



Master Réseaux Mobiles et Services



Introduction aux réseaux de capteurs sans fil

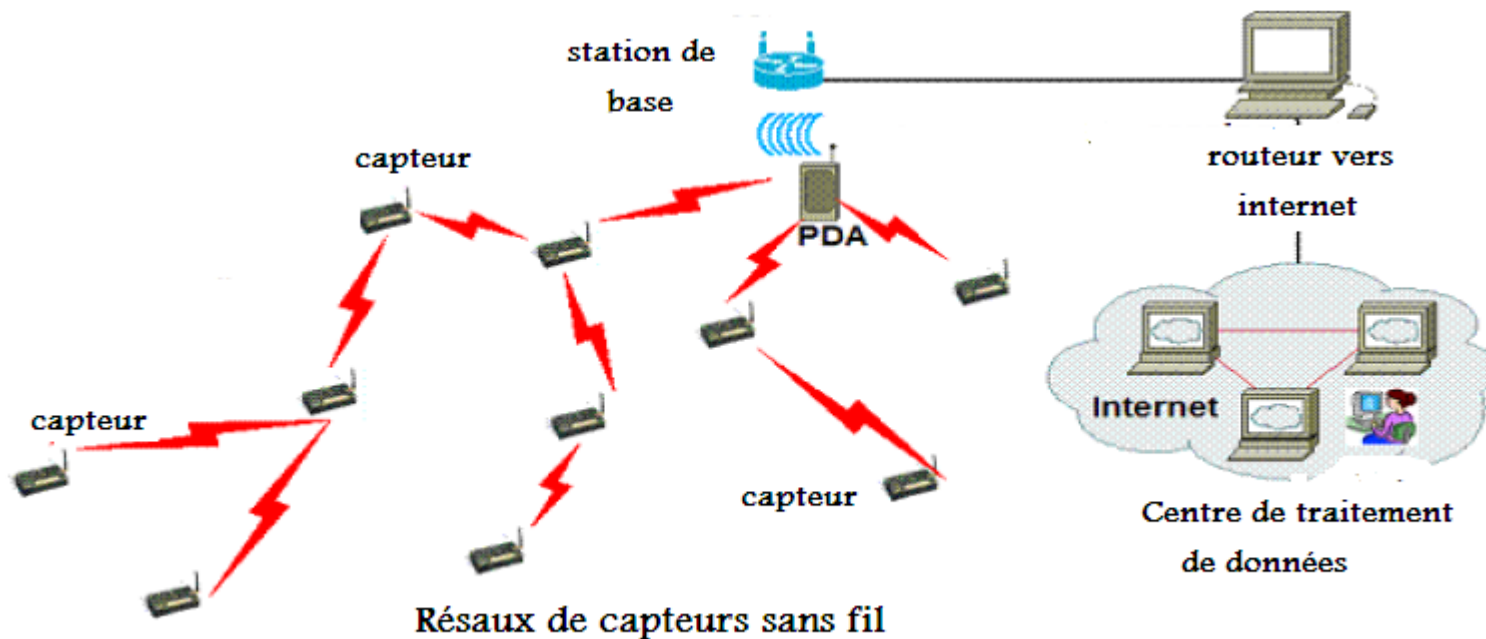
Définition

- Un réseau de capteurs est littéralement un réseau *prés à l'emploi* : des terminaux ou ce qu'on appelle des nœuds capteurs qui peuvent communiquer spontanément via des liaisons radio, sans infrastructure fixe préalable. Le réseau doit fonctionner de façon autonome, sans intervention humaine.

Définition

- Les nœuds sont généralement matériellement petits, construits à partir des composants pas chers pour maintenir un coût de réseau maniable et placés généralement dans l'environnement près des objets auxquels ils s'intéressent.
- Un réseau capteurs est généralement composé entre 10 et 10000 nœuds qui communiquent ensemble via les canaux radios ou bien d'autres types de communications comme les canaux acoustiques,...

Définition



Architecture d'un capteur

- La conception d'un réseau de capteurs est basée sur cette équation :
 - Détecter/Capter + CPU + Radio = des milliers d'applications
- En plus ces réseaux de capteurs peuvent être statique ou bien dynamique, donc les nœuds de réseaux sont générales capables de s'auto-configurer.

MIB510CA



MCS410



Architecture d'un capteur

Génération	Période	Taille	Poids	Batterie
1 ^{ère}	Les années 80 et 90	Grande boîte à chaussures	Kilogrammes	Grosse
2 ^{ème}	Entre 2000 et 2003	Boîte de cartes	Grammes	AA
3 ^{ème}	2010	Particule de poussière	Négligeable	Solaire

Architecture d'un capteur

- Un réseau de capteurs est un réseau informatique composé de noeuds appelés aussi motes, généralement un mote est composé d'un microprocesseur, RAM, interface radio (pour la communication avec les voisins), micro-capteurs capables de collecter et de traiter les informations provenant de l'environnement et une source d'énergie.

Architecture d'un capteur

- **Sous système de calcul**

Il comprend un processeur associé généralement à une petite unité de stockage et fonctionne à l'aide de système d'exploitation TinyOS spécial pour les micros capteurs. Ce sous-système est chargé d'exécuter les protocoles de communication permettant de faire collaborer le nœud avec les autres nœuds du réseau.

Architecture d'un capteur

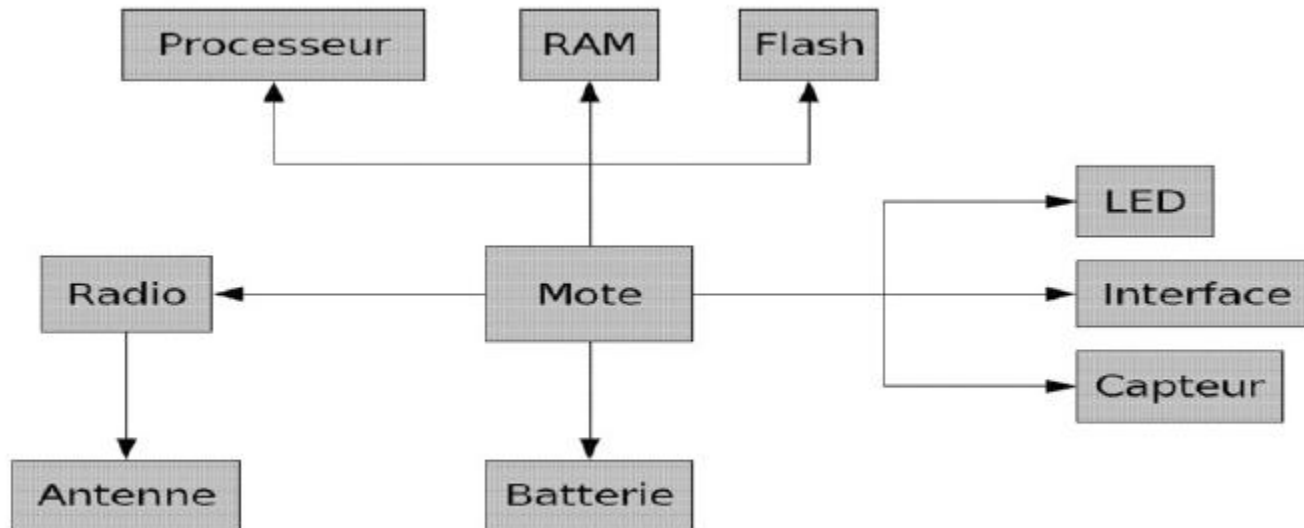
- **Sous système de communication**

Il est considéré comme un système radio à courte portée et peut fonctionner en quatre modes : Transmit, Receive, Idle, Sleep.

- **Sous système de capteurs**

C'est l'ensemble de capteurs et d'actionneurs (détecteurs) qui relie le nœud au monde extérieur.

Architecture d'un capteur



Architecture d'un capteur

- Mote, processeur, RAM et Flash : On appelle généralement Mote la carte physique utilisant le système d'exploitation pour fonctionner. Celle-ci a pour coeur le bloc constitué du processeur et des mémoires RAM et Flash. Cet ensemble est à la base du calcul binaire et du stockage, temporaire pour les données et définitif pour le système d'exploitation.

Architecture d'un capteur

- **Radio et antenne : Un capteur est conçu pour mettre en place des réseaux sans fils,**
 - les équipements étudiés sont donc généralement équipés d'une radio ainsi que d'une antenne afin de se connecter à la couche physique que constitue les émissions hertziennes.

Architecture d'un capteur

- **LED, interface, capteur** : Prévus pour mettre en place des réseaux de capteurs, on retrouve donc des équipements bardés de différents types de détecteurs et autres entrées.
- **Batterie** : Comme tout dispositif embarqué, ils disposent d'une alimentation autonome telle qu'une batterie, et parfois d'un panneau solaire pour permettre de recharger cette batterie, ce qui lui permet d'être disposé dans un endroit parfois inaccessible.

Systeme d'exploitation

- **TinyOS:** TinyOS est un système d'exploitation open source conçu pour les capteurs sans fils et développé par l'Université de Berkeley. Il est basé sur une architecture à base de modules : pilotes pour les capteurs, les protocoles réseau et les services distribués. Les composants sont programmés en NesC, un langage de programmation dérivé du C adapté aux faibles ressources physiques des capteurs.

Systeme d'exploitation

- **SOS**

- SOS est un système d'exploitation open-source pour les réseaux de capteurs développés par le laboratoire réseaux et systèmes embarqués de l'université de Los Angeles, il est basé sur une architecture modulaire.
- SOS est écrit en langage C, il supporte les plateformes de la famille MICA.

Systeme d'exploitation

- **MOS**

- MOS est un système d'exploitation open-source pour les capteurs développés par le MANTIS group à l'université du Colorado.
- MOS est développé en C. Il supporte les plateformes de la famille MICA et de la famille Telos.

Caractéristiques des RCSF

- **Le paradigme ad hoc**
 - Un grand nombre de capteurs : Des réseaux de 10000 noeuds peuvent être envisagés.
 - Absence d'infrastructure.
 - Limitation des ressources des capteurs

Caractéristiques des RCSF

- **Absence d'infrastructure :**
 - Les réseaux ad hoc, en général, se distinguent des autres réseaux mobiles par la propriété d'absence d'infrastructure préexistante et de tout genre d'administration centralisée. Les hôtes mobiles sont responsables d'établir et de maintenir la connectivité du réseau d'une manière continue.

Caractéristiques des RCSF

- **Contrainte d'énergie :**
 - Dans plusieurs applications, les nœuds de capteurs sont placés dans des surfaces distantes, le service du nœud peut ne pas être possible, dans ce cas la durée de vie du nœud peut être déterminée par la vie de la batterie, ce qui exige la minimisation des dépenses énergétiques.

Caractéristiques des RCSF

- **Topologie dynamique :**
 - Les capteurs peuvent être attachés à des objets mobiles qui se déplacent d'une façon libre et arbitraire rendant ainsi, la topologie du réseau fréquemment changeante.

Caractéristiques des RCSF

- **Auto organisation du réseau :**
 - Ceci peut être nécessaire dans plusieurs cas. Par exemple, un réseau comportant un grand nombre de nœuds placés dans des endroits hostiles où la configuration manuelle n'est pas faisable,
 - Un autre cas est celui où un nœud est inséré ou retiré (à cause d'un manque d'énergie ou de destruction physique), ainsi le réseau doit être capable de se reconfigurer pour continuer sa fonction.

Caractéristiques des RCSF

- **Sécurité physique limitée :**
 - Les RCSF mobiles sont plus touchés par le paramètre de sécurité que les réseaux filaires classiques. Cela se justifie par les contraintes et limitations physiques qui font que le contrôle des données transférées doit être minimisé.
 - La vulnérabilité est liée à la technologie sans fil sous jacente. Quiconque possédant le récepteur adéquat peut potentiellement écouter ou perturber les messages échangés ;
 - Les nœuds eux-mêmes sont des points de vulnérabilité du réseau car une attaque peut compromettre un composant laissé sans surveillance ;

Caractéristiques des RCSF

- **Coût de production :**
 - Le coût des RCSF, qui sont constitués d'un grand nombre de nœuds, dépend de celui d'un seul nœud qui ne doit pas être cher.

Caractéristiques des RCSF

- **Scalabilité :**

- Une des caractéristiques des RCSF est qu'ils peuvent contenir des centaines voir des milliers de nœuds capteurs. Le réseau doit être capable de fonctionner avec ce nombre de capteurs tout en permettant l'augmentation de ce nombre et la concentration (densité) des nœuds dans une région.

Caractéristiques des RCSF

- **Tolérance aux fautes :**
 - Le réseau doit être capable de maintenir ses fonctionnalités sans interruption en cas de défaillance d'un de ses capteurs. Cette défaillance peut être causée par une perte d'énergie, par un dommage physique ou par interférence de l'environnement. Le degré de tolérance dépend du degré de criticité de l'application et des données échangées.

Applications des RCSF

- Les RCSF mobiles peuvent être constitués de différents types de capteurs capables de surveiller une variété de paramètres, tels que, la température, l'humidité, la pression, le mouvement des véhicules, le niveau de bruit, la présence ou l'absence d'objets, etc.

Applications des RCSF

- **Réseaux de poursuite**
 - Ces réseaux sont généralement développés par l'armée, ils peuvent servir à surveiller toutes les activités d'une zone stratégique ou d'accès difficile, ainsi on pourra détecter des agents chimiques, biologiques ou des.
 - On peut aussi penser à des capteurs embarqués sur les soldats pour faciliter leur guidage et le contrôle de leur position depuis la base.

Applications des RCSF

- **Réseaux de collection des données d'environnement**
 - Les nœuds de ce type de réseau peuvent avoir plusieurs fonctionnalités et différents types de capteurs. Ce type de réseau nécessite généralement un flux de données faible, une durée de vie importante ; il sert à la collecte périodique des données environnementales puis leur transmission vers la station de base.

Applications des RCSF

- **Réseaux de surveillance et sécurité**
 - La différence entre ce réseau et le réseau de collection d'environnement est que les nœuds ne transmettent pas l'ensemble des données collectées mais seulement les rapports concernant une violation de la sécurité. Ce sont en général des nœuds fixes qui contrôlent d'une façon continue la détection d'une anomalie dans le fonctionnement d'un système. Ainsi les altérations dans la structure d'un bâtiment, suite à un séisme, pourraient être détectées par des capteurs intégrés dans les murs ou dans le béton, sans alimentation électrique ou autres connexions filaires.

Applications des RCSF

□ Sécurité



□ Commercial/Industriel



□ Environnemental



□ Militaire



□ Domotique



□ Agriculture



□ Médical



Applications des RCSF

- **Le bâtiment** : L'évolution de la structure d'un ouvrage d'art, la gestion de la température et de la lumière dans un immeuble, la domotique, les interrupteurs autonomes non câblés, etc. constituent quelques exemples d'applications dans le domaine du bâtiment.
- **Les transports** : La gestion du trafic, la déformation de structure, les capteurs de pression des pneus, etc. en sont quelques exemples

Applications des RCSF

- **Applications militaires** : On peut penser à un réseau de capteurs déployé sur un endroit stratégique ou d'accès difficile, afin de surveiller toutes les activités des forces ennemies, ou d'analyser le terrain avant d'y envoyer des troupes (détection d'agents chimiques, biologiques ou de radiations).
- **Applications agricoles** : Dans les champs agricoles, les capteurs peuvent être semés avec les graines. Ainsi, les zones sèches seront facilement identifiées et l'irrigation sera donc plus efficace.

Applications des RCSF

- **Le médical** :Le domaine médical peut lui aussi intégrer des applications pertinentes. Comme par exemple : l'aide à la médication et le suivi des patients à distance (rythme cardiaque, pression du sang, etc), l'identification des allergies et des médicaments administrés aux patients, la localisation des docteurs et des patients dans l'hôpital, etc.