



Université Gaston Berger de Saint-Louis

Technologies émergentes

Pr. Ousmane THIARE

M2RSD

[www.ousmanethiare.com]

10 mai 2024

Contenu

Internet des Objets (IdO)

- Introduction
- Emergence du concept
- Définitions
- Architecture de l'Internet des Objets
- Les protocoles de l'Internet des Objets
- Pourquoi est-ce important
- Enjeux de l'Internet des objets
- L'Internet des objets en chiffres
- L'évolution des technologies IdO
- Applications de l'Internet des objets
- Exemples d'application de l'Internet des objets

Machine To Machine (M2M)

- Introduction
- Définition
- Architecture M2M
- Différence entre IdO et M2M

Technologie LoRa (Long Range)

- Origines de LoRa ?
- Avantages de LoRa
- LPWAN : Les réseaux bas débit pour l'Internet des Objets
- Caractéristiques de LPWAN
- Fonctionnement d'un réseau LPWAN
- Implémentation d'un réseau LPWAN
- Qu'est-ce que LoRaWAN
- Architecture LoRaWAN
- LoRaWAN
- Durée de vie de la batterie
- Capacité réseau
- Sécurité
- Évaluation de LoRaWAN

Contenu

Internet des Objets (IdO)

- Introduction

- Emergence du concept

- Définitions

- Architecture de l'Internet des Objets

- Les protocoles de l'Internet des Objets

- Pourquoi est-ce important

- Enjeux de l'Internet des objets

- L'Internet des objets en chiffres

- L'évolution des technologies IdO

- Applications de l'Internet des objets

- Exemples d'application de l'Internet des objets

Machine To Machine (M2M)

L'Internet des Objets (IdO) est un « réseau de réseaux » composé de nombreux éléments complémentaires ayant chacun leurs propres spécificités : technologies d'identification, technologies mobiles, architectures ouvertes et modulaires. Évolution logique de l'implantation du réseau Internet qui suit celle des dispositifs mobiles, l'Internet des Objets préfigure également une totale révolution des usages, des fonctionnements et des organisations.

En premier lieu, l'Internet des Objets était considéré comme une simple prolongation de l'identification d'objet par radiofréquence. Mais si l'on considère les possibilités actuelles d'évolutions et le nombre d'applications attendues à l'interconnexion des objets, l'Internet des Objets apparaît davantage comme une révolution : durant le 19^{ème} siècle, les machines ont appris à exécuter des commandes, durant le 20^{ème} siècle, elles ont appris à penser, et durant le 21^{ème} siècle, elles apprendront à anticiper et à percevoir.

Si ce concept est en train de s'implanter dans notre société, à travers le développement de services et applications, ainsi que la mise en œuvre de projets pilotes à grande échelle, de grands défis restent à relever afin de permettre le passage d'un réseau personnel à un réseau mondial constitué par les objets environnants communicants : interopérabilité, réglementation, normalisation, anticipation, etc.

Contenu

Internet des Objets (IdO)

- Introduction

- Emergence du concept

- Définitions

- Architecture de l'Internet des Objets

- Les protocoles de l'Internet des Objets

- Pourquoi est-ce important

- Enjeux de l'Internet des objets

- L'Internet des objets en chiffres

- L'évolution des technologies IdO

- Applications de l'Internet des objets

- Exemples d'application de l'Internet des objets

Machine To Machine (M2M)

L'Internet des Objets (IdO) est une partie intégrante des évolutions qui constitueront l'Internet du Futur, qui désigne toutes les activités de recherche liées aux nouvelles architectures de l'Internet. Avec l'Internet des objets, il s'agit d'évoluer d'un réseau d'ordinateurs interconnectés vers un réseau d'objets interconnectés autonomes. Cette évolution marquera un tournant décisif dans le développement de l'architecture globale de l'Internet, puisqu'elle le prolongera dans le monde physique, permettant ainsi d'envisager de répondre à bon nombre de défis actuels tels que le vieillissement de la population et la lutte contre l'isolement, les économies d'énergie, le développement durable, etc.

Le concept d'Internet des Objets n'est pas récent. Il a été évoqué dès 1926 par l'inventeur Nikola Tesla qui imaginait une planète fonctionnant comme un immense cerveau, dans lequel les éléments feraient partie d'un tout dynamique et rythmé par des connexions sans fil¹. C'est en 1999 que le terme le désignant a été pour la première fois employé dans une publication scientifique relatant des travaux en identification par radiofréquence (RFID) menés par le laboratoire Auto-ID Center du Massachusetts Institute of Technology. Si en premier l'Internet des Objets était considéré comme une simple prolongation de l'identification d'objet par radiofréquence, les recherches ont par la suite montré que l'Internet des Objets allait bien plus loin.

Kevin Ashton, ancien directeur du centre de recherche du MIT, a ainsi fait le constat que les données d'Internet sont produites ou encodées pour l'essentiel par l'homme et qu'elles ne se rapportent pas, ou peu, aux objets du réel. Par l'émergence du concept d'Internet des Objets, il proposa alors d'enclencher la notion d'un Internet diffusant des données sur les objets du monde physique (le monde réel) : leurs états, leurs propriétés, leurs natures, leurs localisations, des données qui seraient alimentées par des machines autonomes, capables d'identifier et d'observer fidèlement les objets du réel. En somme, Kevin Ashton proposait là de brancher le monde virtuel sur le monde réel.

Les objets sont ainsi appelés à devenir des participants actifs du réseau, capables de communiquer et d'interagir entre eux, avec leur environnement, et avec l'humain. Trois types de communication peuvent être établies dans des zones restreintes (« intranet des objets ») ou publiques (« internet des objets »)

- d'objet à personne ;
- d'objet à objet ;
- de machine à machine (M2M).

Contenu

Internet des Objets (IdO)

- Introduction

- Emergence du concept

- Définitions

- Architecture de l'Internet des Objets

- Les protocoles de l'Internet des Objets

- Pourquoi est-ce important

- Enjeux de l'Internet des objets

- L'Internet des objets en chiffres

- L'évolution des technologies IdO

- Applications de l'Internet des objets

- Exemples d'application de l'Internet des objets

Machine To Machine (M2M)

Qu'est-ce que l'Internet des Objets

Définition

Bien qu'il n'y ait pas de définition universelle l'IdO désigne de manière générale la mise en réseau au moyen d'Internet d'objets physiques qui ont la capacité de colliger et d'échanger des données.

Définition proposée par l'UIT lorsqu'elle a inventé le concept d'IdO

"A world where "things" can automatically communicate to computers and to each other, providing services for the benefit of human kind."

Qu'est-ce que l'Internet des Objets

Définition

Une définition plus synthétique est la suivante l'IdO est « un réseau de réseaux qui permet, via des systèmes d'identification électronique normalisés et unifiés, et des dispositifs mobiles sans fil, d'identifier directement et sans ambiguïté des entités numériques et des objets physiques et ainsi de pouvoir récupérer, stocker, transférer et traiter, sans discontinuité entre les mondes physiques et virtuels, les données s'y rattachant ».

Qu'est-ce que l'Internet des Objets

Définition

Bien qu'il n'y ait pas de définition universelle l'IdO désigne de manière générale la mise en réseau au moyen d'Internet d'objets physiques qui ont la capacité de colliger et d'échanger des données.

Définition

- Connecter les objets à des informations ;
- Connecter les objets aux objets ;
- Connecter les objets aux humains.

En tout lieu, à tout moment, et simplement

Qu'est-ce que l'Internet des Objets

L'Internet des Objets représente un concept général pour la capacité des périphériques réseau à détecter et à collecter des données du monde qui nous entoure, puis à partager ces données sur Internet où elles peuvent être traitées et utilisées à des fins intéressantes.

Certains utilisent aussi le terme Internet industriel de manière interchangeable avec IdO. Cela se réfère principalement aux applications commerciales de la technologie IdO dans le monde de la fabrication. L'Internet des objets n'est cependant pas limité aux applications industrielles.

Contenu

Internet des Objets (IdO)

- Introduction

- Emergence du concept

- Définitions

- Architecture de l'Internet des Objets

- Les protocoles de l'Internet des Objets

- Pourquoi est-ce important

- Enjeux de l'Internet des objets

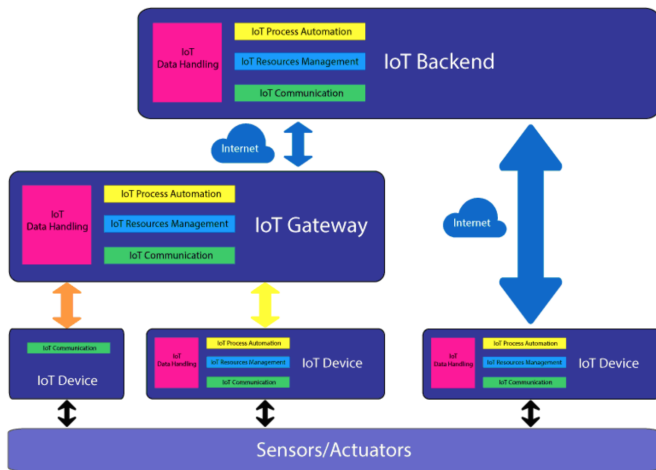
- L'Internet des objets en chiffres

- L'évolution des technologies IdO

- Applications de l'Internet des objets

- Exemples d'application de l'Internet des objets

Machine To Machine (M2M)



Contenu

Internet des Objets (IdO)

- Introduction

- Emergence du concept

- Définitions

- Architecture de l'Internet des Objets

- Les protocoles de l'Internet des Objets

- Pourquoi est-ce important

- Enjeux de l'Internet des objets

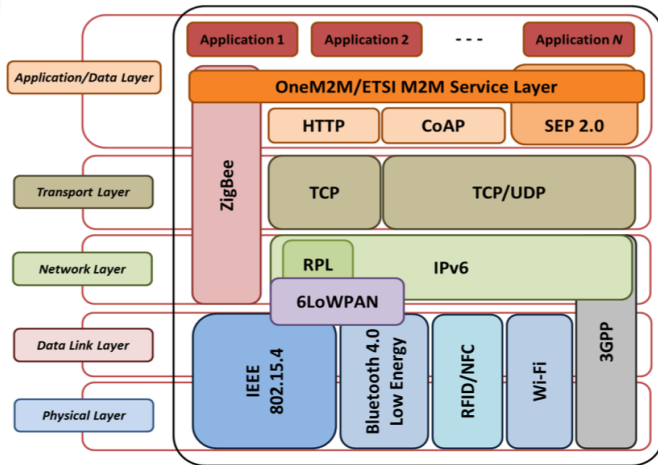
- L'Internet des objets en chiffres

- L'évolution des technologies IdO

- Applications de l'Internet des objets

- Exemples d'application de l'Internet des objets

Machine To Machine (M2M)



Contenu

Internet des Objets (IdO)

- Introduction

- Emergence du concept

- Définitions

- Architecture de l'Internet des Objets

- Les protocoles de l'Internet des Objets

- Pourquoi est-ce important

- Enjeux de l'Internet des objets

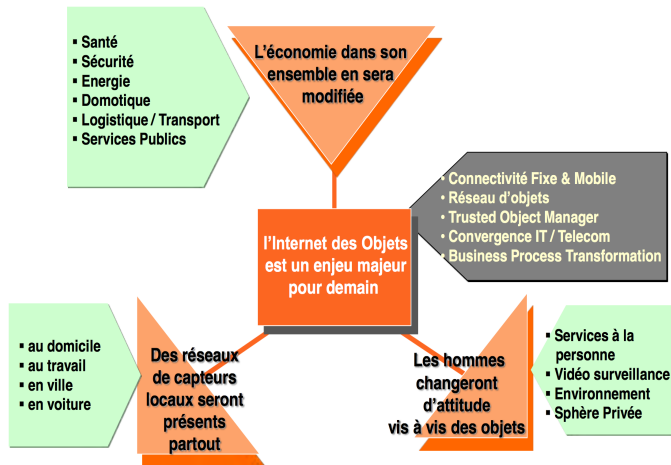
- L'Internet des objets en chiffres

- L'évolution des technologies IdO

- Applications de l'Internet des objets

- Exemples d'application de l'Internet des objets

Machine To Machine (M2M)



Contenu

Internet des Objets (IdO)

- Introduction

- Emergence du concept

- Définitions

- Architecture de l'Internet des Objets

- Les protocoles de l'Internet des Objets

- Pourquoi est-ce important

- Enjeux de l'Internet des objets

- L'Internet des objets en chiffres

- L'évolution des technologies IdO

- Applications de l'Internet des objets

- Exemples d'application de l'Internet des objets

Machine To Machine (M2M)

Enjeux l'Internet des Objets

Enjeux économiques

L'Internet des Objets est encore à mettre en oeuvre :

- chaque application doit trouver sa rentabilité et être testée systématiquement ;
- fragmentation de la chaîne de valeur entre de nombreux acteurs ;
- opérer le volume de données en temps réel : l'intégration et la gestion du réseau sont clés ;
- **les modèles économiques sont encore à inventer.**

Enjeux l'Internet des Objets

Enjeux réglementaires

L'écosystème est encore complexe :

- les réglementations à venir (ex : vie privée) vont impacter les modèles économiques ;
- un accord sur la normalisation des fréquences et les protocoles est fondamental pour diminuer les coûts et atteindre une réelle interopérabilité des systèmes ;
- **besoin de tiers de confiance pour assurer la sécurité et le partage des données.**

Enjeux l'Internet des Objets

Enjeux sociétaux

Ethique et enjeux liés aux consommateurs :

- tracer les objets et non les personnes : quelles données conserver ? combien de temps ? ;
- simplicité d'usage : une clé de la réussite ;
- **le grand public doit être mieux informé des possibilités de l'Internet des objets.**

Contenu

Internet des Objets (IdO)

- Introduction

- Emergence du concept

- Définitions

- Architecture de l'Internet des Objets

- Les protocoles de l'Internet des Objets

- Pourquoi est-ce important

- Enjeux de l'Internet des objets

- L'Internet des objets en chiffres

- L'évolution des technologies IdO

- Applications de l'Internet des objets

- Exemples d'application de l'Internet des objets

Machine To Machine (M2M)



25 milliards
d'appareils
connectés d'ici 2020
– Gartner

75 milliards
d'appareils
connectés d'ici 2020
– Morgan Stanley



Hausse des
communications entre
machines de 24 % en
2014 à 43 % en 2019
– Cisco



Incidence économique
potentielle de
11 trillions de dollars
d'ici 2025

11 % de l'économie
mondiale – McKinsey
& Co



Contenu

Internet des Objets (IdO)

- Introduction

- Emergence du concept

- Définitions

- Architecture de l'Internet des Objets

- Les protocoles de l'Internet des Objets

- Pourquoi est-ce important

- Enjeux de l'Internet des objets

- L'Internet des objets en chiffres

- L'évolution des technologies IdO

- Applications de l'Internet des objets

- Exemples d'application de l'Internet des objets

Machine To Machine (M2M)

		EN 2020 (VS. AUJOURD'HUI)	
	Coût des capteurs	▼	0,3 €/capteur
	Connectivité sans fil	▲	Taux de pénétration de 4G : x5
	Puissance des processeurs	▲	x6
	Miniaturisation	▼	Des « ordinateurs » de la taille d'un grain de sable
	Cloud, stockage, data	▲	x16 de volume de données

Contenu

Internet des Objets (IdO)

- Introduction

- Emergence du concept

- Définitions

- Architecture de l'Internet des Objets

- Les protocoles de l'Internet des Objets

- Pourquoi est-ce important

- Enjeux de l'Internet des objets

- L'Internet des objets en chiffres

- L'évolution des technologies IdO

- Applications de l'Internet des objets

- Exemples d'application de l'Internet des objets

Machine To Machine (M2M)



Contenu

Internet des Objets (IdO)

- Introduction

- Emergence du concept

- Définitions

- Architecture de l'Internet des Objets

- Les protocoles de l'Internet des Objets

- Pourquoi est-ce important

- Enjeux de l'Internet des objets

- L'Internet des objets en chiffres

- L'évolution des technologies IdO

- Applications de l'Internet des objets

- Exemples d'application de l'Internet des objets

Machine To Machine (M2M)

Transport-Logistique

Dans la logistique et le transport, l'IdO améliore non seulement les systèmes de flux, mais aussi le positionnement global et l'identification automatique du fret. Cela augmente également l'efficacité énergétique et diminue ainsi la consommation d'énergie. En conclusion, l'IdO devrait apporter des changements profonds à la chaîne d'approvisionnement mondiale via un mouvement de fret intelligent. Cela sera réalisé grâce à la synchronisation continue des informations de la chaîne d'approvisionnement et au suivi et au traçage en temps réel des objets. Cela rendra la chaîne d'approvisionnement transparente, visible et contrôlable, permettant une communication intelligente entre les personnes et les marchandises.

Maison intelligente

Les futurs maisons intelligentes seront conscientes de ce qui se passe dans un bâtiment, impactant principalement trois aspects : l'utilisation des ressources (conservation de l'eau et consommation d'énergie), la sécurité et le confort. L'objectif est de parvenir à un meilleur niveau de confort tout en réduisant les dépenses globales. De plus, les maisons intelligentes abordent également les problèmes de sécurité au moyen de systèmes de sécurité complexes pour détecter le vol, le feu ou l'entrée non autorisée. Les acteurs impliqués dans ce scénario constituent un groupe très hétérogène. Différents acteurs coopéreront dans la maison de l'utilisateur, tels que les FAI, les fabricants d'appareils, les opérateurs de télécommunications, les fournisseurs de services aux médias, les entreprises de sécurité, les compagnies d'électricité, etc.

Ville intelligente

Alors que le terme «ville intelligente» est encore un concept flou, il est généralement admis que c'est une zone urbaine qui crée un développement durable et une qualité de vie élevée. Le modèle de Giffinger et al.^a élucide les caractéristiques d'une ville intelligente, englobant l'économie, les personnes, la gouvernance, la mobilité, l'environnement et la vie⁹. Des performances supérieures dans ces domaines clés peuvent être obtenues grâce à un fort capital humain ou social et / ou une infrastructure TIC . Pour ce dernier, une analyse commerciale initiale conclut que plusieurs secteurs / industries bénéficieront de villes plus numérisées et intelligentes (exemples pour une ville d'un million de personnes).

a. "Smart cities. Ranking of European medium-sized cities", 2007

Santé

Le contrôle et la prévention sont deux des principaux objectifs des futurs soins de santé. Aujourd'hui, les gens ont la possibilité d'être suivis et surveillés par des spécialistes, même si le patient et le spécialiste ne sont pas au même endroit. Tracer l'histoire de la santé des gens est un autre aspect qui rend la santé électronique assistée par l'IdO très polyvalente. Les applications commerciales pourraient offrir la possibilité de services médicaux non seulement aux patients, mais aussi aux spécialistes, qui ont besoin d'informations pour procéder à leur évaluation médicale. Dans ce domaine, l'IdO rend l'interaction humaine beaucoup plus efficace car elle permet non seulement la localisation, mais aussi le suivi et la surveillance des patients. Fournir des informations sur l'état d'un patient rend l'ensemble du processus plus efficace et rend les gens beaucoup plus satisfaits.

Contenu

Internet des Objets (IdO)

Machine To Machine (M2M)

- Introduction

- Définition

- Architecture M2M

- Différence entre IdO et M2M

Technologie LoRa (Long Range)

Les réseaux de capteurs sans fil

Les communications entre machines ouvrent un formidable champ d'innovation. Quoique récentes, les technologies Machine To Machine (ou M2M) sont aujourd'hui suffisamment éprouvées pour qu'un très grand nombre d'entreprises puissent, en confiance, engager leurs propres projets : innovation dans les services et les usages, optimisation des processus- métiers, etc. Le Machine To Machine devient ainsi, dès aujourd'hui, un facteur majeur de compétitivité pour les acteurs économiques. Le M2M résulte de la convergence de trois familles de technologies : des objets intelligents reliés par des réseaux de communication avec un centre informatique capable de prendre des décisions.

Les usages du Machine To Machine sont multiples : La gestion de flotte, la gestion de la chaîne d'approvisionnement (Supply Chain Management), la télésurveillance, la surveillance des biens et des personnes, la domotique résidentielle ou d'entreprise, le télépaiement automatique.

Contenu

Internet des Objets (IdO)

Machine To Machine (M2M)

- Introduction

- Définition

- Architecture M2M

- Différence entre IdO et M2M

Technologie LoRa (Long Range)

Les réseaux de capteurs sans fil

Le M2M permet un échange bidirectionnel d'informations entre le device M2M et l'application. L'information reçue est ensuite traitée. Dans de nombreux cas, le M2M implique un groupe de « devices » semblables interagissant avec une application.

Dans certains cas, les devices dans le groupe ne peuvent pas directement communiquer avec l'application du fait de leurs capacités limitées. Dans ces conditions, un équipement de médiation (GW, Gateway) est nécessaire, permettant de consolider la communication

Une plate-forme de services M2M (capacités de service M2M) peut être intégrée dans l'architecture M2M. Elle est mise en oeuvre par un opérateur M2M. Elle représente un middleware entre les applications se trouvant dans les systèmes d'information des entreprises clients de l'opérateur et le réseau de communication. La plate-forme de service M2M :

- Fournit des fonctions M2M2 utilisables par différentes applications ;
- Expose des fonctions via un ensemble d'interfaces ouvertes ;
- Utilise les fonctionnalité du réseau cœur ;
- Simplifie et optimise le développement et le déploiement d'applications en cachant les spécificités réseau.

Contenu

Internet des Objets (IdO)

Machine To Machine (M2M)

- Introduction

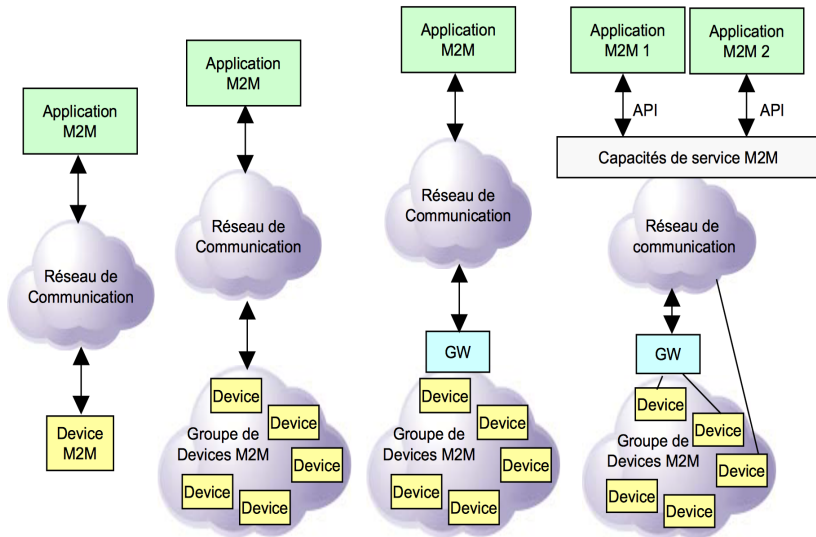
- Définition

- Architecture M2M

- Différence entre IdO et M2M

Technologie LoRa (Long Range)

Les réseaux de capteurs sans fil



Contenu

Internet des Objets (IdO)

Machine To Machine (M2M)

- Introduction

- Définition

- Architecture M2M

- Différence entre IdO et M2M

Technologie LoRa (Long Range)

Les réseaux de capteurs sans fil

Comme son nom l'indique, le M2M s'intéresse plutôt à la communication entre machines ou objets dotés déjà d'une certaine intelligence ou autonomie.

Contrairement au M2M, l'internet des objets ou IdO est plus vaste. L'IdO se situe à l'échelle d'un réseau et couvre l'ensemble des technologies qui permettent l'interaction avec les objets qui nous entourent incluant les objets non-intelligents et statiques. Même les appareils non-intelligents/non connectés peuvent être reliés à l'internet des objets. Le fait de doter un objet de cette faculté d'interaction avec le monde qui l'entoure le rends "communicant et connecté".

On peut par exemple connecter un pot de fleur à internet qui peut par exemple envoyer un tweet quand la plante qu'il contient a soif.

Mais dans quelle mesure l'IdO diffère du concept machine to machine (M2M) plus « traditionnel » ? L'élément essentiel est l'IP. Le M2M s'est principalement centré sur la liaison directe point à point au travers de réseaux mobiles ou de lignes fixes. Les communications IdO utilisent des réseaux IP et, généralement, des plateformes de cloud ou de middleware.

Ainsi, en accédant à des machines distantes puis en se reconnectant à la plateforme de gestion centralisée, le M2M s'occupe en fait uniquement de la communication, et non pas des processus et des applications plus générales qui font normalement partie du domaine de l'IdO.

Le concept du M2M est un sous ensemble de l'Internet des Objets. En effet, l'Internet des Objets se présente comme le prolongement d'Internet dans le monde physique. Il désigne les communications de données et d'informations entre objets et machines issues du monde réel vers le réseau Internet.

Contenu

Internet des Objets (IdO)

Machine To Machine (M2M)

Technologie LoRa (Long Range)

- Origines de LoRa ?

- Avantages de LoRa

- LPWAN : Les réseaux bas débit pour l'Internet des Objets

- Caractéristiques de LPWAN

- Fonctionnement d'un réseau LPWAN

- Implémentation d'un réseau LPWAN

- Qu'est-ce que LoRaWAN

- Architecture LoRaWAN

- LoRaWAN

- Conçue en France par Cycleo, une société grenobloise créée en 2009 et acquise en 2012 par Semtech, la technologie radio à longue portée LoRa (Long Range) est entrée dans une phase concrète de déploiement. De fait, alors que le premier circuit SX1272 a été lancé en production l'année dernière, les annonces d'équipements et de modules M2M compatibles se sont multipliées ces derniers mois ;
- Les promoteurs de la technologie de communication radio LoRa (long range) s'associent au sein du consortium LoRa Alliance. Parmi les fondateurs figurent les américains Cisco, IBM, Semtech et Microchip, mais aussi les français Actility, Eolane, Kerlink et Sagemcom. Objectif : standardiser et assurer l'interopérabilité des équipements et réseaux LoRa ;
- Développée par Cycleo, une société française rachetée en 2012 par Semtech. LoRa ne définit que la couche physique.

- LoRa est la couche physique ou la modulation sans fil utilisée pour créer la liaison de communication à longue distance. Beaucoup de systèmes sans fil hérités utilisent la modulation par déplacement de la fréquence (FSK - frequency shifting keying) comme couche physique car c'est une modulation très efficace pour obtenir une faible puissance ;
- LoRa est basé sur la modulation du spectre étalé (chirp spread spectrum modulation) , qui maintient les mêmes caractéristiques de faible puissance que la modulation FSK, mais augmente de manière significative la plage de communication ;
- Le spectre de propagation du signal (chirp spread spectrum) a été utilisé dans la communication militaire et spatiale depuis des décennies en raison des longues distances de communication qui peuvent être obtenues et de la robustesse des interférences, mais LoRa est la première implémentation à faible coût pour une utilisation commerciale.

Contenu

Internet des Objets (IdO)

Machine To Machine (M2M)

Technologie LoRa (Long Range)

- Origines de LoRa ?

- Avantages de LoRa

- LPWAN : Les réseaux bas débit pour l'Internet des Objets

- Caractéristiques de LPWAN

- Fonctionnement d'un réseau LPWAN

- Implémentation d'un réseau LPWAN

- Qu'est-ce que LoRaWAN

- Architecture LoRaWAN

- LoRaWAN

- L'avantage de LoRa se trouve dans la technologie à longue portée ;
- Une seule passerelle ou une station de base peut couvrir des villes entières ou des centaines de kilomètres carrés. La portée dépend fortement de l'environnement ou d'obstructions dans un endroit donné mais LoRa et LoRaWAN ont un bilan de liaison (budget link) supérieur à toute autre technologie de communication standardisée ;
- Le bilan de liaison, généralement donné en décibels (dB), est le facteur principal dans la détermination de la portée dans un environnement donné.

Contenu

Internet des Objets (IdO)

Machine To Machine (M2M)

Technologie LoRa (Long Range)

- Origines de LoRa ?

- Avantages de LoRa

- LPWAN : Les réseaux bas débit pour l'Internet des Objets

- Caractéristiques de LPWAN

- Fonctionnement d'un réseau LPWAN

- Implémentation d'un réseau LPWAN

- Qu'est-ce que LoRaWAN

- Architecture LoRaWAN

- LoRaWAN

- Les réseaux LPWAN (LPWAN, Low-Power Wide Area Network) ont été pensés pour connecter des applications dans le domaine M2M/IoT (Internet of Things). Les capteurs, les compteurs d'énergie communicants, les solutions de surveillance qui échangent de très petits volumes de données, requièrent des débits très faibles et nécessitent de consommer très peu d'énergie avec un fonctionnement sur pile, sont les applications type qui peuvent s'appuyer sur les LPWANs pour leurs échanges de communication ;
- Aujourd'hui, ce sont les réseaux mobiles (notamment 2G) qui prennent en charge ce type d'application, mais les LPWANs seront la forme dominante de technologie réseau pour un grand nombre d'application M2M/IoT dans le futur proche ;
- Alors que l'ETSI (European Telecommunications Standards Institute) propose désormais un standard appelé LTN (Low Throughput Network) pour spécifier l'architecture et les interfaces d'un LPWAN, des standards de facto existent déjà notamment Sigfox, LoRa, etc.

Contenu

Internet des Objets (IdO)

Machine To Machine (M2M)

Technologie LoRa (Long Range)

- Origines de LoRa ?

- Avantages de LoRa

- LPWAN : Les réseaux bas débit pour l'Internet des Objets

- Caractéristiques de LPWAN

- Fonctionnement d'un réseau LPWAN

- Implémentation d'un réseau LPWAN

- Qu'est-ce que LoRaWAN

- Architecture LoRaWAN

- LoRaWAN

- LPWAN est une technologie de réseau sans fil grande distance avec des caractéristiques spécifiques, qui la distingue des réseaux radio existants ;
- Les réseaux LPWAN permettent un transport des données (jusqu'à 40 km avec champ libre) et possèdent la capacité de communiquer avec des équipements en sous terrain, avec une consommation d'énergie minimum ;
- Par ailleurs, la transmission bas débit combinée avec un traitement du signal avancé permet une réelle protection contre les interférences. Par conséquent, LPWAN est très particulièrement adapté pour des devices M2M/IoT fonctionnant à bas débit, sur pile, et qui émettent quelques octets par jour, semaine ou mois. Les réseaux LPWAN peuvent coopérer avec les réseaux cellulaires pour adresser des cas d 'usage où la redondance ou une connectivité alternative est souhaitable.

LPWAN est un réseau à part entière qui fournit des interfaces ouvertes pour un écosystème de points terminaux (devices), de points d'accès (Access Point, AP), de réseaux et de fournisseurs de services. Les différentiateurs PWAN incluent :

- Puissance ultra basse sur les devices ;
- Optimisation pour des données utiles de petite taille et des débits faibles ;
- Couverture optimisée (urbaine, rurale, sous terrain) ;
- Coût d'investissement faible ;
- Coût d'exploitation faible.

Les devices rattachés à un LPWAN présentent les propriétés suivantes :

- Un volume de trafic par jour de 200 octets (typique) à 5000 octets (maximum) ;
- Les données utiles des paquets émis ont une taille de 12 octets (c'est le cas avec la technologie radio UNB (bande ultra étroite)) et au maximum de 255 octets ;
- Débit de 10 à 1 kbit/s en fonction de la technologie radio.

Un réseau LPWAN présente les caractéristiques suivantes :

- Long range : 5-40 km en champ libre ;
- Ultra low power : Durée de vie de la batterie peut atteindre 10 ans. La consommation d'une puce LPWAN est 300 fois moins importante que celle d'une puce GSM ;
- Débit : Dépend de l'application, mais jusqu'à une centaines de bits/s dans le sens montant (du device au réseau). En considérant UNB (Ultra Narrow Band) qui est une des technologies radio des LTNs, le débit maximum sur la bande de fréquence en Europe est de 100 bit/s, et sur la bande de fréquence aux USA de 600 bit/s.

Un réseau LPWAN présente les caractéristiques suivantes :

- Coût du chipset radio : moins de 2 dollars ;
- Coût de la souscription : Moins de 1 dollar par an par device ;
- Latence de transmission : N'est pas un critère essentiel pour l'Internet des Objets. Typiquement, les applications concernées sont tolérantes au délai ;
- Nombre de stations de base requis pour la couverture : Très faible, une station de base pouvant prendre en charge des milliers de devices ;
- Pénétration : Très bonne pénétration même en milieu rural et avec obstacles. Très important, par exemple pour des compteurs communicants installés au niveau des caves.

Contenu

Internet des Objets (IdO)

Machine To Machine (M2M)

Technologie LoRa (Long Range)

- Origines de LoRa ?

- Avantages de LoRa

- LPWAN : Les réseaux bas débit pour l'Internet des Objets

- Caractéristiques de LPWAN

- Fonctionnement d'un réseau LPWAN

- Implémentation d'un réseau LPWAN

- Qu'est-ce que LoRaWAN

- Architecture LoRaWAN

- LoRaWAN

Durant le fonctionnement d'un réseau LWPAN, les paramètres suivants sont pris en compte :

- Check-alive : Le réseau s'assure de manière périodique que le device est connecté au réseau : état de joignabilité et état opérationnel ;
- Keep-alive : périodiquement, le device s'assure qu'il est bien connecté au réseau : état de joignabilité ;
- RTC update : Assure que le device puisse périodiquement réaliser une mise à jour de son horloge temps réel ;
- Device monitoring (Alarm transmission) : Sur le lien montant, le device (point terminal) peut spontanément transmettre des données au HES (head end system), afin d'informer ce dernier qu'un événement non prévu est survenu au niveau du point terminal. Ce message est issu du point terminal et non pas du HES ;
- Device monitoring (Battery status update) : supervision de la durée de vie de la batterie.

Durant le fonctionnement d'un réseau LWPAN, les paramètres suivants sont pris en compte :

- Provisioning : Des données spécifiques doivent être émises afin d'initialiser le device ou de garantir qu'il soit opérationnel ;
- Location/movement : Localisation d'un device en déplacement (e.g., chien, vache, voiture), déterminée par le réseau LPWAN ;
- Payload volume : Typiquement des octets par jour, et au maximum, quelques koctets par jour. Ceci est directement lié au nombre de rapports de données à émettre par jour ;
- Payload data rate : bits par seconde. Au maximum quelques centaines de bits/s. ;
- Maximum Latency : le délai entre l'envoi des données par le device et le back end server et vice versa n'est pas un paramètre essentiel ;
- Data Privacy (DP) : Les données transmises sont chiffrées.

Durant le fonctionnement d'un réseau LWPAN, les paramètres suivants sont pris en compte :

- Device Authentication (DA) : Les devices s'authentifient afin d'accéder au réseau ;
- Data Integrity (DI) : Les devices protègent l'intégrité des données à transmettre afin d'éviter des modifications ou des falsifications sur les informations transmises ;
- Delivery assurance/reliability : Pour des applications de surveillance ou de gestion d'alarme, une haute fiabilité est requise et tous les paquets doivent être délivrés ;
- Downlink : Peut fonctionner en Unicast, Multicast ou Broadcast. Occasionnellement, il peut être nécessaire de mettre à jour un ensemble de devices (configuration, commandes, etc).

Contenu

Internet des Objets (IdO)

Machine To Machine (M2M)

Technologie LoRa (Long Range)

- Origines de LoRa ?

- Avantages de LoRa

- LPWAN : Les réseaux bas débit pour l'Internet des Objets

- Caractéristiques de LPWAN

- Fonctionnement d'un réseau LPWAN

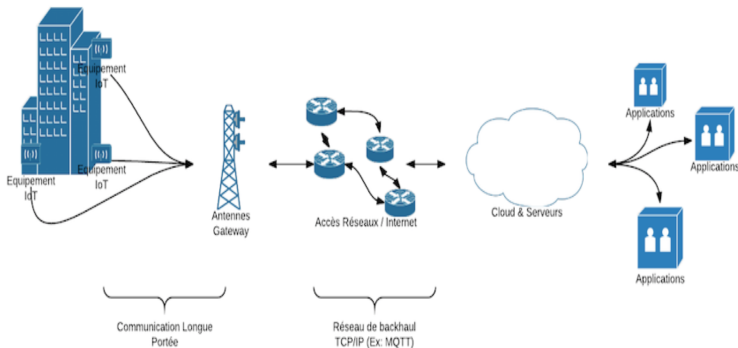
- Implémentation d'un réseau LPWAN

- Qu'est-ce que LoRaWAN

- Architecture LoRaWAN

- LoRaWAN

La typologie réseau LPWAN est constituée de d'antennes Gateway qui permettent de faire la correspondance entre le monde Hertzien et le monde d'Internet. Ces antennes se chargent d'émettre ou de recevoir des paquets vers les différents équipements IoT se trouvant à proximité (5 à 40 km).



Contenu

Internet des Objets (IdO)

Machine To Machine (M2M)

Technologie LoRa (Long Range)

- Origines de LoRa ?

- Avantages de LoRa

- LPWAN : Les réseaux bas débit pour l'Internet des Objets

- Caractéristiques de LPWAN

- Fonctionnement d'un réseau LPWAN

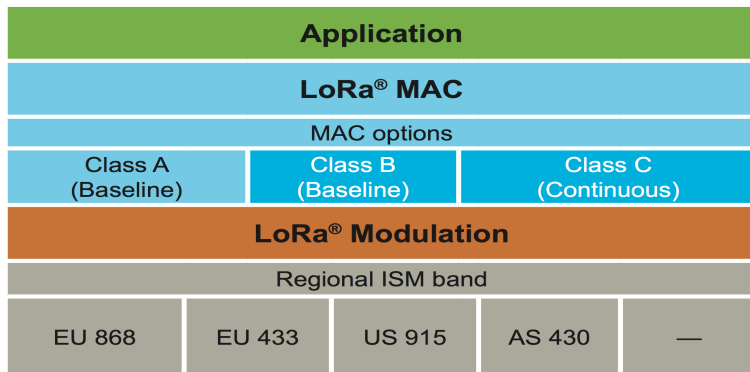
- Implémentation d'un réseau LPWAN

- Qu'est-ce que LoRaWAN

- Architecture LoRaWAN

- LoRaWAN

LoRaWAN définit le protocole de communication et l'architecture du système pour le réseau tandis que la couche physique LoRa permet le lien de communication à longue distance. Le protocole et l'architecture du réseau ont le plus d'influence dans la détermination de la durée de vie d'un nœud, de la capacité du réseau, de la qualité du service, de la sécurité et de la variété des applications desservies par le réseau.



Contenu

Internet des Objets (IdO)

Machine To Machine (M2M)

Technologie LoRa (Long Range)

- Origines de LoRa ?

- Avantages de LoRa

- LPWAN : Les réseaux bas débit pour l'Internet des Objets

- Caractéristiques de LPWAN

- Fonctionnement d'un réseau LPWAN

- Implémentation d'un réseau LPWAN

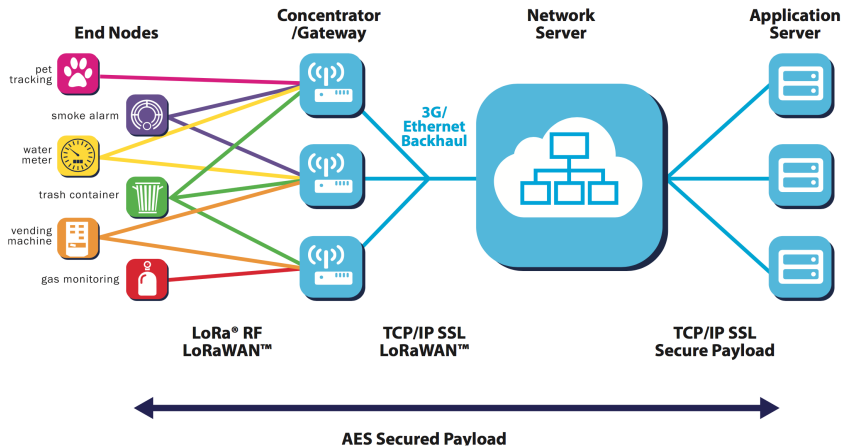
- Qu'est-ce que LoRaWAN

- Architecture LoRaWAN

- LoRaWAN

De nombreux réseaux déployés existants utilisent une architecture de réseau maillé. Dans un réseau maillé, les nœuds finaux individuels renvoient les informations d'autres nœuds pour augmenter la portée de la communication et la taille de la cellule du réseau. Bien que cela augmente la portée, il ajoute également de la complexité, réduit la capacité du réseau et réduit la durée de vie de la batterie lorsque les nœuds reçoivent et renvoient des informations provenant d'autres nœuds qui ne sont probablement pas pertinents pour eux.

L'architecture en étoile à longue portée permet de préserver la durée de vie de la batterie lorsque la connectivité à longue portée peut être obtenue.



Contenu

Internet des Objets (IdO)

Machine To Machine (M2M)

Technologie LoRa (Long Range)

- Origines de LoRa ?

- Avantages de LoRa

- LPWAN : Les réseaux bas débit pour l'Internet des Objets

- Caractéristiques de LPWAN

- Fonctionnement d'un réseau LPWAN

- Implémentation d'un réseau LPWAN

- Qu'est-ce que LoRaWAN

- Architecture LoRaWAN

- LoRaWAN

- Dans un réseau LoRaWAN, les nœuds ne sont pas associés à une passerelle spécifique. Au lieu de cela, les données transmises par un nœud sont généralement reçues par plusieurs passerelles ;
- Chaque passerelle transmettra le paquet reçu du nœud destinataire au serveur de réseau basé sur le Cloud via un backhaul (cellulaire, Ethernet, satellite ou Wi-Fi) ;
- L'intelligence et la complexité sont poussées vers le serveur réseau, qui gère le réseau et filtrera les paquets reçus redondants, effectuera des vérifications de sécurité, reconnaîtra le compte rendu grâce à la passerelle optimale et effectuera un débit adaptatif de données, etc.

Contenu

Internet des Objets (IdO)

Machine To Machine (M2M)

Technologie LoRa (Long Range)

- Origines de LoRa ?

- Avantages de LoRa

- LPWAN : Les réseaux bas débit pour l'Internet des Objets

- Caractéristiques de LPWAN

- Fonctionnement d'un réseau LPWAN

- Implémentation d'un réseau LPWAN

- Qu'est-ce que LoRaWAN

- Architecture LoRaWAN

- LoRaWAN

- Les nœuds d'un réseau LoRaWAN sont asynchrones et communiquent lorsqu'ils disposent de données prêtes à être envoyées, qu'elles soient organisées ou programmées ;
- Ce type de protocole est généralement appelé la méthode Aloha. Dans un réseau maillé ou avec un réseau synchrone, tel que cellulaire, les nœuds doivent fréquemment se réveiller pour se synchroniser avec le réseau et vérifier les messages ;
- Cette synchronisation consomme une énergie importante et est le premier pilote de la réduction de la durée de vie de la batterie. Dans une étude récente et une comparaison réalisée par GSMA des différentes technologies abordant l'espace LPWAN, LoRaWAN a montré un avantage de 3 à 5 fois par rapport à toutes les autres options technologiques.

Contenu

Internet des Objets (IdO)

Machine To Machine (M2M)

Technologie LoRa (Long Range)

- Origines de LoRa ?

- Avantages de LoRa

- LPWAN : Les réseaux bas débit pour l'Internet des Objets

- Caractéristiques de LPWAN

- Fonctionnement d'un réseau LPWAN

- Implémentation d'un réseau LPWAN

- Qu'est-ce que LoRaWAN

- Architecture LoRaWAN

- LoRaWAN

- Afin de rendre viable un réseau longue portée, la passerelle doit avoir une capacité ou une capacité très élevée à recevoir des messages provenant d'un très grand nombre de nœuds. La capacité de réseau élevée dans un réseau LoRaWAN est obtenue en utilisant un débit de données adaptatif et en utilisant un émetteur-récepteur multi-modem dans la passerelle afin que les messages simultanés sur plusieurs canaux puissent être reçus ;
- Les facteurs critiques de la capacité de production sont le nombre de canaux simultanés, le débit de données, la longueur de la charge utile et la façon dont les nœuds sont transmis. Puisque LoRa est une modulation basée sur le spectre étalé, les signaux sont pratiquement orthogonaux l'un à l'autre lorsque l'on utilise différents facteurs d'étalement ;
- Au fur et à mesure que le facteur d'étalement change, le taux de transmission de données évolue également. La passerelle profite de cette propriété en pouvant recevoir plusieurs débits de données multiples sur le même canal en même temps ;

- Si un nœud a un bon lien et est proche d'une passerelle, il n'y a aucune raison d'utiliser toujours le débit de données le plus bas et d'augmenter le spectre disponible plus longtemps qu'il le doit. En accélérant le débit de données, le time-on-air (date et heure de passage à l'antenne) est raccourci pour ouvrir plus d'espace potentiel pour les autres nœuds à transmettre ;
- Le taux de données adaptées optimise également la durée de vie d'un nœud. Pour que le débit de données adaptatif fonctionne, une liaison ascendante symétrique et un lien descendant sont nécessaires avec une capacité de liaison descendante suffisante. ;
- Ces fonctionnalités permettent à un réseau LoRaWAN d'avoir une capacité très élevée et de rendre le réseau évolutif. Un réseau peut être déployé avec une quantité minimale d'infrastructure et, en tant que capacité, il est possible d'ajouter plus de passerelles, de réduire les débits de données, de réduire la quantité d'écoute sur d'autres passerelles et d'augmenter la capacité de 6 à 8.

Contenu

Internet des Objets (IdO)

Machine To Machine (M2M)

Technologie LoRa (Long Range)

- Origines de LoRa ?

- Avantages de LoRa

- LPWAN : Les réseaux bas débit pour l'Internet des Objets

- Caractéristiques de LPWAN

- Fonctionnement d'un réseau LPWAN

- Implémentation d'un réseau LPWAN

- Qu'est-ce que LoRaWAN

- Architecture LoRaWAN

- LoRaWAN

- Il est extrêmement important pour tout LPWAN d'intégrer la sécurité. LoRaWAN utilise deux couches de sécurité : une pour le réseau et une pour l'application ;
- La sécurité du réseau garantit l'authenticité du nœud dans le réseau alors que la couche de sécurité de l'application garantit que l'opérateur réseau n'a pas accès aux données de l'utilisateur final. Le chiffrement AES est utilisé avec l'échange de clés en utilisant un identifiant IEEE EUI64 ;
- Il existe des compromis dans chaque choix de technologie, mais les fonctionnalités de LoRaWAN dans l'architecture de réseau, les classes de périphériques, la sécurité, l'évolutivité pour la capacité et l'optimisation pour la mobilité répondent à la plus grande variété d'applications potentielles IoT.

Contenu

Internet des Objets (IdO)

Machine To Machine (M2M)

Technologie LoRa (Long Range)

- Origines de LoRa ?

- Avantages de LoRa

- LPWAN : Les réseaux bas débit pour l'Internet des Objets

- Caractéristiques de LPWAN

- Fonctionnement d'un réseau LPWAN

- Implémentation d'un réseau LPWAN

- Qu'est-ce que LoRaWAN

- Architecture LoRaWAN

- LoRaWAN

- La spécification LoRaWAN varie légèrement d'une région à l'autre en fonction des différentes attributions régionales du spectre et les exigences réglementaires ;
- La spécification LoRaWAN pour l'Europe et l'Amérique du Nord est définie, mais d'autres régions sont encore définies par le comité technique.

	Europe	North America	China	Korea	Japan	India
Frequency band	867-869MHz	902-928MHz	470-510MHz	920-925MHz	920-925MHz	865-867MHz
Channels	10	64 + 8 + 8	In definition by Technical Committee	In definition by Technical Committee	In definition by Technical Committee	In definition by Technical Committee
Channel BW Up	125/250kHz	125/500kHz				
Channel BW Dn	125kHz	500kHz				
TX Power Up	+14dBm	+20dBm typ (+30dBm allowed)				
TX Power Dn	+14dBm	+27dBm				
SF Up	7-12	7-10				
Data rate	250bps- 50kbps	980bps-21.9kbps				
Link Budget Up	155dB	154dB				
Link Budget Dn	155dB	157dB				

Contenu

Internet des Objets (IdO)

Machine To Machine (M2M)

Technologie LoRa (Long Range)

- Origines de LoRa ?

- Avantages de LoRa

- LPWAN : Les réseaux bas débit pour l'Internet des Objets

- Caractéristiques de LPWAN

- Fonctionnement d'un réseau LPWAN

- Implémentation d'un réseau LPWAN

- Qu'est-ce que LoRaWAN

- Architecture LoRaWAN

- LoRaWAN

LoRaWAN a des économies considérables dans le déploiement et l'infrastructure requise par rapport aux systèmes existants. L'analyse ci-dessous est effectuée par Talkpool qui ont une expérience significative dans le déploiement des solutions basées sur WMBus et LoRa.

2000 apartments
80 buildings/staircases
Sensor cost equal

An average of 5 sensors/apartment (temperature, humidity and warm water consumption).
Fire detection optional.
Potential IoT revenue with LoRa.

400 repeaters
80 concentrators

WM-Bus

CAPEX	Design, prep	4 000	€100/hour
	Repeaters	32 000	€80/each
	Concentrators	20 000	€250/each
	Installation	24 200	€55/hour
	SUM	€ 80 200	

REVENUE	Business logic & Statistics	36 842	Yearly occurring
	Billing, Invoice		

LoRa Network Operator

CAPEX	Design, prep	1 600	€100/hour
	GW	6 000	€1500/each (500apts/GW)
	Installation	880	€55/hour
	SUM	€ 8 480	

REVENUE	Business logic & Statistics	Yearly occurring
	Billing, Invoice	
	Other IoT services	



Long Range

- Greater than cellular
- Deep indoor coverage
- Star topology



Max Lifetime

- Low power optimized
- 10-20yr lifetime
- >10x vs cellular M2M



Multi-Usage

- High capacity
- Multi-tenant
- Public network



Low Cost

- Minimal infrastructure
- Low cost end node
- Open SW

Contenu

Internet des Objets (IdO)

Machine To Machine (M2M)

Technologie LoRa (Long Range)

- Origines de LoRa ?

- Avantages de LoRa

- LPWAN : Les réseaux bas débit pour l'Internet des Objets

- Caractéristiques de LPWAN

- Fonctionnement d'un réseau LPWAN

- Implémentation d'un réseau LPWAN

- Qu'est-ce que LoRaWAN

- Architecture LoRaWAN

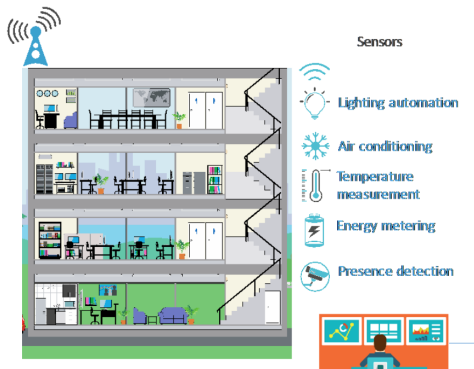
- LoRaWAN

Les marchés et les cas d'utilisation pour LPWAN et spécifiquement LoRaWAN sont décrits dans le tableau ci-dessous :

- Electricity meters - Gas meters - Water meters Smart metering	- Fault management - Anti-theft solutions for cables - Metering Smart grids	- Street lighting - Infrastructure monitoring - Waste management - Advertising displays - Smart parking - Vending machines Smart city
- Irrigation control - Environmental sensing - Animal tracking Agriculture	- Medical wearables - Connected bracelets - Condition monitoring - Connected clothes Wearables & mHealth	- Smoke detectors - Security systems - Smart appliances - Heating - Control & monitoring Connected home
- Motorcycles, bicycles - Cars - Shipping containers - Kids, pets - Insurance – valuable assets - Find my stuff Tracking	- Earthquake sensors - Avalanche & flooding - Heating & AC - Equipment status - Forest fires - Air pollution - Worker wellness Industrial	- Traffic information - Traffic light - Vehicle status Vehicle telematics

- La technologie LoRaWAN a été conçue pour répondre aux cas d'utilisation où un capteur communique de petites quantités de données quelques fois par jour. Il est bien adapté pour les compteurs intelligents, les capteurs «confort», etc. Cependant, il n'est pas conçu pour supporter des applications nécessitant des débits de données élevés tels que l'audio ou la vidéo. Cependant, LoRaWAN peut être utilisé pour contrôler d'autres capacités de périphérique sans fil ; Par exemple, pour instruire à distance une caméra pour commencer une transmission de données, et rester en mode basse puissance chaque fois que l'ouverture d'un flux vidéo n'est pas nécessaire ;
- Les exemples ci-dessous détaillent plusieurs applications clés de LoRaWAN : villes intelligentes, usines et industries, gestion des installations, soins de santé ou réseaux dédiés pour des secteurs verticaux spécifiques, par exemple la gestion de l'aéroport.

Gestion des installations



Key Benefits

- ✓ Turn on necessary devices only if there is a human presence
- ✓ Reduce energy consumption
- ✓ Monitor in real time all the parameters and detect potential losses
- ✓ Reduce cleaning time by only cleaning locations where a presence has been previously detected

[illegible]

Refrigerated storage temperature control



- ✓ Be able to locate indoor & in real-time all the gas cylinders in the hospital
- ✓ Monitor pressure & level on all cylinders to avoid potential malfunctions & accidents
- ✓ Automate purchase orders & supply chain and provisioning when quantities run low
- ✓ Global overview of operations on hospitals network

Applications dans les usines et industries



Pressure monitoring

Gas level monitoring

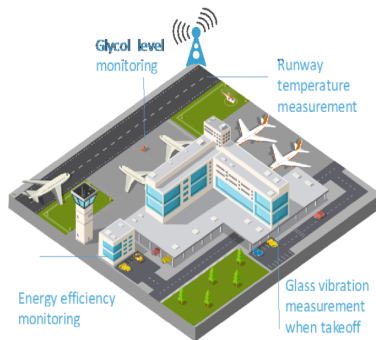
Tank & cylinders
locations



Key Benefits

- ✓ Be able to locate onsite & in real-time all the industrial gas cylinders
- ✓ Monitor pressure & level on all cylinders
- ✓ Automate purchase orders & supply chain and provisioning when quantities decrease
- ✓ Increase security by avoiding accidents

Gestion des services aéroportuaires



Key Benefits

- ✓ Able to measure all parameters and evaluate impact on airplane security and user comfort
- ✓ Optimise energy consumption
- ✓ Increase security by avoiding glycol outage
- ✓ Centralised data visualisation & control



Parking intelligent



Key Benefits

- ✓ Lora sensor detects if the parking place is full or vacant
- ✓ Reduced time to search for a place
- ✓ Monitor in real time all the free parking spaces
- ✓ Reduced pollution due to vehicles looking for a parking spot
- ✓ Fluid vehicle traffic

Eclairage des rues



Key Benefits

- ✓ Lora sensor detects if someone passes by and adapts the light level accordingly
- ✓ Optimized power consumption
- ✓ Monitor in real time the status of all the street lights
- ✓ Easy installation

Aide aux personnes âgées



Key Benefits

- ✓ LoRa acceleration sensor detects if someone is falling and call help automatically
- ✓ Real-time location
- ✓ Optimized power consumption
- ✓ Monitor in real time the status of all the patients
- ✓ Easy installation and extended coverage (outside homes & hospitals)

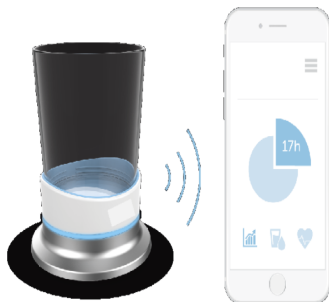
Vêtements médicaux



Key Benefits

- ✓ Fall detector
- ✓ Alert - Emergency button
- ✓ Condition monitoring (heart rate, temperature etc.)
- ✓ Location tracking
- ✓ Long-range coverage

Dispositifs connectés : le verre intelligent



Key Benefits

- ✓ Monitor in real-time water quantities consumed
- ✓ Send alarms if a person forgets to drink
- ✓ Prevents dehydration
- ✓ Long range connectivity avoiding any need for a local gateway
- ✓ Enhanced battery life

Domotique et électroménager



Key Benefits

- ✓ Monitor in-home comfort
- ✓ Temperature, humidity, air quality, smoke alarm, door/windows opening detection
- ✓ Energy consumption monitoring
- ✓ Security & surveillance system management
- ✓ Smart lighting & heating operations
- ✓ No need for a local concentrator or gateways

Bouton connecté



Key challenge :

Automate a sequence of actions or an alarm with a single push on a button that can be positioned anywhere

Key benefits :

- ✓ LoRaWAN connected button that can communicate through a large public network
- ✓ Easy to deploy, can be positioned anywhere, no need for a power source
- ✓ Can communicate over a large distance using LoRa networks
- ✓ Low power consumption
- ✓ Can be used for satisfaction monitoring, alarm any pre-defined sequence of actions

Gestion des déchets

**Key challenge :**

Optimise the waste management operations

Activity solution :

- LoRaWAN technology enabled waste containers that monitor the filling level of the container

Key benefits :

- ✓ Real-time location and monitoring of waste containers
- ✓ Containers are emptied only if they are detected as full
- ✓ Waste vehicle operations are adapted and directed in real-time towards 100% full waste containers

Contenu

Internet des Objets (IdO)

Machine To Machine (M2M)

Technologie LoRa (Long Range)

- Origines de LoRa ?

- Avantages de LoRa

- LPWAN : Les réseaux bas débit pour l'Internet des Objets

- Caractéristiques de LPWAN

- Fonctionnement d'un réseau LPWAN

- Implémentation d'un réseau LPWAN

- Qu'est-ce que LoRaWAN

- Architecture LoRaWAN

- LoRaWAN

- Plusieurs approches sont utilisées pour comparer les solutions LPWAN disponibles dans le commerce, tant du point de vue technique que business. De nombreux réseaux LPWAN sont actuellement en phase d'essai ou en déploiement commercial dans le monde entier en raison de l'attrait pour créer un itinéraire rapide pour commercialiser des services IOT innovants ;
- Les deux principales technologies de réseau contribuant au développement rapide du marché de l'IoT sont LoRaWAN et Ultra-Narrowband (UNB) ;

Le protocole LoRaWAN présente plusieurs avantages par rapport aux autres technologies LPWAN :

- Le débit de données varie de 300 bps à 5 kbps (avec une bande passante de 125 kHz) et 11 kbps (avec une bande passante de 250 kHz) permettant un meilleur temps sur l'air et une meilleure durée de vie de la batterie ;
- La communication est nativement bidirectionnelle et illimitée (en ce qui concerne la réglementation locale de la bande ISM) ;
- Cryptage de la charge utile ;
- Emplacement sans GPS avec TDoA ;
- Large offre dans les passerelles : les passerelles macro, les passerelles intérieures, les passerelles pico pour l'usage domestique ;
- Capable de créer des réseaux publics et / ou privés ;
- ADR (Adaptive Data Rate) permet un réseau facilement évolutif, car l'addition de la station de base réduira l'ADR moyen et le temps-on-air autour de celui-ci, permettant à plus de nœuds finaux de communiquer.

Contenu

Internet des Objets (IdO)

Machine To Machine (M2M)

Technologie LoRa (Long Range)

- Origines de LoRa ?

- Avantages de LoRa

- LPWAN : Les réseaux bas débit pour l'Internet des Objets

- Caractéristiques de LPWAN

- Fonctionnement d'un réseau LPWAN

- Implémentation d'un réseau LPWAN

- Qu'est-ce que LoRaWAN

- Architecture LoRaWAN

- LoRaWAN

Station de base LoRaWAN ou routeur à longue portée (LRR - Long range router)

La station de base LoRaWAN, communément appelée macro-passerelle ou stations de base, est équipée d'émetteurs-récepteurs LoRa basés sur les chipsets Semtech SX1301. Le réseau orange prend en charge les débits binaires allant de 300 bps à 5 kbps (selon le facteur d'étalement entre SF7 et SF12) pour la bande passante de 125 kHz. Les stations de base LoRaWAN sont pré-installées avec des logiciels leur permettant d'être gérés à distance par l'OSS du serveur de réseau LoRaWAN. Les stations de base LRR existent dans les versions macro-gateway ou pico-gateway.

LoRaWAN omni vs antennes multisectorielles

Les stations de base LoRaWAN sont dotées d'antennes omnidirectionnelles et d'antennes multisectorielles. Les options des antennes de la station de base dépendent des restrictions de puissance d'émission du pays local et des exigences du bilan de liaison défini pour le déploiement du réseau.

Stations de base macro-passerelles

- Les stations de base macro-gateway garantissent une couverture étendue en fonction de la technologie LoRaWAN. Les stations de base Orange-LoRaWAN macro-gateway prennent en charge plusieurs technologies de backhauling basées sur des réseaux Ethernet et 4G / 3G ;
- Les stations de base LoRaWAN équipées de la nouvelle conception de référence 2016 de Semtech permettent aux stations de base d'utiliser éventuellement deux chipsets SX1301 et un marquage précis de chaque trame de liaison montante pour envoyer des horodateurs précis au Network Location Solver. Cette configuration LRR améliorée permettra à l'avenir au réseau LoRa de calculer une position précise de chaque périphérique connecté sans nécessiter l'assistance de modules GPS intégrés avec une approche TDoA. Cette fonction de réseau avancée réduira le coût du périphérique de suivi et optimisera sa durée de vie de la batterie.

Stations de base pico-passerelles

Les décideurs et les utilisateurs finaux peuvent facilement configurer une pico-gateway LoRaWAN à la maison ou dans les bureaux. Ils peuvent par exemple ajouter un module pico-gateway LoRa «plug and play» simple à un appareil existant tel qu'un système d'alarme ou une boîte Internet pour améliorer la couverture du réseau LoRa dans leur quartier. Les Pico-passerelles doivent être sélectionnées dans le catalogue certifié Orange.

Contenu

Internet des Objets (IdO)

Machine To Machine (M2M)

Technologie LoRa (Long Range)

- Origines de LoRa ?

- Avantages de LoRa

- LPWAN : Les réseaux bas débit pour l'Internet des Objets

- Caractéristiques de LPWAN

- Fonctionnement d'un réseau LPWAN

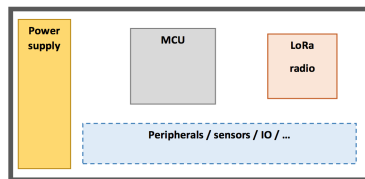
- Implémentation d'un réseau LPWAN

- Qu'est-ce que LoRaWAN

- Architecture LoRaWAN

- LoRaWAN

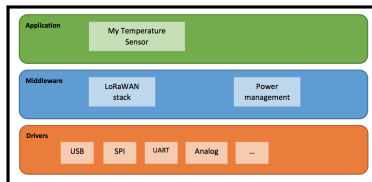
Un périphérique LoRa est généralement basé sur l'architecture matérielle de référence, comme indiqué ci-dessous :



- L'alimentation peut être fournie par une prise électrique ou une batterie ;
- Le MCU est le microcontrôleur qui gère toutes les fonctionnalités de l'appareil et met en œuvre la pile LoRaWAN ;

- La radio LoRa est composée par l'émetteur-récepteur LoRa, les circuits d'adaptation d'antenne et l'antenne elle-même ;
- Les périphériques peuvent être des capteurs tels que des accéléromètres ou des capteurs de température, ou des E / S tels que le relais ou l'affichage.

L'architecture du logiciel générique peut être décrite ci-dessous :



La couche pilote fournit l'adaptation matérielle et met en œuvre tous les pilotes pour gérer les périphériques du périphérique. Il résume le matériel en tant que fonctions simples exposées au middleware.

Le middleware implémente les bibliothèques de protocole de communication (LoRaWAN, 6LowPAN ...), il implémente également des pilotes complexes tels que l'écran, le pilote GPS.

La couche application contient toutes les applications fonctionnelles dans lesquelles le comportement et les fonctionnalités du périphérique sont implémentés.

Contenu

Internet des Objets (IdO)

Machine To Machine (M2M)

Technologie LoRa (Long Range)

- Origines de LoRa ?

- Avantages de LoRa

- LPWAN : Les réseaux bas débit pour l'Internet des Objets

- Caractéristiques de LPWAN

- Fonctionnement d'un réseau LPWAN

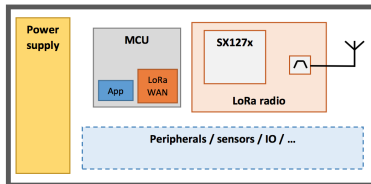
- Implémentation d'un réseau LPWAN

- Qu'est-ce que LoRaWAN

- Architecture LoRaWAN

- LoRaWAN

Cette conception suit l'architecture générique avec la partie radio LoRa basée sur l'émetteur-récepteur LoRa de Semtech et l'antenne plus les circuits associés de n'importe quel fournisseur.



Contenu

Internet des Objets (IdO)

Machine To Machine (M2M)

Technologie LoRa (Long Range)

- Origines de LoRa ?

- Avantages de LoRa

- LPWAN : Les réseaux bas débit pour l'Internet des Objets

- Caractéristiques de LPWAN

- Fonctionnement d'un réseau LPWAN

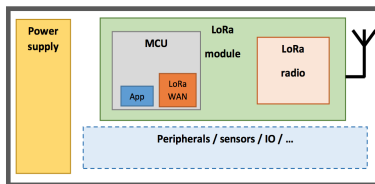
- Implémentation d'un réseau LPWAN

- Qu'est-ce que LoRaWAN

- Architecture LoRaWAN

- LoRaWAN

- Un module LoRa est un composant contenant le MCU et la radio LoRa. Le MCU est disponible pour la programmation logicielle afin d'exécuter l'application et la pile LoRaWAN ;
- Le principal avantage de cette approche de conception est que tout le développement de matériel RF est implémenté par le fabricant du module ;
- Le réglage et la correspondance de l'antenne sont principalement effectués dans le module. Le fabricant du module fournit une conception de référence pour connecter ou redéfinir une antenne.



Comparé à l'architecture précédente, lorsque la MCU est disponible, le fabricant de l'appareil n'est responsable que de l'intégration de la pile LoRaWAN. Selon le fournisseur du module, la pile LoRaWAN peut être livrée sous forme de bibliothèque.

Contenu

Internet des Objets (IdO)

Machine To Machine (M2M)

Technologie LoRa (Long Range)

- Origines de LoRa ?

- Avantages de LoRa

- LPWAN : Les réseaux bas débit pour l'Internet des Objets

- Caractéristiques de LPWAN

- Fonctionnement d'un réseau LPWAN

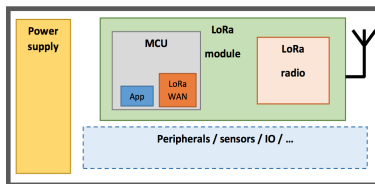
- Implémentation d'un réseau LPWAN

- Qu'est-ce que LoRaWAN

- Architecture LoRaWAN

- LoRaWAN

- Un modem LoRa est un composant contenant tous les composants liés à la radio : pile + circuits RF. Certains modems peuvent également inclure une antenne intégrée, ou une conception de référence est fournie par le fabricant de modem sur la façon de concevoir ou de connecter une antenne externe ;
- Le modem intègre l'ensemble de la pile LoRaWAN et agit comme un esclave, donc il nécessite un hôte pour le gérer. La communication se fait habituellement via des commandes AT pour la configurer ou pour envoyer des messages ;
- L'interface matérielle pourrait généralement être un UART, USB ou SPI.



Contenu

Internet des Objets (IdO)

Machine To Machine (M2M)

Technologie LoRa (Long Range)

- Origines de LoRa ?

- Avantages de LoRa

- LPWAN : Les réseaux bas débit pour l'Internet des Objets

- Caractéristiques de LPWAN

- Fonctionnement d'un réseau LPWAN

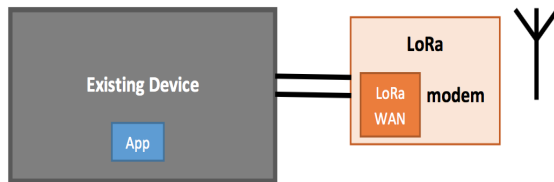
- Implémentation d'un réseau LPWAN

- Qu'est-ce que LoRaWAN

- Architecture LoRaWAN

- LoRaWAN

- Un modem LoRa peut également être un périphérique externe autonome, connecté à un périphérique existant via une connexion USB, par exemple. Dans ce cas, l'appareil existant doit disposer d'une connexion externe disponible et pouvoir alimenter le modem LoRa externe.
- Le modem intègre l'ensemble de la pile LoRaWAN et agit comme un esclave, donc il nécessite un hôte pour le gérer. La communication se fait habituellement via des commandes AT pour la configurer ou pour envoyer des messages.



Contenu

Internet des Objets (IdO)

Machine To Machine (M2M)

Technologie LoRa (Long Range)

- Origines de LoRa ?

- Avantages de LoRa

- LPWAN : Les réseaux bas débit pour l'Internet des Objets

- Caractéristiques de LPWAN

- Fonctionnement d'un réseau LPWAN

- Implémentation d'un réseau LPWAN

- Qu'est-ce que LoRaWAN

- Architecture LoRaWAN

- LoRaWAN

Sélection de l'architecture

Le choix entre une conception locale et une architecture basée sur le module ou le modem est principalement effectué selon les paramètres suivants :

- Maturité des spécifications de l'appareil : phase de test de faisabilité, phase de test du marché ou phase de production de masse ;
- Compétences en développement électronique et RF ;
- Budget pour le développement ;
- Calendrier du projet ;
- Quantités attendues et prix du marché attendu ;
- Disponibilité des ressources de développement logiciel ;
- Région RF (bande ISM).

Sélection de l'architecture

La bande ISM où l'appareil sera déployé aura un impact sur l'architecture car l'antenne correspondante et l'antenne elle-même doivent être accordées pour s'adapter à la bande de fréquences correcte. L'architecture de module et de modem, qui inclut déjà la partie RF, spécifiera dans quelle bande il est disponible.

En ce qui concerne le calendrier d'un projet, les principales tâches à évaluer sont :

- Etude de faisabilité, est-ce que le kit de développement est disponible avec l'architecture cible ? ;
- Les spécifications de conception et schémas ;
- Routage PCB ;
- Développement de logiciels ;
- Proto v1 debug - Si une modification est nécessaire : Proto v1 review (schematics + routing) ;
- Développement de banc de test de fabrication + logiciel de test.

Contenu

Internet des Objets (IdO)

Machine To Machine (M2M)

Technologie LoRa (Long Range)

- Origines de LoRa ?

- Avantages de LoRa

- LPWAN : Les réseaux bas débit pour l'Internet des Objets

- Caractéristiques de LPWAN

- Fonctionnement d'un réseau LPWAN

- Implémentation d'un réseau LPWAN

- Qu'est-ce que LoRaWAN

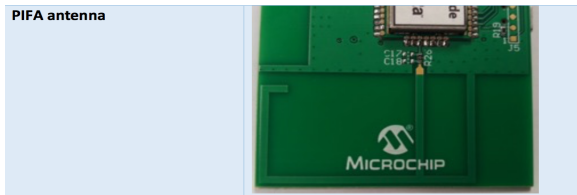
- Architecture LoRaWAN

- LoRaWAN

Sélection de l'architecture

- L'antenne est une partie critique dans un dispositif communicant et un tel dispositif où la sensibilité est un problème majeur dans la technologie LoRa ;
- Dans la bande de 868 MHz, une antenne $\lambda/4$ a une longueur de 8,2 cm, donc selon le produit, cela doit être pris en compte lors de la conception mécanique pour placer correctement l'antenne afin d'éviter une perturbation fermée du produit lui-même. ;

Exemples :



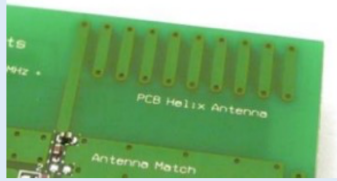
Sélection de l'architecture

Exemples :

Helical Wire Antenna



Miniature Helical PCB Antenna



Contenu

Internet des Objets (IdO)

Machine To Machine (M2M)

Technologie LoRa (Long Range)

- Origines de LoRa ?

- Avantages de LoRa

- LPWAN : Les réseaux bas débit pour l'Internet des Objets

- Caractéristiques de LPWAN

- Fonctionnement d'un réseau LPWAN

- Implémentation d'un réseau LPWAN

- Qu'est-ce que LoRaWAN

- Architecture LoRaWAN

- LoRaWAN

Les exigences d'autonomie du périphérique doivent être prises en compte avant les phases de développement du matériel et du logiciel car les deux peuvent avoir un impact énorme sur la consommation d'énergie.

Du point de vue matériel :

- Choix du MCU ;
- Choix de la batterie et de sa gestion de l'alimentation ;
- Mode de couchage des périphériques.

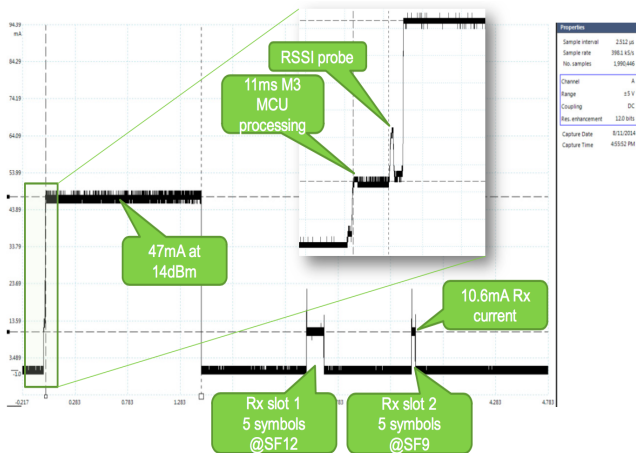
Afin d'estimer la durée de vie d'une batterie, 5 modes de consommation majeurs doivent être connus :

- Dormir : tout est éteint ou dormant ;
- Idle : tout est endormi sauf le MCU ;
- Exécution : l'appareil est éveillé et fonctionne ses fonctionnalités ;
- LoRa Tx : l'appareil envoie une donnée ;
- LoRa Rx : l'appareil écoute ou reçoit une donnée.

Une fois que chacun de ces 5 modes d'alimentation est connu, le développeur doit estimer la durée pendant laquelle le périphérique restera dans chaque mode pour calculer la consommation moyenne d'énergie par heure. Il est fortement recommandé de considérer les pires cas dans le calcul, par exemple SF12 pour la durée des messages LoRa.

Avec cette approche, il sera possible d'estimer la capacité de la batterie due et la durée de vie attendue de l'appareil. Semtech fournit un outil qui peut aider à évaluer rapidement les budgets des liens, le temps sur l'air et la consommation d'énergie de l'émetteur-récepteur SX1272.

Voici un exemple de mesure de la consommation d'énergie pendant les phases de transmission et de réception :



Contenu

Internet des Objets (IdO)

Machine To Machine (M2M)

Technologie LoRa (Long Range)

Les réseaux de capteurs sans fil

- Introduction

- Définition

- Architecture d'un réseau de capteurs sans fil

- Capteur ou noeud

- Architecture de capteur

- Composants d'un capteur

- Exemple de capteurs sans fil

Depuis leur création, les réseaux de communication sans fil ont connu un succès sans cesse croissant au sein des communautés scientifiques et industrielles. Grâce à ses diverses avantages, cette technologie a pu s'instaurer comme acteur incontournable dans les architectures réseaux actuelles. Le média hertzien offre en effet des propriétés uniques, qui peuvent être résumées en trois points : la facilité du déploiement, l'ubiquité de l'information et le coût réduit d'installation. Au cours de son évolution, le paradigme sans fil a vu naître diverses architectures dérivées, telles que : les réseaux cellulaires, les réseaux locaux sans fils et autres. Durant cette dernière décennie, une architecture nouvelle a vu le jour : les réseaux de capteurs sans fil (RCSF).

Ce type de réseaux résulte d'une fusion de deux pôles de l'informatique moderne : les systèmes embarqués et les communications sans fil. Un réseau de capteurs sans fil (RCSF), ou "Wireless Sensor Network" (WSN), est composé d'un ensemble d'unités de traitements embarquées, appelées "motes", communiquant via des liens sans fil. Le but général d'un WSN est la collecte d'un ensemble de paramètres de l'environnement entourant les motes, telles que la température ou la pression de l'atmosphère, afin de les acheminer vers des points de traitement. Les RCSF sont souvent considérés comme étant les successeurs des réseaux ad hoc. En effet, les RCSF partagent avec les MANET (Mobile Ad hoc NETworks) plusieurs propriétés en commun, telles que l'absence d'infrastructure et les communications sans fil.

Contenu

Internet des Objets (IdO)

Machine To Machine (M2M)

Technologie LoRa (Long Range)

Les réseaux de capteurs sans fil

- Introduction

- Définition

- Architecture d'un réseau de capteurs sans fil

- Capteur ou noeud

- Architecture de capteur

- Composants d'un capteur

- Exemple de capteurs sans fil

C'est quoi ?

- Un ensemble de capteurs autonomes à faible coût, interconnectés par un réseau de communications

Ça sert à quoi ?

- Pour rendre un service ... de mesures ...autour/dans une certaine zone géographique

Ça fait quoi ?

- Qui coopèrent pour acquérir et transmettre ... des mesures

A wireless sensor network (WSN) is a wireless network consisting of spatially distributed autonomous devices using sensors to cooperatively monitor physical or environmental conditions, such as temperature, sound, vibration, pressure, motion or pollutants, at different locations.”

Wikipedia

Contenu

Internet des Objets (IdO)

Machine To Machine (M2M)

Technologie LoRa (Long Range)

Les réseaux de capteurs sans fil

- Introduction

- Définition

- Architecture d'un réseau de capteurs sans fil

- Capteur ou noeud

- Architecture de capteur

- Composants d'un capteur

- Exemple de capteurs sans fil

Un RCSF est composé d'un ensemble de noeuds capteurs. Ces nœuds capteurs sont organisés en champs « sensor fields ». Chacun de ces noeuds a la capacité de collecter des données et de les transférer au noeud passerelle (dit "sink" en anglais ou puits) par l'intermédiaire d'une architecture multi-sauts. Le puits transmet ensuite ces données par Internet ou par satellite à l'ordinateur central « Gestionnaire de tâches » pour analyser ces données et prendre des décisions.

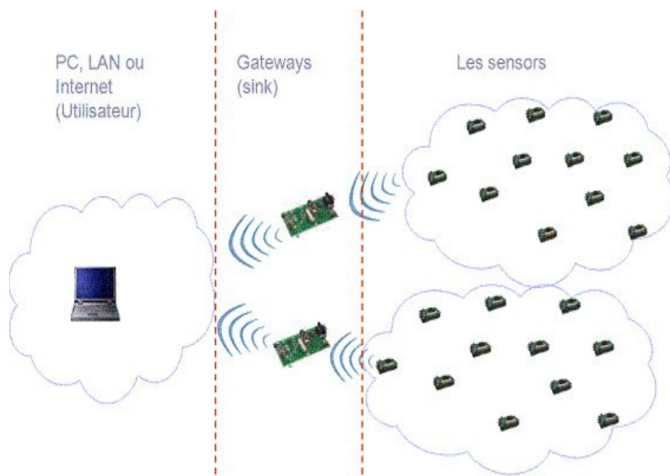


Figure: Architecture d'un réseau de capteurs sans fil

Contenu

Internet des Objets (IdO)

Machine To Machine (M2M)

Technologie LoRa (Long Range)

Les réseaux de capteurs sans fil

- Introduction

- Définition

- Architecture d'un réseau de capteurs sans fil

- Capteur ou noeud

- Architecture de capteur

- Composants d'un capteur

- Exemple de capteurs sans fil

Les capteurs sont des dispositifs de taille extrêmement réduite avec des ressources très limitées, autonomes, capable de traiter des informations et de les transmettre, via les ondes radio, à une autre entité (capteurs, unité de traitements...) sur une distance limitée à quelques mètres.

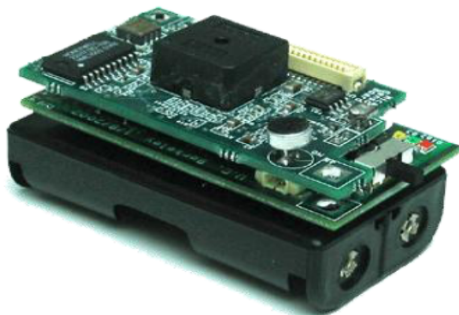


Figure: un capteur ou noeud

Les réseaux de capteurs utilisent un très grand nombre de ces capteurs, pour former un réseau sans infrastructure établie. Un capteur analyse son environnement, et propage les données récoltées aux capteurs appartenant à sa zone de couverture. Chaque capteur relayant l'information sur sa propre zone de couverture, le réseau se trouve entièrement couvert.

Contenu

Internet des Objets (IdO)

Machine To Machine (M2M)

Technologie LoRa (Long Range)

Les réseaux de capteurs sans fil

- Introduction

- Définition

- Architecture d'un réseau de capteurs sans fil

- Capteur ou noeud

- Architecture de capteur

- Composants d'un capteur

- Exemple de capteurs sans fil

Un nœud capteur contient quatre unités de base : l'unité de captage, l'unité de traitement, l'unité de transmission, et l'unité de contrôle d'énergie. Il peut contenir également, suivant son domaine d'application, des modules supplémentaires tels qu'un système de localisation (GPS), ou bien un système générateur d'énergie (cellule solaire). On peut même trouver des micro-capteurs, un peu plus volumineux, dotés d'un système mobilisateur chargé de déplacer le micro-capteur en cas de nécessité.

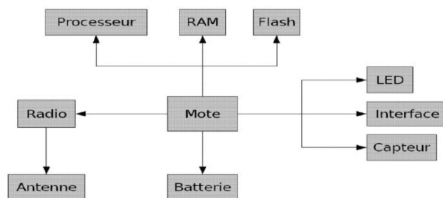


Figure: Architecture d'un capteur

Contenu

Internet des Objets (IdO)

Machine To Machine (M2M)

Technologie LoRa (Long Range)

Les réseaux de capteurs sans fil

- Introduction

- Définition

- Architecture d'un réseau de capteurs sans fil

- Capteur ou noeud

- Architecture de capteur

- Composants d'un capteur

- Exemple de capteurs sans fil

Un capteur est composé de quatre unités de traitement :

Unité de traitement

Mote, processeur, RAM et Flash : On appelle généralement Mote la carte physique utilisant le système d'exploitation pour fonctionner. Celle-ci a pour cœur 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. Cette unité est chargée d'exécuter les protocoles de communications qui permettent de faire collaborer le nœud avec les autres nœuds du réseau. Elle peut aussi analyser les données captées pour alléger la tâche du nœud puits.

Unité de transmission

Radio et antenne : les équipements étudiés sont donc généralement équipés d'une radio ainsi que d'une antenne. Cette unité est responsable d'effectuer toutes les émissions et réceptions des données sur un medium sans fil. Elle peut être de type optique (comme dans les nœuds Smart Dust), ou de type radiofréquence. Les communications de type optique sont robustes vis-à-vis des interférences électriques. Néanmoins, elles présentent l'inconvénient d'exiger une ligne de vue permanente entre les entités communicantes. Par conséquent, elles ne peuvent pas établir de liaisons à travers des obstacles.

Unité de captage

LED, interface, capteur : On retrouve donc des équipements de différents types de détecteur et d'autre entrée. Le capteur est généralement composé de deux sous-unités : le récepteur (reconnaissant l'analyste) et le transducteur (convertissant le signal du récepteur en signal électrique). Le capteur est responsable de fournir des signaux analogiques, basés sur le phénomène observé, au convertisseur Analogique/Numérique. Ce dernier transforme ces signaux en un signal numérique compréhensible par l'unité de traitement.

Unité de contrôle d'énergie

Batterie : Un micro-capteur est muni d'une ressource énergétique (généralement une batterie de type AAA) pour alimenter tous ses composants. Cependant, en conséquence de sa taille réduite, la ressource énergétique dont il dispose est limitée et généralement irremplaçable. Cette unité peut aussi gérer des systèmes de rechargement d'énergie à partir de l'environnement observé telles que les cellules solaires, afin d'étendre la durée de vie totale du réseau.

Cependant quelques différences existent suivant les fabricants. Chacun d'eux développe son type de capteurs, ces types peuvent être mica, mica2, telos ou telosb par exemple.

Contenu

Internet des Objets (IdO)

Machine To Machine (M2M)

Technologie LoRa (Long Range)

Les réseaux de capteurs sans fil

- Introduction

- Définition

- Architecture d'un réseau de capteurs sans fil

- Capteur ou noeud

- Architecture de capteur

- Composants d'un capteur

- Exemple de capteurs sans fil

			
Identification	Mica2Dot	Tmote Sky	LiveNode
Microcontrôleur	ATmega128L	MSP430F	AT91SAM7S
Architecture	8-Bit	16-Bit	32-Bit
Fréquence	8 MHz	8 MHz	50 MHz
Flash	128 Ko	48 Ko	256 Ko
RAM	4 Ko	10 Ko	64 Ko
Mémoire de stockage	512Ko	1024 Ko	-
Module radio	CC1000	CC2420	XBee
Bande de fréquence	315-916 MHz	2,4 GHz	2,4 GHz
Débit maximal	38,4 Kb/s	250 Kb/s	250Kb/s

Contenu

Internet des Objets (IdO)

Machine To Machine (M2M)

Technologie LoRa (Long Range)

Les réseaux de capteurs sans fil

- Introduction

- Définition

- Architecture d'un réseau de capteurs sans fil

- Capteur ou noeud

- Architecture de capteur

- Composants d'un capteur

- Exemple de capteurs sans fil

- Les RSCF partagent avec les MANET (Mobile Ad hoc NETWORKS) plusieurs propriétés en commun, telles que l'absence d'infrastructure et les communications sans fil. Mais l'une des différences clés entre les deux architectures est le domaine d'application ;
- Chaque nœud communique directement avec son voisin et pour communiquer avec d'autres nœuds, il lui est nécessaire de faire passer les données par d'autres nœuds qui se chargeront de les acheminer ;
- il est primordial que les nœuds se situent les uns par rapport aux autres et soient capables de construire des liens entre eux, c'est le rôle du protocole de routage.

Contenu

Internet des Objets (IdO)

Machine To Machine (M2M)

Technologie LoRa (Long Range)

Les réseaux de capteurs sans fil

- Introduction

- Définition

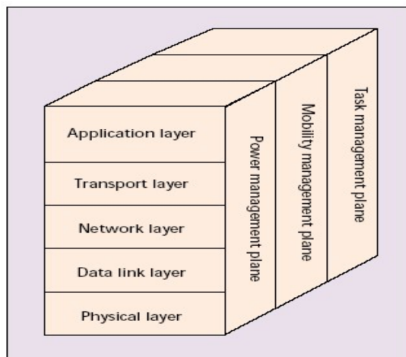
- Architecture d'un réseau de capteurs sans fil

- Capteur ou noeud

- Architecture de capteur

- Composants d'un capteur

- Exemple de capteurs sans fil



Contenu

Internet des Objets (IdO)

Machine To Machine (M2M)

Technologie LoRa (Long Range)

Les réseaux de capteurs sans fil

- Introduction

- Définition

- Architecture d'un réseau de capteurs sans fil

- Capteur ou noeud

- Architecture de capteur

- Composants d'un capteur

- Exemple de capteurs sans fil

Suivant la manière dont sont créées et maintenues les routes lors de l'acheminement des données, les protocoles de routage peuvent être séparés en deux catégories, les protocoles proactifs et les protocoles réactifs. Les protocoles proactifs établissent les routes à l'avance en se basant sur l'échange périodique des tables de routage, alors que les protocoles réactifs cherchent les routes à la demande.

Protocoles de routage proactifs

Ils sont basés sur la même philosophie que les protocoles de routage utilisés dans les réseaux filaires conventionnels. Les deux principales méthodes utilisées dans cette classe de protocoles proactifs sont :

- La méthode Etat de Lien ("Link State");
- La méthode du Vecteur de Distance ("Distance Vector").

Ces méthodes sont utilisées aussi dans les réseaux sans fil. Parmi les protocoles de routage proactifs les plus connus on citera le DSDV, FSR, OLSR.

Protocoles de routage réactifs

Les protocoles de routage appartenant à cette catégorie créent et maintiennent les routes selon les besoins. Lorsqu'une source a besoin d'une route, une procédure de découverte globale de routes est lancée.

Exemples : DSR et AODV.

Contenu

Internet des Objets (IdO)

Machine To Machine (M2M)

Technologie LoRa (Long Range)

Les réseaux de capteurs sans fil

- Introduction

- Définition

- Architecture d'un réseau de capteurs sans fil

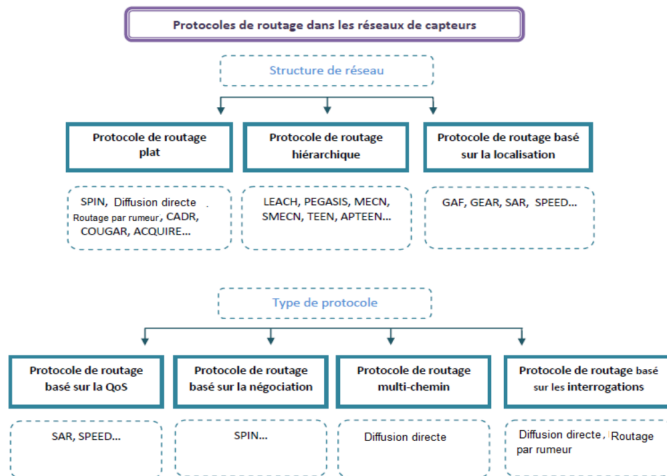
- Capteur ou noeud

- Architecture de capteur

- Composants d'un capteur

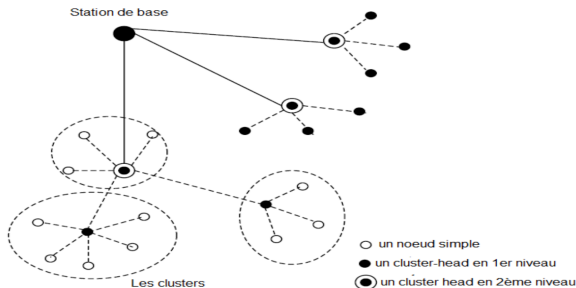
- Exemple de capteurs sans fil

La figure suivante résume les principaux protocoles de routage :



Protocole hiérarchique

L'objectif principal du routage hiérarchique est de maintenir efficacement la consommation d'énergie de nœuds de capteurs en les impliquant dans la communication multi-hop au sein d'un cluster et en effectuant l'agrégation et la fusion des données afin de diminuer le nombre de messages transmis à la destination. La formation de clusters est généralement fondée sur la réserve d'énergie des capteurs et sur les capteurs qui sont à proximité de cluster-head.



Les protocoles de routage basés sur la localisation

Les protocoles de routage basés sur la localisation utilisent les informations d'emplacement pour guider la découverte de routage et la transmission des données. Ils permettent la transmission directionnelle de l'information en évitant l'inondation d'information dans l'ensemble du réseau. Par conséquent, le coût de contrôle de l'algorithme est réduit et le routage est optimisé. De plus, avec la topologie réseau basée sur des informations de localisation de nœuds, la gestion du réseau devient simple.

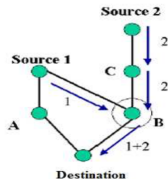
Remarque : L'inconvénient de ces protocoles de routage est que chaque nœud doit connaître les emplacements des autres nœuds.

Les protocoles de routage "data-centric"

Dans de nombreuses applications de réseaux de capteurs, vu le nombre élevé de nœuds déployés, il n'est pas possible d'attribuer des identifiants globaux à chaque nœud. Cette absence d'identification globale avec le déploiement aléatoire de nœuds de capteurs font qu'il est difficile de sélectionner un ensemble spécifique de nœuds de capteurs à interroger.

Les protocoles de routage "data-centric"

Comme la montre l'exemple d'une approche data-centric dans la figure, les données provenant des deux sources sont agrégées au nœud B. Ensuite, la donnée combinée (1+2) est envoyée de B vers la destination.



Contenu

Internet des Objets (IdO)

Machine To Machine (M2M)

Technologie LoRa (Long Range)

Les réseaux de capteurs sans fil

- Introduction

- Définition

- Architecture d'un réseau de capteurs sans fil

- Capteur ou noeud

- Architecture de capteur

- Composants d'un capteur

- Exemple de capteurs sans fil

Problématique de l'agrégation

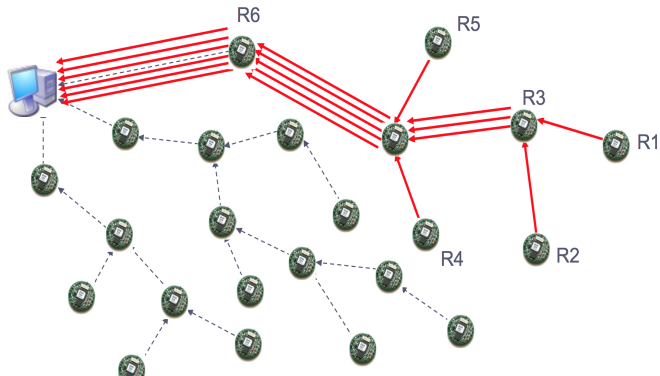
- Le coût (**consommation de l'énergie**) de transmission des données est jusqu'à 70% par rapport au coût général dans un capteur ;
- Les réseaux de capteurs sont **denses**, ce qui implique que deux nœuds voisins peuvent capter la **même information**.

Comment faire de l'agrégation de données

- Remplacer les lectures **individuelles** par une **vue collaborative** sur une zone ;
- Utilisation de fonctions d'**agrégat** :
 - MAX ;
 - MIN ;
 - MOYENNE.

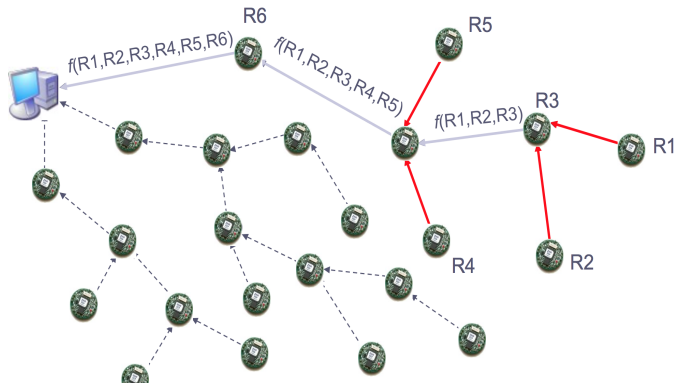
Moins de messages émis + Economie d'énergie $\Rightarrow$ **Maximiser** la durée de vie du réseau

Exemple 1 : sans agrégation



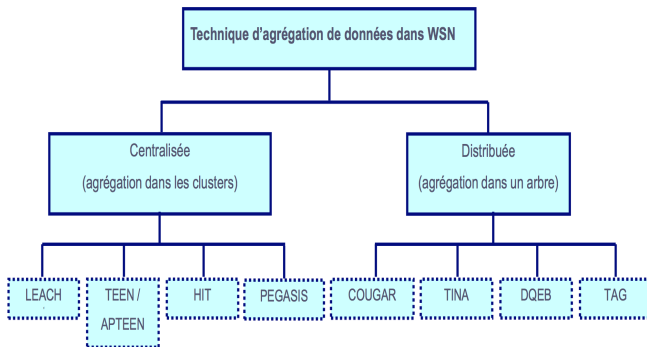
Nombre de messages total : 18

Exemple 2 : avec agrégation



Nombre de messages total : 7

Protocoles d'agrégation de données



Exemple de protocole : LEACH (Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy)

- Protocole hiérarchique ;
- Forme des clusters en se basant sur la force du signal reçus ;
- Les chefs de clusters route l'information du cluster au sink ;
- Les chefs de clusters changent aléatoirement dans le temps $\Rightarrow$ équilibre de la dissipation d'énergie ;
- Traitement de données et agrégation se font au niveau des chefs de clusters.

Contenu

Internet des Objets (IdO)

Machine To Machine (M2M)

Technologie LoRa (Long Range)

Les réseaux de capteurs sans fil

- Introduction

- Définition

- Architecture d'un réseau de capteurs sans fil

- Capteur ou noeud

- Architecture de capteur

- Composants d'un capteur

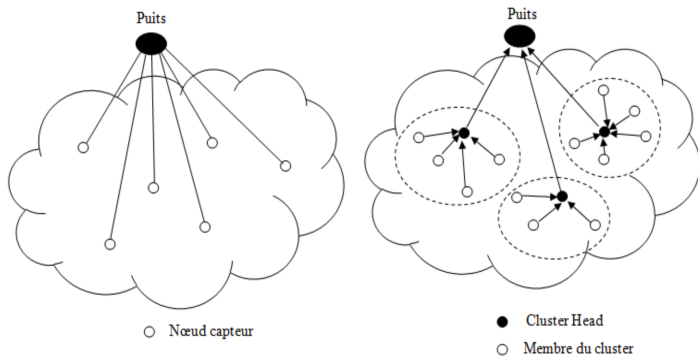
- Exemple de capteurs sans fil

Un noeud capteur peut communiquer directement, sans détour, grâce à une communication Single-Hop (à un seul saut) avec le puits, ou bien en utilisant une communication Multi-Hop (à sauts multiples), passant ainsi l'information à ses voisins.

Communications Single-Hop

Les communications Single-Hop conduisent à des transmissions sur de longues distances, il en résulte une hausse significative en consommation d'énergie.

La figure suivante illustre ce type de communications.

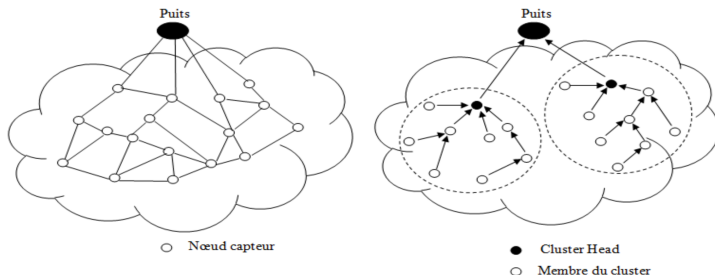


Communications Multi-Hop

L'utilisation d'une communication Multi-Hop permet de réduire la distance de transmission, réduisant ainsi la déperdition d'énergie en vue d'une hausse de la durée de vie du réseau.

Dans la transmission à sauts multiples, l'architecture du réseau joue un rôle majeur. Les architectures de réseau à sauts multiples sont typiquement divisées en architectures plates ou hiérarchiques.

La figure ci-dessous représente ces deux architectures.



Contenu

Internet des Objets (IdO)

Machine To Machine (M2M)

Technologie LoRa (Long Range)

Les réseaux de capteurs sans fil

- Introduction

- Définition

- Architecture d'un réseau de capteurs sans fil

- Capteur ou noeud

- Architecture de capteur

- Composants d'un capteur

- Exemple de capteurs sans fil

Les réseaux de capteurs sans fil ont été classés parmi les 21 technologies les plus importantes du 21ème siècle. En effet, la recherche dans le domaine des capteurs est en train de vivre une révolution importante, ouvrant des perspectives d'impacts significatifs dans de nombreux domaines. Des exemples d'applications potentielles dans ces différents domaines sont exposés ci-dessous :

- **Domaine militaire** : comme pour de nombreuses autres technologies, le domaine militaire a été le moteur initial pour le développement des réseaux de capteurs.
 - **Guidage intelligent** : les capteurs peuvent être montés sur des véhicules sans pilote afin de les guider à travers les obstacles à atteindre leurs objectifs et les amener à se coordonner les uns avec les autres pour accomplir certaines tâches ;
 - **Surveillance du champ de bataille** : les capteurs peuvent être déployés dans un champ de bataille pour contrôler la présence de forces ennemies ;

- **Domaine militaire** : comme pour de nombreuses autres technologies, le domaine militaire a été le moteur initial pour le développement des réseaux de capteurs.
 - **Protection** : les noeuds capteurs peuvent être déployés autour des objets sensibles, par exemple, les usines atomiques, les ponts stratégiques, les pipelines de pétrole et de gaz, les centres de communication et le siège militaire, à des fins de protection.
- **Domaine sécuritaire** : les réseaux de capteurs peuvent être utilisés dans de nombreuses applications de sécurité et de surveillance. Par exemple, des capteurs acoustiques et vidéos sont déployés dans les immeubles, les aéroports, les métros et autres infrastructures essentielles, tels que les centrales nucléaires ou les centres de communication pour identifier et suivre les intrus, fournissant en temps opportun des alarmes et prévenant ainsi des attaques potentielles.

- **Domaine environnemental** : dans la surveillance de l'environnement, des capteurs sont utilisés pour surveiller une variété de paramètres ou des conditions environnementales telles que la surveillance de la qualité de l'air et de l'eau, des catastrophes naturelles, des conditions des animaux et des plantes dans les habitats sauvage, à quoi peut s'ajouter les paramètres environnementaux de l'habitat ;
- **Domaine médical** : dans le registre de la surveillance médicale, en implantant sous la peau de mini-capteurs vidéo, on peut recevoir des images d'une partie du corps en temps réel sans aucune chirurgie. On peut ainsi surveiller la progression d'une maladie ou la reconstruction d'un muscle ;

- **Domaine industriel** : dans l'industrie, les réseaux de capteurs peuvent être utilisés pour contrôler les procédés de fabrication ou l'état du matériel de fabrication. Par exemple, des capteurs sans fil peuvent être instrumentés sur des lignes de production et d'assemblage pour surveiller et contrôler les processus de production.

Contenu

Internet des Objets (IdO)

Machine To Machine (M2M)

Technologie LoRa (Long Range)

Les réseaux de capteurs sans fil

- Introduction

- Définition

- Architecture d'un réseau de capteurs sans fil

- Capteur ou noeud

- Architecture de capteur

- Composants d'un capteur

- Exemple de capteurs sans fil

La conception des RCSF est influencée par plusieurs contraintes. Ces facteurs importants servent comme directives pour le développement des algorithmes et protocoles utilisés dans les réseaux de capteurs, ils sont considérés également comme métriques de comparaison de performances entre les différents travaux dans le domaine.

Au niveau de la communication

- **Perte de données à cause de la transmission radio** : les RCSF sont des réseaux sans fil, ce qui fait que la portée de la communication est limitée par la capacité de rayonnement des antennes utilisées, à quoi s'ajoute la limitation des renvois des paquets en raison du manque d'énergie ;
- **La bande passante** : limitée et partagée par tous les noeuds du réseau de capteurs ;
- **Interférences** : ce réseau travaille sur une bande de fréquences non propriétaire, ce qui rend leurs communications vulnérables aux problèmes d'interférences.

Au niveau matériel

Bien qu'ils aient de nombreux avantages, les noeuds capteurs sont caractérisés par des ressources et des composantes plus limitées en raison de leurs tailles réduites, ce qui conduit à la génération de nombreuses contraintes, parmi lesquelles on retrouve :

- **Puissance de calcul limitée** : fonctionnant dans la majorité des cas avec des registres 8 ou 16 bits, les processeurs des réseaux de capteurs sont différents de ceux d'une machine classique, car ils utilisent souvent des micro-contrôleurs de faible fréquence ;
- **Mémoire limitée** : 2 à 250 Ko de RAM et 1 à 32 Mo de mémoire flash ;

Au niveau matériel

- **Environnement** : Les noeuds capteurs doivent être conçus d'une manière à résister aux différentes et sévères conditions de l'environnement (forte chaleur, pluie, humidité, etc.) ;
- **Consommation d'énergie** : dans ces réseaux, les noeuds sont typiquement gérés par la durée de vie de leurs batteries qui est une réserve d'énergie limitée, minimiser la consommation d'énergie est d'une importance primordiale afin de maximiser la durée de vie du RCSF.