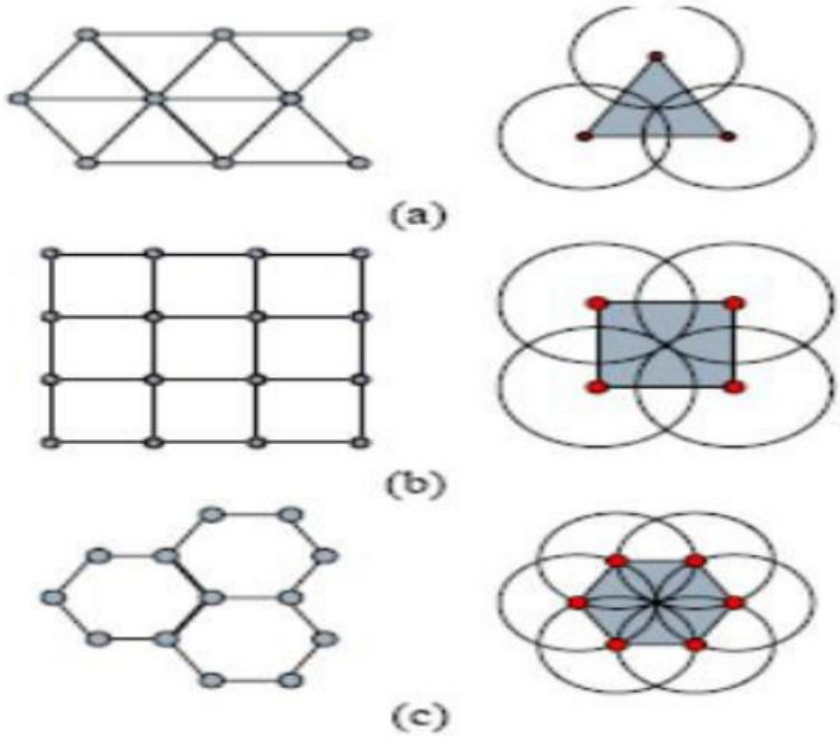


Figure (10) : les Types de grilles (a) Treillis triangulaire (b) Grille carrée (c) Hexagonale la grille

Treillis triangulaire est le meilleur parmi les trois types de grilles car il a le la plus petite zone de chevauchement de cette grille nécessite le moins de capteurs. Treillis triangulaire est représenté sur la figure 10 (a). La grille carrée est représentée sur la figure 10 (b).La grille carrée fournit une assez bonne performance pour tous les paramètres. Hexagonal grille est le pire parmi tous, car il a la plus grande zone de chevauchement, montré sur la figure 10 (c).

4.3.3- Basé sur la géométrie de calcul :

La géométrie de calcul est fréquemment utilisée dans la couverture RCSF optimisation [11], l'approche de géométrie computationnelle la plus couramment utilisée est :

A. Diagramme de Voronoï

B. Triangulation de Delaunay.

A- Diagramme de Voronoi

Voronoi Diagramme [23] est utilisé comme l'un des méthodes d'échantillonnage pour Déterminer Couverture RCSF. Voronoi Diagramme partition du site sous forme de polygone. Je tombe les sommets de polygones sont couverts, le ROI est entièrement couvert, sinon la couverture sorties de trous. La figure 13 montre le diagramme de voronoi.

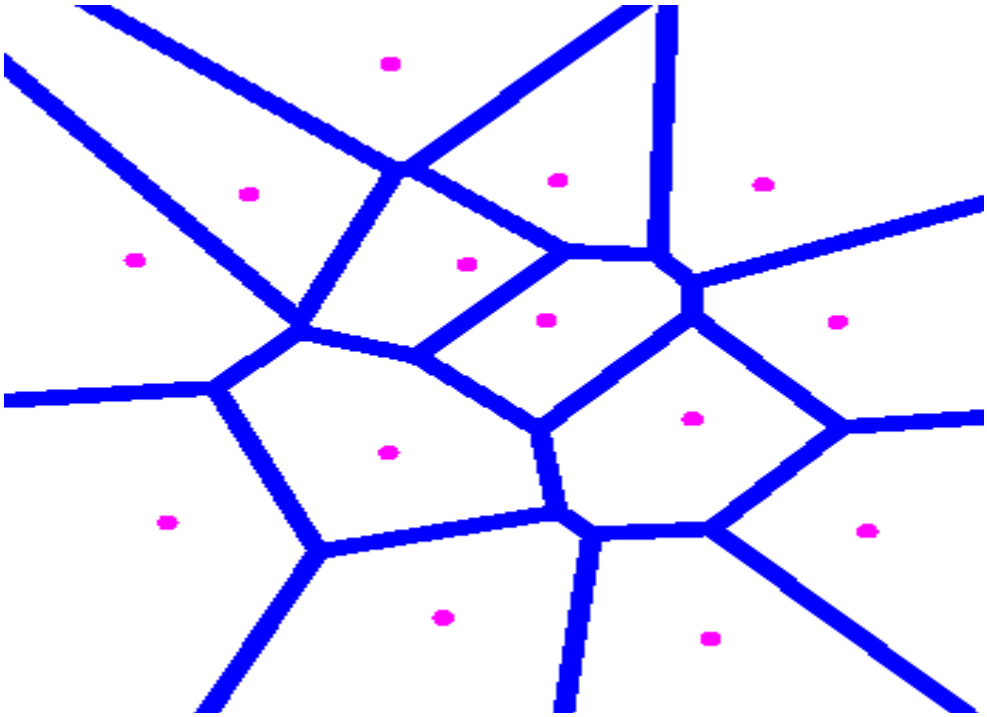


Figure (11) : diagramme de voronoi

B- Delaunay triangulation :

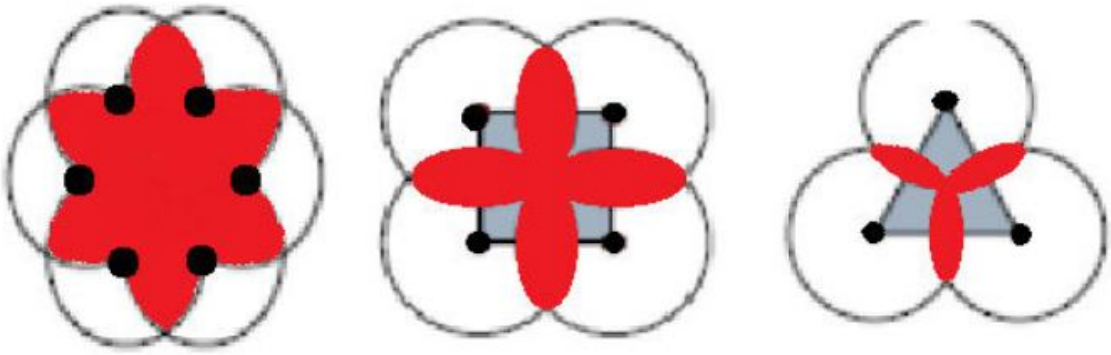
La triangulation de Delaunay est une structure géométrique que les ingénieurs ont utilisée pour les maillages puisque la génération de maillage était à ses balbutiements. En deux dimensions, il a un avantage décisif : parmi toutes les triangulations possibles d'un ensemble fixe de points, la triangulation de Delaunay maximise l'angle minimum.

Il optimise également plusieurs autres critères géométriques liés à la précision d'interpolation. Si notre but est de créer une triangulation sans petits angles, il semble presque inévitable de considérer une triangulation qui n'est pas Delaunay.

Les triangulations de Delaunay ont été étudiées à fond, et d'excellents algorithmes sont disponibles pour les construire et les mettre à jour.

4.4- Déploiement RCSF:

Pour le déploiement, nous avons choisi le déploiement de triangle car c'est plus raisonnable à bien des égards du déploiement carré et hexagonal de logique pointer les espaces de détection communs dans le déploiement de la triangulation est beaucoup moins de d'autres que nous allons voir dans la figure 12 qui rendent le coût moins parce déploiement de triangulation consomment le moins de nœuds pour couvrir le même zone que les autres déploiements.



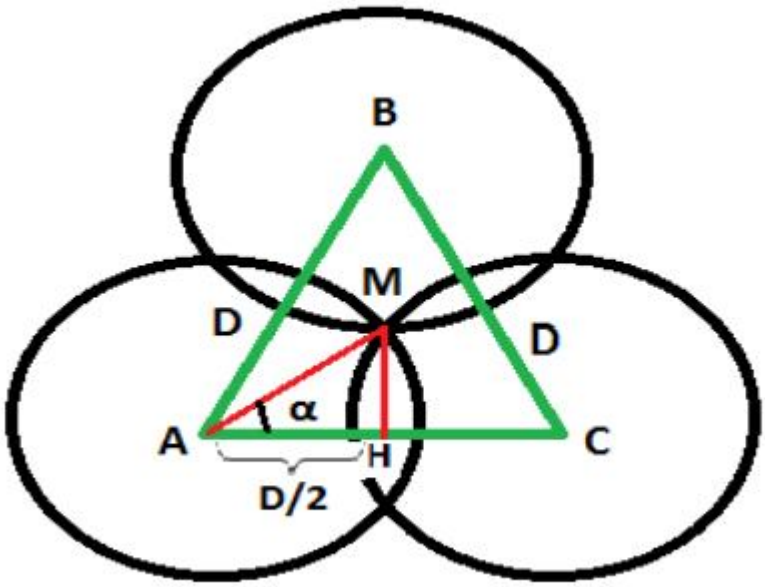
Figure(12): espaces communs entre les nœuds

4.5- Distance de la cible dans le déploiement optimal:

Nous calculons maintenant la distance cible D dans le déploiement optimal. Soit M le point d'intersection de

Ces trois disques. AM est le rayon r du cercle dont le centre est A. Comme H est situé dans le milieu de AC puis MH est le médiateur de AC. Pour calculer la Valeur de D, nous considérons l'angle HAM, noté α. Comme cos =AH/AM = (D/2)/r, on peut en déduire:

La figure suivante qui représente trois capteurs A, B et C dans le déploiement optimal. La zone de couverture de chaque capteur est représentée par un disque de rayon r. Les centres de ces trois disques forment un triangle équilatéral ABC puisque ces capteurs sont voisins et sont séparés par la même distance D.



Figure(13) : Modèle de base dans un déploiement optimal

Dans le déploiement optimal, l'angle CAB est égale à π/ 3, en raison du triangle équilatéral. Etant donné que α est la moitié de l'angle CAB = π / 3, on a α = π / 6

Alors D = 2r.cosα. Par conséquent:

$$D = \sqrt{3} * r \text{ dans le déploiement optimal}$$

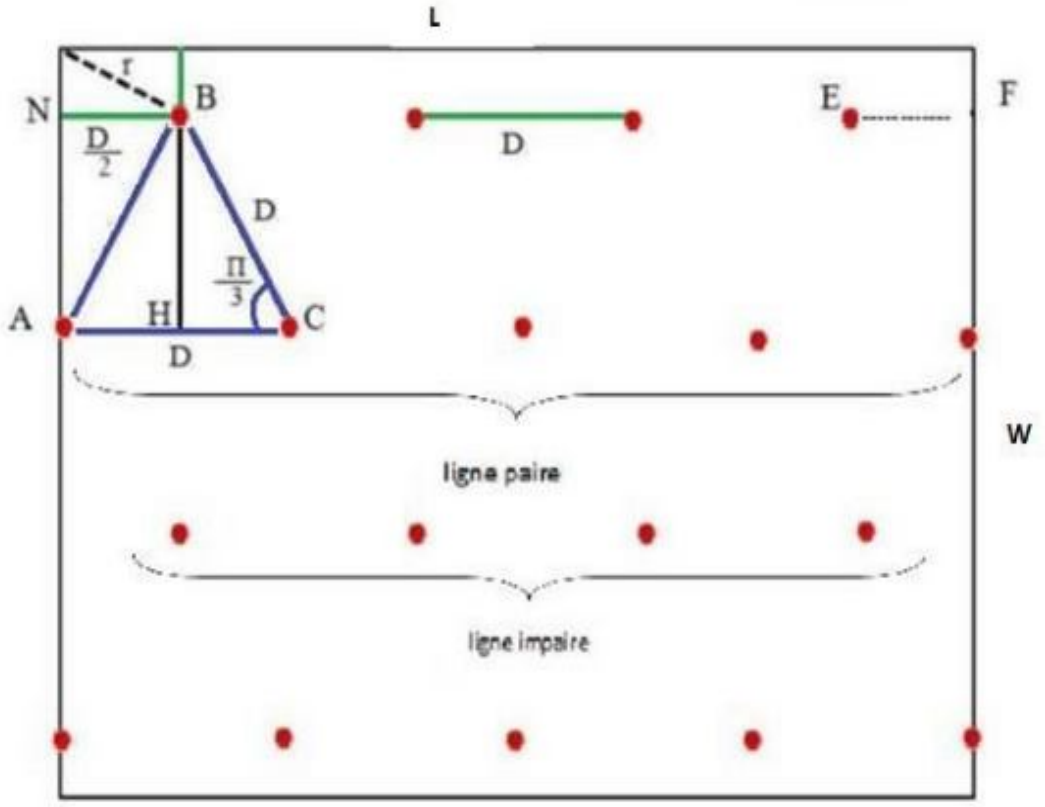
Pour assurer la connectivité réseau, la gamme de communication R doit être supérieure à la distance séparant deux capteurs voisins (à savoir R ≥ D). Par conséquent, lorsque le déploiement optimal est atteint, on a:

$$R \geq \sqrt{3} * r$$

La couverture et la connectivité sont étroitement liées. En fait, si le r de la plage de détection et la plage de transmission R rencontrent $R \geq \sqrt{3}r$, alors il est suffisant pour assurer une couverture, que la connectivité est une conséquence.

4.5.1- Nombre optimal de capteurs à couvrir une zone donnée :

Pour déterminer le nombre optimal de capteurs requis pour obtenir une couverture complète, nous considérons le déploiement optimal illustré à la figure 16 dans une zone de longueur L et de largeur W. Il est basé sur un triangulaire équilatéral treillis du bord Dth (voir triangle ABC sur la figure 14). Puisque dans le déploiement optimal des capteurs, le motif de la première ligne est reproduit identiquement à chaque ligne impaire et de même que le motif de la deuxième ligne est reproduit identiquement à chaque ligne paire, nous calculons le nombre de capteurs dans les lignes impaires et paires (voir la figure 14).



Figure(14) : Déploiement optimal des capteurs.

a. Nombre de capteurs en lignes impaires :

Dans la première ligne et une ligne impaire, le premier capteur est situé à une distance D/2 (NB représenté par la Figure 14) à partir de la limite gauche de la zone considérée. Sur une ligne de tous les capteurs sont réparties uniformément à une distance de D. Laissez Nb(c, l, i) le nombre de capteurs dans les lignes Impaires:

$$Nb(c,l,i) = \begin{cases} \left\lfloor \frac{L-\frac{D}{2}}{D} \right\rfloor + 2\ , & si\ L - D - \left\lfloor \frac{L - D/2}{D} \right\rfloor . D > 0 \\ \left\lfloor \frac{L-\frac{D}{2}}{D} \right\rfloor + 1, & sinon \end{cases}$$

b. Nombre des capteurs dans les lignes paires:

Dans les lignes paires, le premier capteur est situé à la limite gauche de la zone donnée. Que Nb(c, l, p) soit le nombre de capteurs dans les lignes paires. Nous avons :

$$Nb(c,l,p) = \begin{cases} \lfloor L/D \rfloor + 2, & si\ L - \frac{D}{2} - \lfloor L/D \rfloor . D > 0 \\ \lfloor L/D \rfloor + 1, & sinon \end{cases}$$

4.6- Problème de couverture et connectivite dans WSN (CCP-WSN) :

Dans [10], les auteurs ont proposé un modèle mathématique basé sur la programmation linéaire mixte pour traiter le problème de couverture; l'objectif de ce modèle est de trouver un nombre minimum des nœuds connectés qui assure la couverture de la zone d'intérêt. Néanmoins ce modèle besoin plusieurs des calcules pour atteindre une solution optimale en temps d'exécution faisable, pour cela les auteurs ont proposé d'autre approche nommé approche hybride, tel que le problème est décomposé en deux sous problème.

Le premier est résout par l'algorithme génétique [69] pour une recherche stochastique, et l'autre utilise les algorithmes de Prim [17] et Dijksta [17,5] pour une r

echerche local.

4.7- Formulation mathématique de CCP-WSN :

Les paramètres, les variables et le modèle de CCP

-WSN sont définis comme suit:

1. Les paramètres:

S : Ensemble des capteurs($S \in N$) .

D : Ensemble des points de demande.

A^d : Ensemble des arcs entre les capteurs et les points de demande.

A^s : Ensemble des arcs entre les capteurs.

A^m : Ensemble des arcs entre les capteurs et la station de base.

$I^d(A)$: Ensemble des arcs $(i , j) \in A^d$ orientés vers le point $j \in D$

$I^s(A)$: Ensemble des arcs $(i , j) \in Ad$ As orientés vers le nœud $j \in S$

$O^s(A)$: Ensemble des arcs $(i , j) \in Am$ As a partir de nœud $i \in S$.

N : Degré de couverture.

ME : Energie de traitement d'un capteur.

TE : Energie de transmission d'un capteur.

RE : Energie de réception d'un capteur.

NC : Coût de non couverture le point de demande (pénalité de couverture).

2. Les variables:

- xij est égal a 1 si le nœud i couver le point de demande j, 0 sinon.
- zlij est un variable de décision, il égal a 1 si l'arc (i,j) appartient au chemin entre le nœud l et la station de base m, et 0 sinon .
- yi est un variable de décision, il égal a 1 si le nœud active, et 0 sinon.
- hj est un variable indique que si le point de demande j n'est pas couvert.
- ei est un variable indique l'énergie consommé par le nœud i.

3. Le modèle:

$$\min \sum_{i \in S} e_i + \sum_{j \in D} NC_j \cdot h_j \quad \text{.....(1)}$$

$$\sum_{ij \in I_j^d(A^d)} x_{ij} + h_j \geq n, \forall j \in D \quad \text{.....(2)}$$

$$x_{ij} \leq y_i, \forall i \in S, \forall ij \in A^d \quad \text{.....(3)}$$

$$0 \leq x_{ij} \leq 1, \forall ij \in A^d \quad \text{.....(4)}$$

$$h_j \geq 0, \forall j \in D \quad \text{.....(5)}$$

$$\sum_{ij \in I_j^s(A^s)} z_{lij} - \sum_{jk \in O_j^s(A^s \cup A^m)} z_{ljk} = 0, \forall j \in (S \cup m - l), \forall l \in S \quad \text{.....(6)}$$

$$- \sum_{jk \in O_j^s(A^s \cup A^m)} z_{ljk} = -y_l, j = l; \forall l \in S \quad \text{.....(7)}$$

$$z_{lij} \leq y_i, \forall i \in S, \forall l \in (S - j), \forall ij \in (A^s \cup A^m) \quad \text{.....(8)}$$

$$z_{lij} \leq y_j, \forall j \in S, \forall l \in (S - j), \forall ij \in (A^s \cup A^m) \quad \text{....(9)}$$

$$ME_i \cdot y_i + \sum_{l \in (S-i)} \sum_{ki \in I_i^s(A^s \cup A^m)} RE_i \cdot z_{lki} + \sum_{l \in S} \sum_{ij \in O_i^s(A^s \cup A^m)} TE_{ij} \cdot z_{lij} \leq e_i, \forall i \in S \quad \text{...(10)}$$

$$e_i \geq 0, \forall i \in S \quad \text{.....(11)}$$

$$y, z \in \{0,1\} \quad \text{.....(12)}$$

$$x, h, e \in \Re \quad \text{.....(13)}$$

La fonction objectif (1): est de minimiser la consommation d'énergie des nœuds de WSN et de minimiser le nombre des points de demande qui ne sont pas couverts, la minimisation d'énergie des nœuds implique la minimisation des nœuds actifs.

Les contraintes (2), (3), (4) et (5) sont relatives au problème de couve rature, ils assurent que les nœuds actifs couvrent les points de demandes.

Les contraintes (6), (7), (8) et (9) sont relatives au problème de connectivite, ils assurent un chemin entre chaque nœud actif l appartient S et la station de base m. Les contraintes (10) et (11) indiquent les limites des valeurs d'énergie.

La contrainte (12) indique les variables de décision sont booléens; et la contrainte (13) indique les autres variables sont des valeurs réelles.

4.8- Conclusion :

L'utilisation d'un déploiement optimisé pour surveiller un area permet d'optimiser le réseau en termes de nombre de capteurs utilisés et d'énergie consommée. Dans ce chapitre, nous avons adopté la dessellassions en treillis triangulaire en 2D pour fournir un déploiement optimal en utilisant le moins de nœuds de capteurs.

Nous avons proposé un calcul du nombre exact de no des nécessaire pour couvrir une zone rectangulaire complète.

Conclusion générale

Conclusion générale

Dans ce mémoire, nous avons traité le problème de déploiement optimisé dans le réseau de capteur sans fil en 2d .

Le WSN est un domaine de recherche vaste et nouveau qui rend quasiment impossible de couvrir tous les problèmes ou sophistications, et pour couvrir le maximum de problèmes est le but et que ce que nous essayons dans ce projet que nous nous concentrons sur deux problèmes principaux est d'éviter l'effet de la température sur le WSN avec un nombre minimum de nouds.

Bibliographie

Bibliographie:

[1] A.A Azlina.,A.A Kamarulzaman, and .I Zakiash, “Coverage strategies for Wireless Sensor Networks”, Journal of World Academy of Science, Engineering and Technology, Vol 50, 2009.

[2] A. Bendjeddou.Prolongation de la Durée de Vie des Batteries dans les Réseaux de Capteurs Sans Fil (RCSF). PhD thesis, Dep. Informatique, Fac. Sciences de l’Ingéniorat,Univ. Badji Mokhtar–ANNABA, 2015.

[3] A. Chouha. Traitement et transfert d’images par réseau de capteurs sans fil. Master’s thesis, Dep. Informatique, Univ. Hadj Lakhder–Batna, 2011.

[4] A. H. D. Miguel J. Bilbao and H. D. Kambezidis. Air temperature model evaluation in the north mediterranean belt area. 1. of applied meteorology, 2002.

[5] A.S.Tanembaum, Computer Networks, 3rd Edition. Prentice Hall PTR. 1996.

[6] C. ARAAR. Compression d’images dans les réseaux de capteurs sans fil. Master’s thesis, Dep. Informatique, Fac. Sciences de l’Ingéniorat,Univ. Badji Mokhtar–ANNABA, 2015.

[7] C. Corporation. Cc2400 2.4 ghz low-power rf transceiver, data sheet [online]. http ://www.ti.com/lit/gpn/cc2400, 2008.

[8] Chakrabarty, K., Iyengar, S.S., Qi, H. and Cho, E.,“Grid Coverage for Surveillance and Target Location in Distributed Sensor Networks”, in Proc. Of IEEE Transactions on Computers 2002.

[9] D. G. Erbs. Models and applications for weather statistics related to building heating and cooling loads. PhD thesis, Dep. Mechanical Engineering, Univ. Wisconsin Madison, 1984.

[10] F.P. Quintao, F.G. Nakamura, and G. R.Mateus. A Hybrid Approach to solve The Coverage and Connectivity Problem in Wireless Sensor Networks.

In Proceedings of the IV European Workshop on Metaheuristics (EU/ME04), volume 1, 2004.

[11] H. Gupta, S. R. Das, Q. Gu, “Connected sensor cover: Self-Organization of sensor networks for efficient query execution”, in Proc. of MobiHoc Annapolis,USA, June 2003.

[12] Howard, A., Mataric, M.J, and Sukhatme. “Mobile Sensor Network Deployment using Potential Fields: A Distributed, Scalable Solution to the Area Coverage Problem”, in Proc. Of the 6 The International Symposium on Distributed Autonomous Robotics Systems, Fukuoka, Japan June 25-27, 2002 pp. 299-308.

[13] M. BENAZZOUZ. Surveillance de tout point d’une zone d’intérêt à l’aide d’un réseau de capteur multimédia sans fil. Master’s thesis, 2013.

[14] M. GAYE. Etat de l’art sur les wsn. Technical report, Université Cheikh Anta DIOP de Dakar Faculté des Sciences et Techniques Departement Mathémattique-Informatique,2014.

[15] M. Srivastava D. Culler, D. Estrin. Overview of sensor networks. IEEE Computer Society, 2004.

[16] N. BOUNEGTA. Approche distribuée pour la sécurité d’un réseau de capteurs sans fils(rcsf). Master’s thesis, Univ.Bechar, Fac.Sciences Exactes, dep.Informatique, 2010.

[17] N. Ziviani, Projets de Algorithmes, Implémentation en Pascal et C. Thompson Edition, 2003.

[18] R. Kacimi.Technique de conservation d’énergie pour les réseaux de capteurs sans fil.PhD thesis, Université de Toulouse, 2009.

[19] Sandeep K.S. Gupta K. Bannister, G. Giorgetti. Wireless sensor networking for “hot” spplications : Effects of temperature on signal strength, data collection and localization. the 5th Workshop on Emb. Networked Sensors (HotEmNets), 2008.

[20] S. MOAD. La consommation d’énergie dans les réseaux de capteurs sans fil. Technical report, Institut de Formation Supérieure en Informatique et Communication, 2007/2008.

[21] S.P. Kumar C.Y. Chong. Sensor networks : Evolution, opportunities, and challenges. IEEE, 2003.

[22] T. Instruments. Cc2530 a true system-on-chip solution for 2.4-ghz ieee 802.15.4 and zigbee applications, data sheet[online].http ://www.ti.com/lit/ds/symlink/cc2530.pdf ,2009.

[23] Wang, G., Cao, G. and Porta, T.L, “A Bidding Protocol for Deploying Mobile Sensors Network Protocols”, in Proc. Of 11 The IEEE International Conference on Network Protocols, pp. 315 –324,2003.

[24] Y. Busnel. Systèmes d’information collaboratifs et auto-organisants pour réseaux de capteurs large-échelle : "De la théorie à la pratique". PhD thesis, Univ. Rennes, Mention Informatique, 2008.

[25] Y. Challal A. Bouabdallah A. Bachir, W. Bechkit. Joint connectivity-coverage temperature-aware algorithms for wireless sensor networks. IEEE TRANSACTIONS ON PARALLEL AND DISTRIBUTED SYSTEMS, 2015.

[26] Y. CHALLAL. Réseaux des capteurs sans fils. Technical report, 2008.

[27] Y. YOUNES. Minimisation d’énergie dans un réseau de capteurs. Master’s thesis, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou,Faculte de Genie Electrique et d’Informatique,2012.