

VILLES INTELLIGENTES : DÉFIS TECHNOLOGIQUES ET SOCIÉTAUX

1. Introduction
- 2. Infrastructures réseaux des systèmes urbains**
3. Infrastructures logicielles des systèmes urbains
4. Gestion des données urbaines dans les nuages informatiques
5. Gestion des données et vie privée du citoyen urbain

Hervé Rivano &
Nathalie Mitton



Bonjour et bienvenue dans cette deuxième semaine de ce Mooc qui sera dédiée aux infrastructures réseau des systèmes urbains.

2. Infrastructures réseaux pour les systèmes urbains

- Les réseaux dans la ville
- L'accès au médium
- Le routage
- Les réseaux cellulaires
- Le déploiement des réseaux sans fil dans la ville

Hervé Rivano &
Nathalie Mitton

VILLES INTELLIGENTES : DÉFIS TECHNOLOGIQUES ET SOCIÉTAUX

Dans un premier temps, nous allons faire une présentation générale des réseaux qui se présentent dans la ville. Ensuite, nous parlerons des problématiques d'accès aux médiums, de routage, des réseaux cellulaires et enfin des techniques de déploiement des réseaux sans fil dans la ville, principalement des réseaux de capteurs.

2. Infrastructures réseaux pour les systèmes urbains

- Les réseaux dans la ville
- L'accès au médium
- Le routage
- Les réseaux cellulaires
- Le déploiement des réseaux sans fil dans la ville

Hervé Rivano

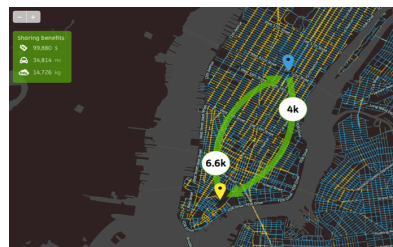
VILLES INTELLIGENTES : DÉFIS TECHNOLOGIQUES ET SOCIÉTAUX

Nous commençons par présenter en général les réseaux qui sont dans la ville ...

Continuum monde physique et numérique

Mesures de l'environnement et des activités

- Capteurs dans l'espace urbain ou embarqués
- Tags RFID pour suivi d'objets
- Smartphones avec suivi passif et volontaire



Données traitées et transformées en informations

- Cartographie numérique, open data
- Services géolocalisés et individualisés

4

... et qui servent notamment à mettre en place un continuum entre le monde physique et le monde numérique qui émerge depuis quelques années grâce aux avancées technologiques qui permettent de faire des mesures assez fines de l'environnement et des activités humaines.

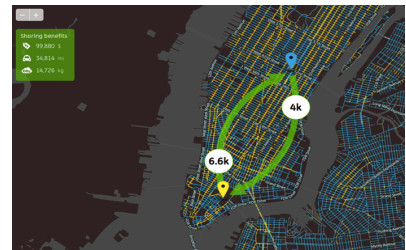
C'est notamment grâce à des capteurs qui sont déployés dans l'espace urbain ou embarqués sur nos véhicules ou nos smartphones, c'est des tags RFID qui vont permettre le suivi d'objets et de logistique et c'est nos smartphones qui font du suivi passif ou volontaire de nos activités: passif quand on se géolocalise et volontaire quand on participe à des réseaux sociaux.

Toutes ces mesures produisent des données qui sont ensuite centralisées, traitées et transformées en information pour faire de la cartographie numérique, pour faire des statistiques en open Data, des services géolocalisés et individualisés.

Continuum monde physique et numérique

Mesures de l'environnement et des activités

- Capteurs dans l'espace urbain ou embarqués
- Tags RFID pour suivi d'objets
- Smartphones avec suivi passif et volontaire



Données traitées et transformées en informations

- Cartographie numérique, open data
- Services géolocalisés et individualisés

Besoin de connectivité pour collecte et diffusion
Communications nécessairement sans fil

5

Pour permettre cela, il y a **besoin de connectivité** pour prendre les informations là où elles sont produites, les amener vers les centres de calcul puis une fois que c'est transformé en service, les diffuser aux utilisateurs. Et du fait à la fois de la densité des nœuds déployés dans l'environnement et la mobilité de certains autres notamment des citoyens, **les communications qui vont permettre cela sont nécessairement sans fil.**

Réseaux cellulaires

Réseau à grande échelle

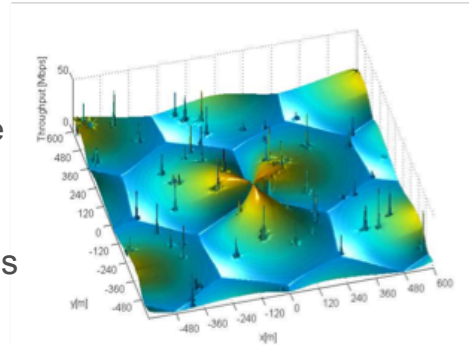
- Couverture du territoire
- Gestion des ressources et de la sécurité
- Mobilité des terminaux

Limites de capacité et d'accès proches

- Enjeu énergétique
- Trafic IoT et smartphones

Réseaux dédiés M2M

- Limités à des applications spécifiques



6

Donc quand on parle de communication sans fil, on pense tout de suite au réseau cellulaire que nous avons l'habitude d'utiliser depuis maintenant 20 ans. Ce sont des réseaux qui sont à grande échelle qui permettent une couverture de quasiment tout le territoire que nous parcourons, en particulier dans les grandes métropoles, et qui permettent la gestion des ressources, de la sécurité des transmissions et qui gèrent plutôt bien la mobilité des terminaux.

On ne se limite pas à ces réseaux cellulaires parce qu'on va voir qu'on arrive aux limites de capacité et d'accès de ces réseaux-là et que ça pose des problématiques en termes énergétiques, d'autant plus quand on voit arriver l'émergence du trafic de l'Internet des objets et des smartphones qui est en train de décupler.

Il y a des réseaux qui sont dédiés au trafic dit M to M, machine à machine, donc notamment des réseaux cellulaires dédiés pour les réseaux de capteurs mais limités à certaines applications très spécifiques.

Réseaux cellulaires

Densification de l'infrastructure

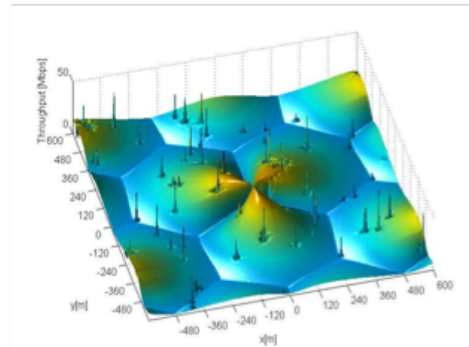
- Micro-cellules et réseaux maillés
- Connaissance fine d'usage et mobilité

Management agile des cellules

- Virtualisation « Cloud-RAN »
- Optimisation énergie et signalisation

« Offloading »

- Préférer les alternatives disponibles



7

Les enjeux des réseaux cellulaires sont principalement de densifier l'infrastructure pour avoir plus de capacités en déployant des microcellules et des réseaux maillés mais pour faire ça correctement, il faut avoir une connaissance fine de l'usage et de la mobilité des citoyens.

Une fois qu'on a densifié cette infrastructure, on peut se permettre d'avoir un management agile des cellules, c'est-à-dire optimiser les ressources et leur utilisation en fonction de l'usage qui en est fait. Ça va se faire avec des techniques de virtualisation de type cloud ran et permettre l'optimisation notamment de la consommation énergétique et du volume de signalisation.

Et enfin, il y a des techniques dites d'offloading qui sont des techniques de sobriété qui visent à utiliser les alternatives disponibles pour la transmission d'informations afin d'alléger le trafic sur le réseau cellulaire.

Les réseaux de capteurs et RFID

Applications industrielles

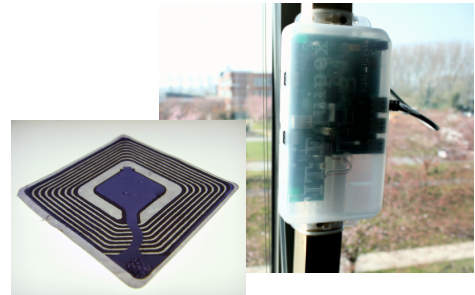
- M2M, télémétrie
- Suivi logistique

Déploiement dense: milliers/km²

- Capteurs et lecteurs RFID
- Concurrence dans l'accès au média

Architecture multi-saut

- Mesure ou lecture de tag transmise de proche en proche
- Problématiques de routage



8

L'autre type de réseau très important pour la ville intelligente, ce sont les réseaux de capteurs et de tags RFID qui sont apparus notamment via des applications industrielles de type communication machine à machine, télémétrie, la mesure de consommation de compteurs d'eau, de gaz et d'électricité ou du suivi logistique pour les tags RFID.

À l'avenir, on table sur des déploiements très denses de l'ordre de plusieurs milliers de capteurs ou de tags par kilomètre carré qui vont poser des problématiques de concurrence dans l'accès aux médias, ce qui est le sujet de la séquence suivante.

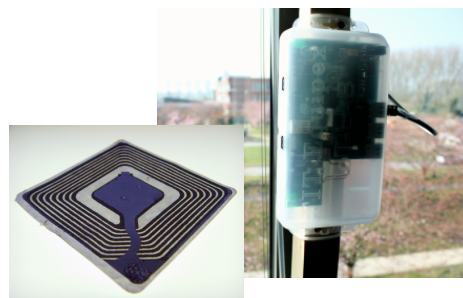
Les architectures qui permettent de transporter l'information pour les réseaux de capteurs sont des architectures souvent multi-sauts où l'information est transmise de proche en proche entre le capteur qui la crée et le puits qui va la ramener sur un serveur qui est dans l'Internet.

Transmettre de l'information sur ces architectures multi-sauts pose des problématiques de routage.

Les réseaux de capteurs sans fil multisaut

Challenges

- Besoin de fonctionnement autonome
 - Coût et temps d'installation, robustesse
 - Autonomie énergétique
- Déploiement en environnement urbain
 - Connectivité intermittente
- Opérateur de réseaux de capteurs
- Remplacer la précision par le nombre



9

Les challenges de ces réseaux de capteurs multi-sauts sont notamment le **besoin d'un fonctionnement autonome** qui va permettre de **maîtriser le coût et le temps d'installation** et **d'apporter une certaine robustesse** face aux fluctuations de l'environnement.

Et en particulier, on parle **d'autonomie énergétique** pour ne pas être contraint de connecter ces capteurs à une source électrique et de les faire fonctionner sur pile ou sur panneaux solaires ou d'autres systèmes de récupération d'énergie.

On parle de **déploiement en environnements urbains** et donc, on va faire face à des problématiques de **connectivité intermittente**, notamment du fait de la circulation de nombreux obstacles aux transmissions radio comme les voitures ou les camions. Et donc il faut mettre en place des protocoles qui prennent ça en compte.

Un autre challenge est de permettre l'émergence **d'opérateurs de réseaux de capteurs**, c'est-à-dire d'un acteur qui va proposer la connectivité entre les capteurs et les serveurs à des clients qui déploieront les capteurs là où ils en ont besoin.

Et enfin le dernier challenge est de **remplacer la précision par le nombre**, c'est-à-dire de remplacer le déploiement de quelques capteurs très coûteux mais très précis par un grand nombre de capteurs à bas coût avec une mesure moins précise, mais de compenser cette imprécision par la densité de mesures.

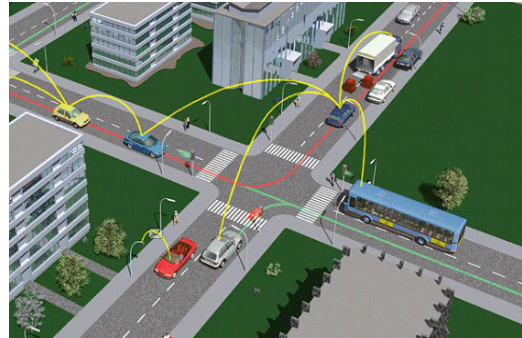
Réseaux véhiculaires

Communications entre véhicules

- Gestion d'une flotte
- Partage/transport d'information

De véhicules à infrastructure

- Gestion sécurité routière
- Applications aux passagers



10

Un autre type de réseau important dans la ville qui est un lieu de mobilité, c'est la **connectivité entre véhicules**. Ça permet notamment de **gérer une flotte** de camions, par exemple une flotte logistique, ça permet aussi de faire du **partage ou même du transport d'information**.

Il y a aussi des techniques de communication de **véhicules à infrastructures** pour de la **gestion de sécurité routière** ou pour des **applications passagers** de type loisirs ou tourisme augmenté.

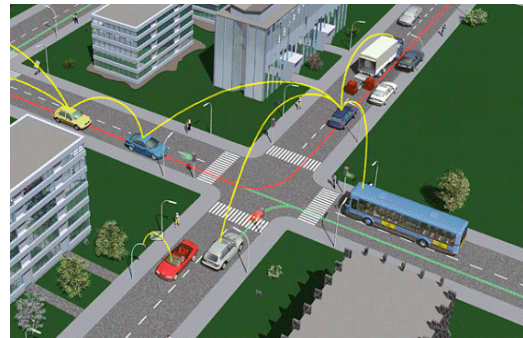
Réseaux véhiculaires

Interconnexion avec M2M

- Parking intelligent
- Contrôle de trafic routier
- Point de collecte/lecture mobile

Architectures hybrides

- V2I + V2V multi-saut
- Protocoles tolérant les déconnexions



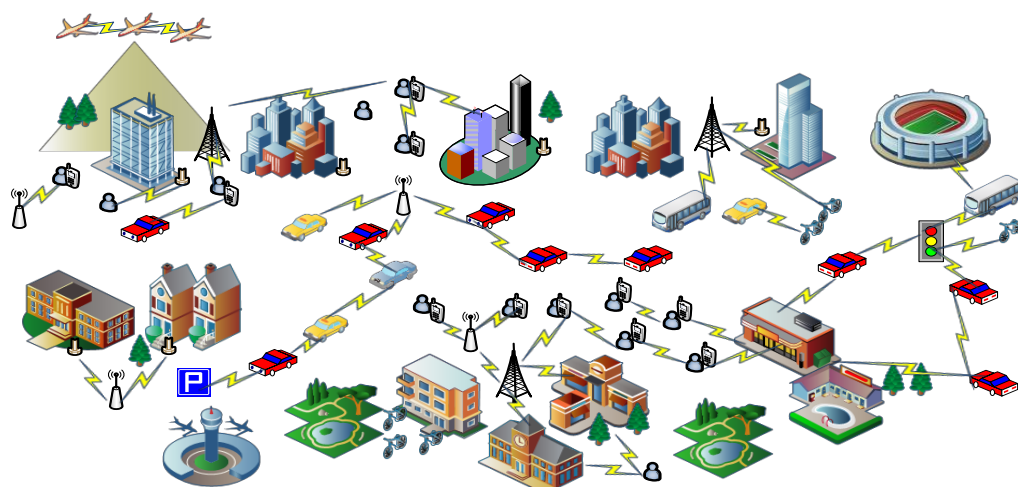
11

En particulier, il va falloir prendre en compte des interconnexions entre les véhicules et les réseaux de capteurs qui sont déployés dans la ville. On pense à des applications de type parking intelligent où des capteurs vont détecter des places libres et transmettre l'information à des véhicules pour qu'ils puissent aller directement vers ces places et éviter de faire de la congestion juste pour chercher une place libre.

De la même manière, le contrôle de trafic routier peut collaborer entre la mesure des véhicules sur la route et des communications avec les voitures pour alléger le trafic et éviter les bouchons. Enfin les véhicules peuvent être entre eux-mêmes des **points de collecte mobiles** des capteurs, c'est-à-dire que quand ils passent près d'un capteur, ils récupèrent l'information et la transportent gratuitement entre guillemets vers la destination afin d'alléger l'infrastructure de collecte des capteurs.

Enfin, on va voir émerger des architectures hybrides qui vont combiner à la fois des communications entre véhicules et infrastructures (V2I) et des communications à multi-sauts entre véhicules (V2V) notamment pour permettre d'améliorer la connectivité avec l'infrastructure ou permettre d'avoir à la fois de la collaboration sur de la sécurité routière et de l'information qui arrive de l'extérieur. Et pour cela encore, il va falloir mettre en place des protocoles qui puissent tolérer les déconnexions ou la connectivité intermittente.

Les réseaux « capillaires »



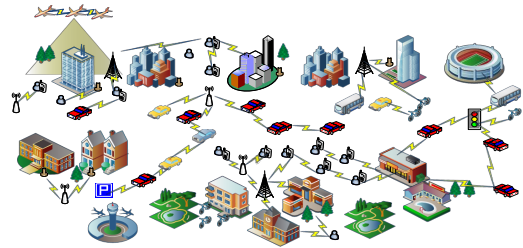
12

Dans cette illustration, on voit un ensemble de technologies mélangées qui est en fait la réalité de la ville, **ces réseaux capillaires** qui sont à la fois des **réseaux cellulaires**, à la fois des **réseaux multi-sauts**, des réseaux spontanés ou des réseaux opérés qui irriguent complètement l'environnement urbain.

Les réseaux « capillaires »

Architecture capillaire

- Analogie avec système sanguin
- Irrigue l'ensemble du territoire urbain
- Mix de technos cellulaires et multi-saut



Exploiter les opportunités réseaux

- Smartphones : 3 à 5 interfaces radio
- Complémentarité plutôt que concurrence

On les appelle capillaires par **analogie avec le système sanguin** parce que justement ils **irriguent tout le territoire**. Et ce mélange de technologies aujourd'hui est plutôt en concurrence les uns avec les autres.

On voit que **nos smartphones ont 3 à 5 interfaces radio** sur les modèles sur le marché actuellement, mais ces capacités de connectivité sont en concurrence les unes avec les autres. **L'idée dans le futur** est d'arriver à **exploiter ces différentes opportunités de manière complémentaire plutôt que concurrentielle**.

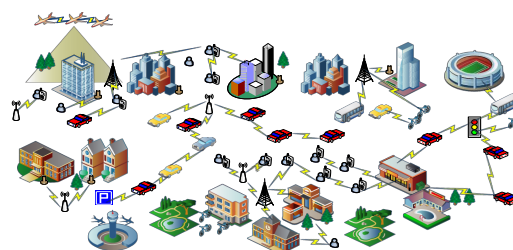
Les réseaux « capillaires »

Extension de couverture

Renforcement de capacité

Soulagement d'infrastructure

- Collecte et distribution sur quelques sauts
- Agrégation de données et geocasting



Prendre les données là où elles sont pertinentes
Les apporter là où elles sont nécessaires
Multi-saut de/vers la meilleur connectivité cellulaire

14

Et donc pour conclure, l'enjeu des réseaux radio dans la ville, c'est l'enjeu de ces réseaux capillaires, c'est de permettre par le multi-sauts d'avoir de **l'extension de couverture** des infrastructures cellulaires ou du **renforcement de capacités** ou bien de faire transporter l'information par des voies alternatives afin de **soulager le trafic de l'infrastructure**.

Et l'enjeu final, c'est de prendre les données là où elles sont produites ou là où elles sont pertinentes, les apporter là où elles sont nécessaires, c'est-à-dire vers les utilisateurs en utilisant des communications multi-sauts pour aller de ces données vers la meilleure connectivité cellulaire (geocasting) dans une approche hétérogène.

Illustrations & photos : crédits

p. 4-5 : HubCab.org (c) MIT Senseable City

p. 6-7 : droits réservés

p. 8-9 : droits réservés

p. 10-11 : droits réservés

p. 12-14 : droits réservés