

Techniques de positionnement en environnements mobiles

Thierry Delot
Laboratoire LAMIH– UMR CNRS 8530
Université de Valenciennes
Thierry.Delot@univ-valenciennes.fr



Contexte

- Développement de l'informatique mobile
- Fort intérêt pour les Services dépendants de la localisation
 - “Services that integrate a mobile device’s location or position with other information so as to provide added value to a user” [Spiekermann 04]
 - Evaluation de requêtes dépendantes de la localisation
 - Ex: où se trouve la station service la plus proche de moi ?

Applications

- Transport routier
 - Guidage/Navigation
 - Produits : Tomtom Navigator, Mapsonic, ...
 - Gestion de flottes (transporteurs, taxis, sociétés de services...)
 - Intervention d'urgences (bus, ...)
 - Lutte contre le vol de véhicules
 - ...
- Transport maritime et aérien
- Systèmes militaires
 - Ex. soldats
- Tourisme
- Agriculture
- ...

TomTom GO 300



Systemes de positionnement

- De nombreux systemes disponibles aujourd'hui
- Reposent sur des technologies tres heterogenes :
 - Satellites
 - Re-seaux sans fil
 - Capteurs
 - Videos/Images
 - ...






Caractéristiques [Hightower & al 2001]

- **Infrastructure nécessaire**
 - Satellites, réseaux, capteurs, ...
 - Dédicée ou existante
- **Technique utilisée**
 - Triangulation
 - Analyse de l'environnement
 - Proximité
- **Représentation de l'information de localisation**
 - Géométrie (physique) / Sémantique (symbolique)

Caractéristiques (2)

- Précision
- Coût 
- Portée
 - Continuité de service
- Fiabilité
- Identification
- Solutions dédiées vs. Solutions générales



Plan

- GNSS (Global Navigation Satellite System)
 - GPS
 - GLONASS
 - GALILEO/EGNOS
 - Limites des GNSS
- Solutions alternatives
 - Les technologies utilisées
 - Les solutions de positionnement
- Les besoins et les perspectives
- Conclusion



GNSS (Global Navigation Satellite System)

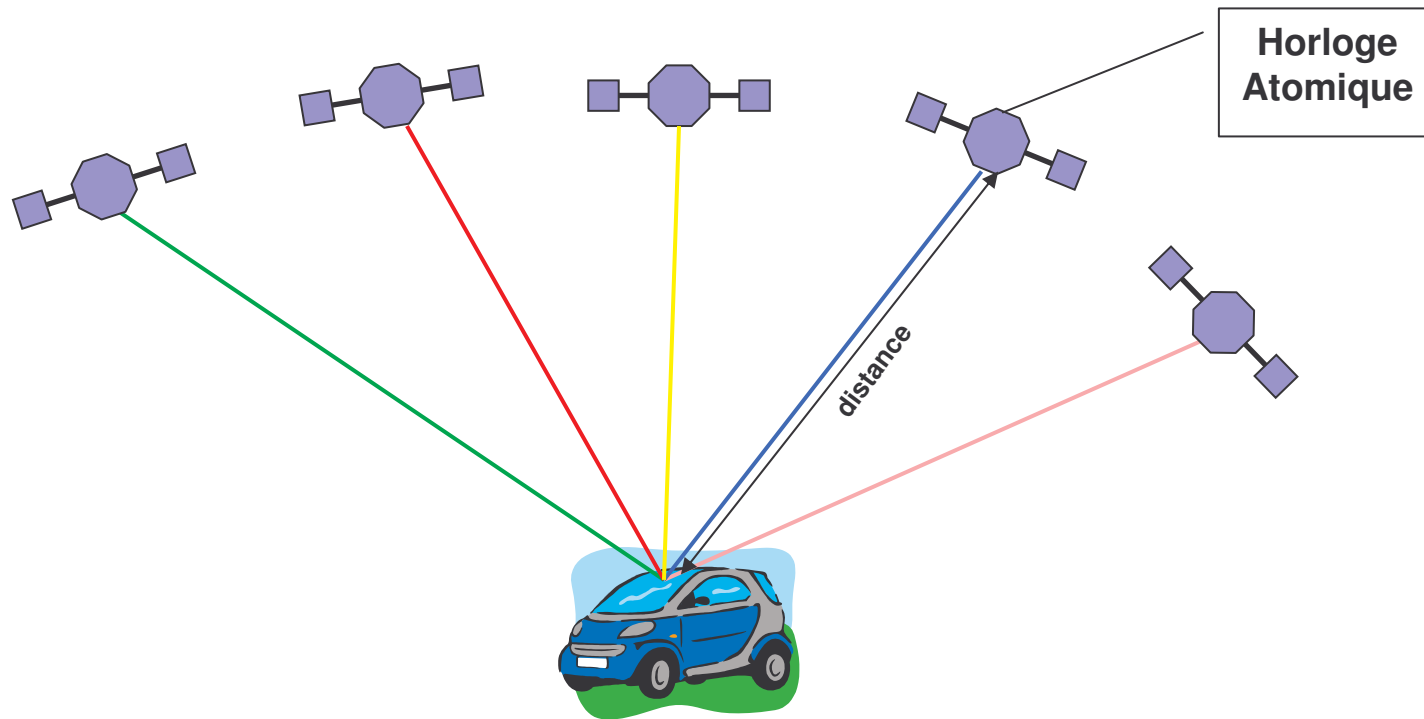


GPS - Global Positioning System

- **Système de Positionnement reposant sur un réseau de satellites militaires**
 - Accessible aux civils
 - Conçu par le département de la défense (DoD) des Etats-Unis
 - Propriété du département des transports (DoT).

- **Aujourd'hui 24 satellites**
 - 6 orbites différentes, 20 000 km d'altitude
 - Donnent la position et l'altitude chaque seconde, 24h par jour partout dans le monde.
 - Au moins 4 satellites doivent être visibles pour obtenir une position en trois dimensions (altitude et position).
 - Trois satellites sont suffisants pour obtenir une position en deux dimensions (maintien de la dernière altitude connue).

GPS - Principe





GLONASS (GLObal Navigation Satellite System)

- **Système russe**

- développé depuis 1982 et opérationnel depuis 1997
- Réservé à l'usage militaire

- **Infrastructure :**

- 24 satellites (3 orbites, 19130 Km altitude)
- 5 stations au sol
- Chaque satellite utilise sa propre fréquence
 - Augmente la résistance au brouillage.
- Actuellement, seuls 7 satellites sont actifs

GALILEO/EGNOS



- Programme européen GNSS
- Programme divisé en 2 phases complémentaires :
 - 1^{ère} phase : déploiement d'EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service)
 - Opérationnel
 - Objectif :
 - préparer l'arrivée de GALILEO avec le développement de services compatibles
 - 2^{ème} phase : déploiement de GALILEO
 - Début d'exploitation prévu pour 2010
 - Lancement du premier satellite en décembre 2005

EGNOS/GALILEO



- Initialement développé pour améliorer la précision du GPS
 - Environ 2 mètres contre 5 à 10m pour le GPS
 - Objectif :
 - déployer de nouvelles applications où des vies humaines peuvent être en jeu
 - Ex : atterrissages d'avions indépendamment des conditions climatiques
- Introduction d'un signal d'intégrité

GALILEO



■ Infrastructure

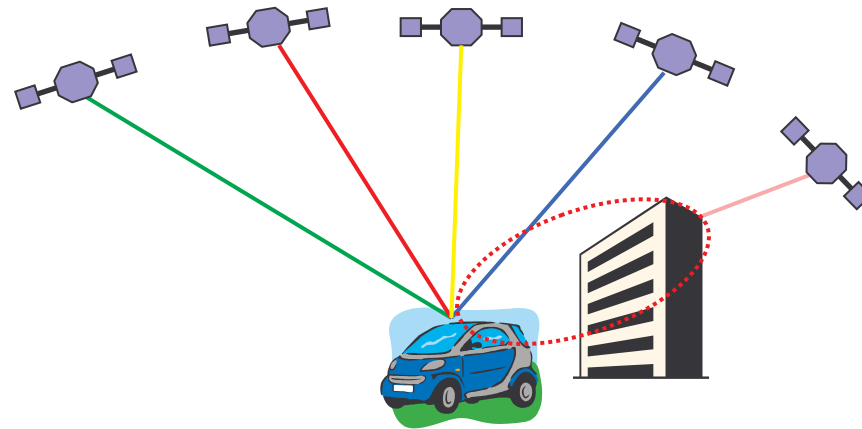
- Repose sur une constellation de 30 satellites
- Stations au sol

■ Contrairement aux systèmes GPS et GLONASS, système civil et non militaire

- Devrait permettre de développer des applications civiles significatives
- Meilleure continuité de service
 - Et ce même par temps de crise...

Limites des GNSS

- Les signaux émis par les satellites ne sont pas reçus partout
 - A l'intérieur des bâtiments
 - Dans les centres villes
 - ...



- De nombreuses solutions alternatives utilisant des techniques très diverses ont été proposées

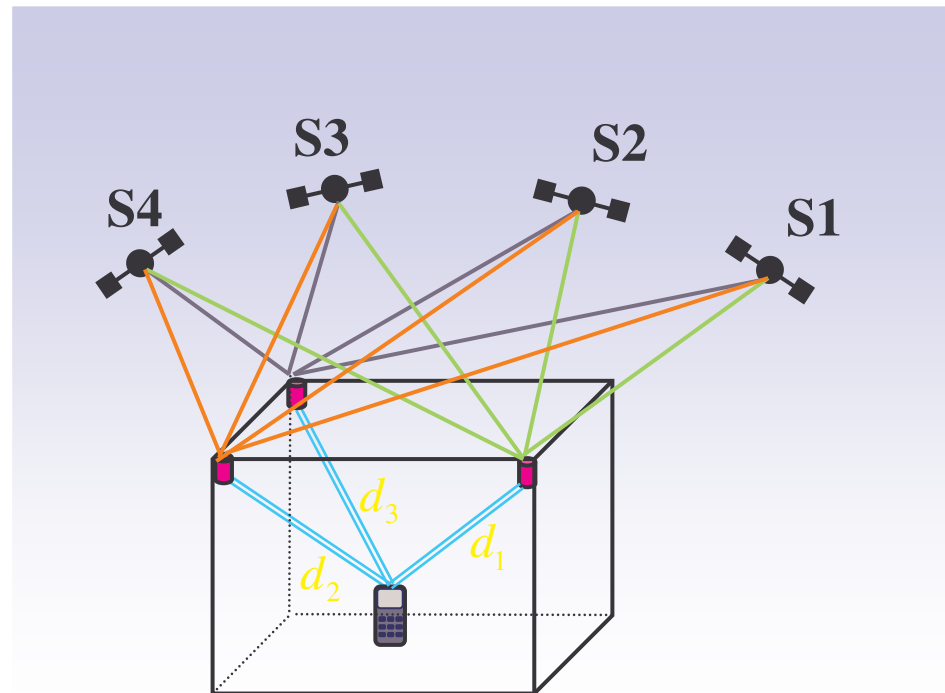


Les solutions alternatives...

Utilisation de répéteurs

■ Principe

- Deployer une infrastructure de répéteurs pour assurer la diffusion des signaux GPS à l'intérieur des bâtiments



Exemple

- Infrastructure déployée à l'INT Evry [Samama 2005]



Trimble « Bullet »





Solutions à base de répéteurs

■ Avantages :

- Permet la localisation à l'intérieur des bâtiments
- Homogénéité indoor ~~outdoor~~ du processus de localisation

■ Inconvénients :

- Coût de ces solutions
- Difficulté de déploiement
 - Nombre de répéteurs nécessaires ?
 - Impact du nombre d'étages dans le bâtiment ?



Réseaux de téléphonie mobile

- Challenge pour le développement de services dépendants de la localisation sur téléphone mobile
- Utilisation de la technique dite du CELL ID
 - Identification de la cellule dans laquelle se trouve l'utilisateur mobile
 - Précision médiocre et variable (pouvant atteindre le km)
- Utilisation de la technique de temps de vol [Sinha & al 2000]
 - Permet d'obtenir une localisation précise en extérieur
 - Système basé sur l'utilisation des stations de base des réseaux cellulaires de téléphonie mobile pour localiser un usager en cas d'urgence.

Systemes de positionnement à base de capteurs

- Utilisation de capteurs spécifiques pour localiser des utilisateurs mobiles



- Exemple :

- Smart floors [Orr & al 2000]
- Dalles truffées de capteurs de pression placées dans une pièce



Avantages et inconvénients

■ Inconvénients

- Coût très élevé
- Champ d'utilisation limité

■ Avantages

- Excellente précision
- Permet généralement de faire plus que de la localisation
- Développement actuel des capteurs



Infrarouge

- Active Badges (AT&T)

- [Want & al 1992]
- Transmission périodique d'un identifiant unique par des émetteurs infrarouge
- Serveur centralise les données transmises et les met à disposition des applications
- Inconvénient : coût de mise en place

- Système étendu par Xerox

- [Want & al 1997]



Ultrasons

■ Active Bat

- [Harter & al 1999]
- Système similaire à base d'émetteurs
- Meilleure précision qu'Active Badges
 - De l'ordre de qqes cms

■ Cricket – MIT

- [Priyantha & al 2000]
- Moins coûteux mais moins précis qu'Active Bat



Smart-Its Friends [Holmquist & al 2001]

- Proximity-location sensing technique
 - Terminaux munis à la fois de moyens de communication et d'un détecteur de mouvement
 - Disposent tous d'un id propre
 - Diffusion des mouvements détectés aux terminaux proches
 - Proximité évaluée grâce à une heuristique



SpotON [Hightower & al 2000]

- Basé sur l'utilisation d'étiquettes électroniques (RFID)
 - peu coûteuses
 - réagissent aux ondes radio et transmettent ainsi des informations à distance
- Localisation par estimation de la distance séparant ces étiquettes en utilisant l'indicateur de puissance du signal reçu
- SpotON est adapté à des environnements à la surface très réduite



Bluetooth

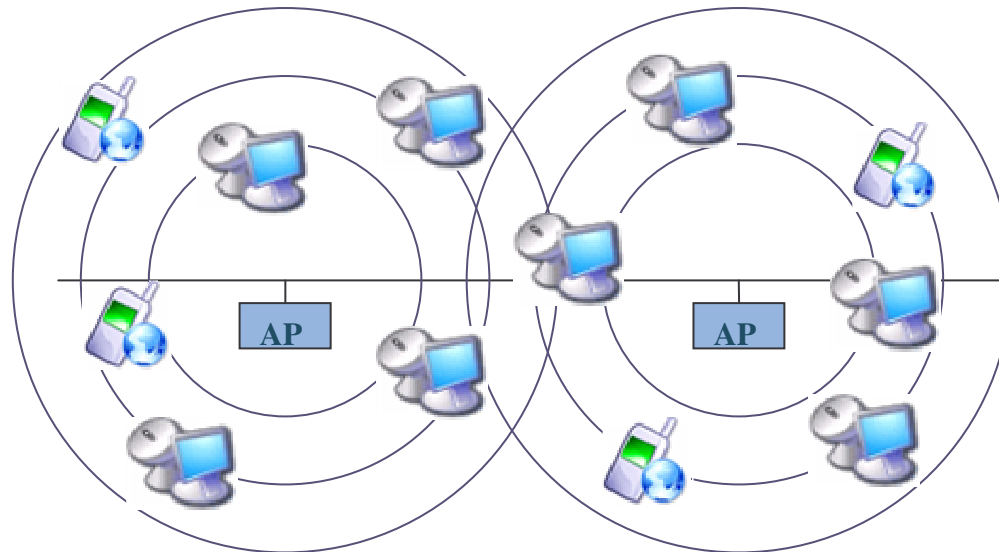
- Positioning with Bluetooth
 - [Hallberg & al 2003]
- Encore peu exploré aujourd'hui par rapport à certaines autres technologies

Réseaux Wifi



■ Mode Infrastructure

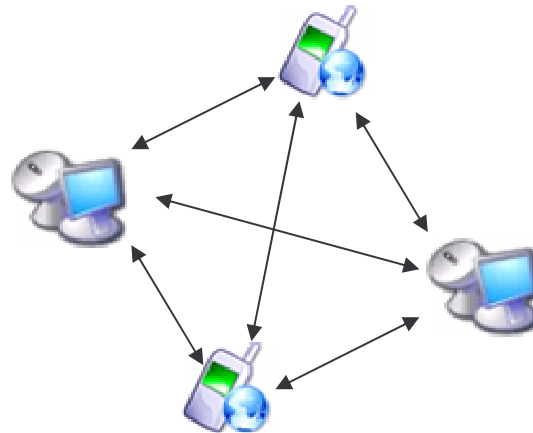
- Connexion grâce à 1 ou plus points d'accès



Réseaux Wifi



- Mode Ad-hoc (sans infrastructure)
 - Pair à pair



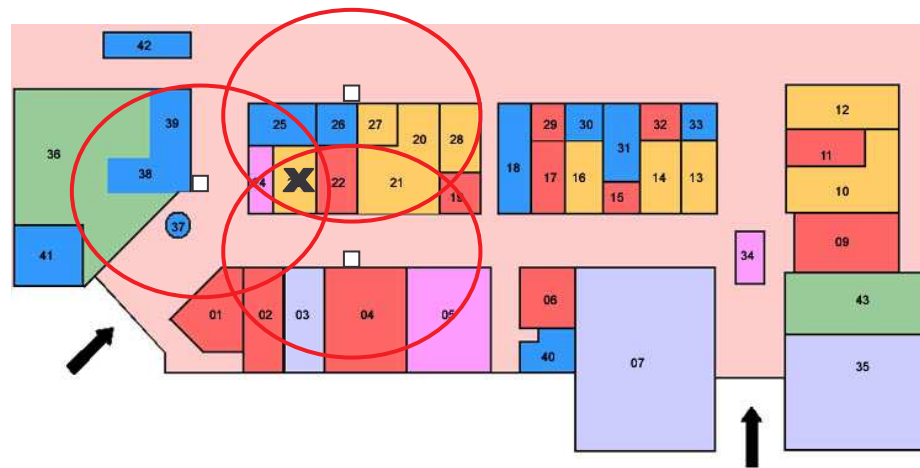


Localisation à base de réseaux Wifi

- Diffusion d'informations de localisation aux mobiles proches
 - Diffusion d'informations géographiques vers les utilisateurs de terminaux nomades afin qu'ils puissent évaluer leurs positions respectives. [Il-Dong & al 2002]
 - Utilisation des points d'accès
 - Difficulté de mesurer la précision et l'exactitude des informations diffusées.
- De nombreuses solutions plus évoluées ont été proposées :
 - Ces solutions sont très différentes les unes des autres mais partagent toutes le même principe de base :
 - Exploiter l'atténuation du signal en fonction de la distance

Triangulation sur des points d'accès fixes

- Principe :
 - Triangulation sur des points d'accès Wifi fixes
 - Calcul de distances entre les différents points d'accès
- Les systèmes existants :
 - RADAR [Bahl & al 2000]
 - WPS (Wireless Positioning System) proposé par le SNAP (Satellite Navigation and Positioning Group) [Wang & al 2003]

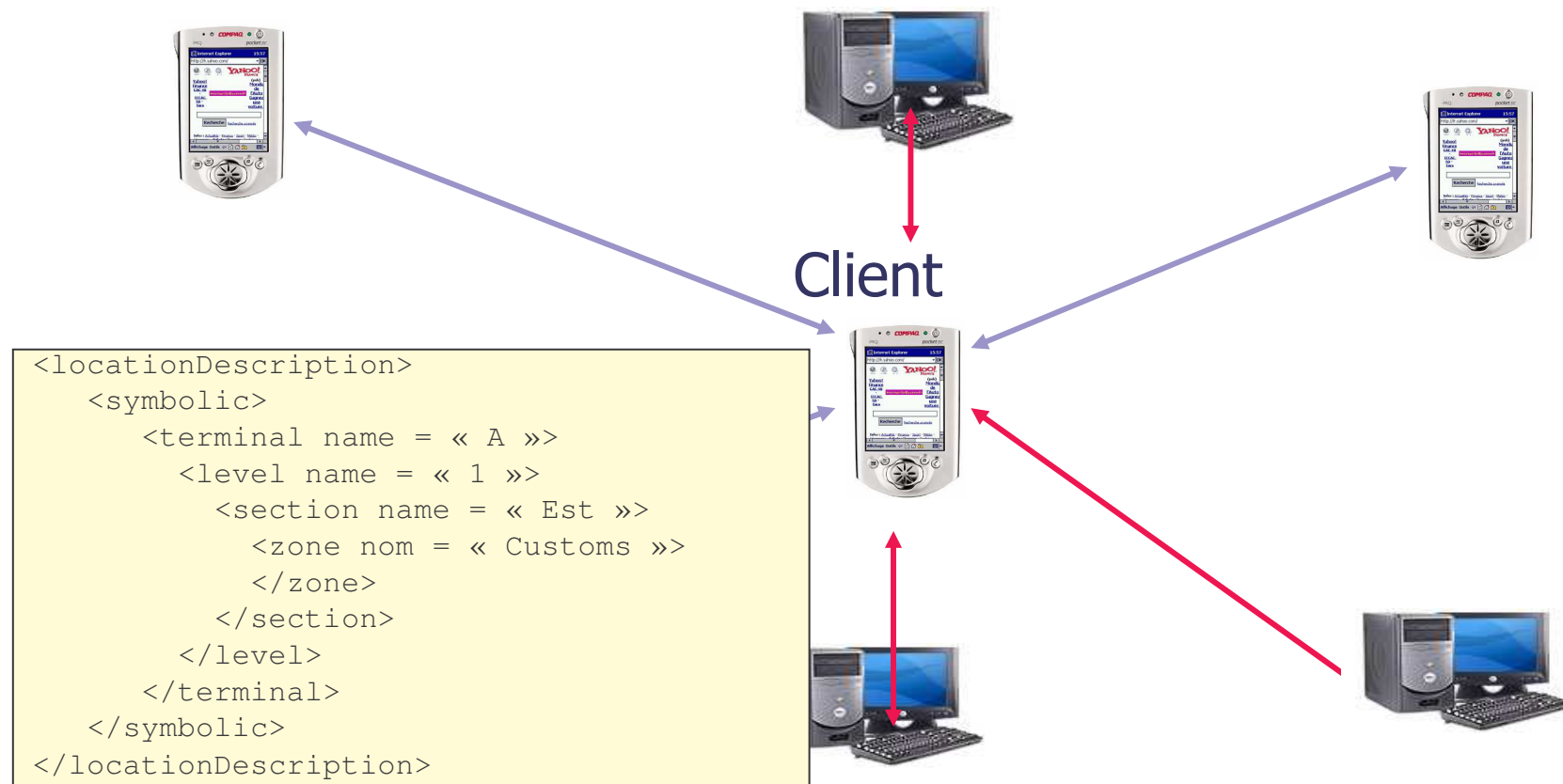




Estimation de la position d'un des réseaux sans fil hétérogènes

- Utilisation de noeuds voisins
- Solution proposée par le Lip6 [Ermel & al 2004]
 - Certains utilisateurs mobiles connaissent leur position (grâce au GPS par exemple)
 - Estimation de la localisation en exploitant les informations des noeuds voisins
 - Calculs barycentriques
 - Pb : dépendance aux moyens de positionnement des voisins

WiSyPoS





Caractéristiques de WiSyPoS

- Facilite l'évaluation de requêtes dépendantes de la localisation
- Ne nécessite pas de cartes de l'environnement ni d'infrastructure particulière
- Optimisation de la consommation d'énergie
 - Coût en énergie particulièrement important lié à l'utilisation du 802.11
- Problème de confidentialité



La plate-forme PerSE (Pervasive Services Environment)

- Plate-forme comprenant un service de positionnement [Scuturici & al 06]
- Utilisation de points d'accès Wifi
 - Force du signal
- Utilisation de représentations sémantiques
 - Pas besoin de cartes de l'environnement
 - Besoin du phase d'apprentissage
 - Utilisation d'arbres de décisions



Bilan de ces solutions

- Techniques de positionnement généralement dédiées aux environnements indoor
- Assez dépendantes de l'environnement dans lequel elles sont déployées
- Précision correcte
- Souffrent de :
 - Consommation importante en énergie
 - Liée à l'utilisation du Wifi
 - La dépendance au type de carte

Utilisation d'images et de vidéos

■ Amers visuels

- Reconnaissance de scènes (bâtiments ou parties de bâtiments par exemple) afin de déterminer la localisation



Synthèse

- De nombreux systèmes de positionnement existent
 - Avec leurs avantages et leurs limites
 - Souvent dédié à un type d'application bien particulier
- Pas de service de positionnement universel
- Des applications de plus en plus critiques !
 - Comment guider des pompiers dans un bâtiment en feu ??





Et maintenant ?

- Principaux verrous à lever :
 - Améliorer la précision
 - Zones de couverture
 - Fiabilité/intégrité de service

Exemple d'applications

- Surveillance des véhicules circulant sur les plates formes aéroportuaires
 - Camions citernes, chariots à bagages, bus, etc.
- Projet AIRNET [Pestana & al 2005]
- Pb : continuité de service entre les zones indoor et outdoor



Exemple d'applications (2)

- Cycab [Baille & al 1999]
 - Développé par l'INRIA avec d'autres partenaires
 - Véhicules automatisés sans chauffeur
 - Besoins en terme de localisation





Les pistes possibles

- Améliorations des systèmes existants
- Nouveaux récepteurs
- Exploitation de nouvelles technologies
- Couplage de systèmes de positionnement
 - Utilisation conjointe de plusieurs systèmes de positionnement




GALILEO vs. GPS

- GALILEO est à la fois un concurrent et un système complémentaire du GPS
- Récepteurs compatibles à la fois avec les signaux GPS et GALILEO
- L'utilisation des deux systèmes de manière coordonnée (double sourcing) offre de réels avantages en termes de précision et de sécurité (notamment en cas de panne ou d'indisponibilité d'un des deux systèmes)
- La complémentarité et l'interopérabilité GALILEO/GPS est une priorité de la commission européenne et de l'agence spatiale européenne
 - Objectif :
 - Proposer des services évolués et sûrs partout dans le monde



Couplage Wifi, Vision, RFID

- Localisation intra-bâtiment
- Couplage de technologies [Anne & al 2005]
 - Vision/RFID
 - Vision/Wifi
 - Gestion des cas ambigus



Vers l'interopérabilité des systèmes de positionnement ?

- Intérêt d'un couplage de systèmes de positionnement
 - Exploiter conjointement l'(les) infrastructure(s) et les systèmes disponibles en fonction de la position de l'utilisateur
- Objectif : améliorer
 - Précision
 - Identification
 - Continuité de service
 - Confiance/fiabilité



Les challenges...

- Découverte des systèmes de positionnement disponibles
 - Transparence
- Gestion de l'interopérabilité
 - Forte hétérogénéité des caractéristiques des solutions existantes
 - Précision
 - Modèles
 - Ex: comparaison géométrique / sémantique
 - Ex2 : comparaison sémantique / sémantique
 - Pas de standard utilisé pour les représentations sémantiques



Les challenges... (2)

- Coût du couplage
 - Gestion de l'énergie par exemple
- Adaptabilité
 - Evolution de l'environnement
 - Disponibilité des sources de positionnement
 - Préférences utilisateur
 - Disponibilité de certains moyens de connectivité, ...
 - Besoins applicatifs
 - Précision, intégrité
 - Caractéristiques du terminal
 - Niveau d'autonomie



Conclusion

- Domaine de recherche très intéressant
- Malgré les nombreuses solutions existantes, énormément de points restent à traiter
- Critères spatio-temporels et non plus seulement spatiaux de plus en plus en vogue



Bibliographie

- [Anne & al 2005] Anne, M., Crowley, J. L., Devin, V., and Privat, G., Localisation Intra-bâtiment Multi-technologies : RFID, Wifi et Vision, 2èmes Journées Mobilité & Ubiquité, (2005).
- [Ermel & al 2004] E. Ermel, A. Fladenmuller, G. Pujolle, A. Cotton, Improved position estimation in wireless heterogeneous networks, IFIP-TC6 Networking, Athens, Greece (2004).
- [Bahl & al 2000] Bahl, P., and Padmanabhan, V. Radar: An in-building rf-based user location and trackingsystem. IEEE INFOCOM (2000).
- [Baille & al 1999] Baille, G., Garnier, P., Mathieu, H., and Pissard-Gibollet, R. The inria rhone-alpes cycab. Tech. rep., INRIA, (1999).
- [Hallberg & al 2003] Hallberg, J., Nilsson, M., and Synnes, K. Positioning with bluetooth. In 10th Int. Conference on Telecommunications (ICT'2003) (2003).
- [Hightower & al 2000] Hightower, J., Want, R., and Borriello, G. SpotON: An indoor 3d location sensing technology based on RF signal strength. UW CSE 00-02-02, University of Washington, Department of Computer Science and Engineering, Seattle, WA, February 2000.
- [Hightower & al 2001] Hightower, J., and Borriello, G. Location systems for ubiquitous computing. IEEE Computer (2001).
- [Holmquist & al 2001] Holmquist, L., Mattern, F., Schiele, B., Alahuhta, P., Beigl, M., and Gellerson, H.-W. Smart-its friends: A technique for users to easily establish connections between smart artefacts. Proc. Ubicomp, Springer-Verlag LNCS 2201 (2000).
- [Il-Dong & al 2002] Il-dong, J., Young-ho, Y., Jong-hwan, L., Kyungsok, K., Broadcasting and Caching Policies for Location-Dependent Queries in Urban Area, Int. workshop on Wireless sensor networks and applications (WMC), (2002).
- [Orr & al 2000] Orr, R. J., and Abowd, G. D. The smart floor: A mechanism for natural user identification and tracking. In Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI2000), The Hague, Netherlands (April 2000).



Bibliographie (2)

- [Pestana & al 2005] Pestana, G., da Silva, M. M., Casaca, A., and Nunes, J. An airport decisionsupport system for mobiles surveillance & alerting. In 4th International ACMWorkshop on Data Engineering for Wireless and Mobile Access MobiDE 2005 (2005).
- [Priyantha & al 2000] Priyantha, N., Chakraborty, A., and Balakrishnan, H. The cricket location-support system. 6th Int. Conf. on Mobile Computing and Networking (Mobicom) (2000).
- [Samama 2005] Samama, N., La localisation en intérieur à l'aide de répéteurs GPS : vers un système de positionnement universel. 2èmes Journées Mobilité & Ubiquité , (2005).
- [Scuturici & al 2006] Scuturici, M., and Ejigu, D. Positioning support in pervasive environments. In IEEE Int. Conf. on Pervasive Services (ICPS) (June 2006).
- [Sinha & al 2000] Sinha, K. and Das N., “Exact Location Identification in Mobile Computing Networks”, Int. Workshop on Parallel Processing (ICPP), (2000).
- [Spiekermann 04] S. Spiekermann, General Aspects of Location-Based Services. In Location-Based Services. Schiller, J., and Voisard, A. (eds). Morgan Kaufman, 2004.
- [Thilliez & al 2005] Thilliez, M., Delot, T., and Lecomte, S. An original positioning solution to evaluate location-dependent queries in wireless environments. Journal of Digital Information Management 3, 2 (June 2005), 65–76.
- [Wang & al 2003] Y. Wang, X. Jia, H. K. Lee, G. Y. Li, An indoors wireless positioning system based on wireless local area network infrastructure, Int. Symp. on Satellite Navigation Technology Including Mobile Positioning & Location Services (SatNav), 2003.
- [Want & al 1992] Want, R., Hopper, A., Falcao, V., and Gibbons, J. The active badge location system. ACM Transactions on Information Systems (1992).
- [Want & al 1997] Want, R., Schilit, B., Adams, N., Gold, R., Petersen, K., Ellis, J., Goldberg, D., and Weiser, M. The Parctab Ubiquitous Computing Experiment. Kluwer Publishing, Edited by T. Imielinski, 1997, ch. 2 of the book “Mobile Computing”.

Questions

