

Mobilité: Subir ou Prédire

Jérôme Härrri

Jerome.Haerri@eurecom.fr

Travaux de thèse dirigés par
Christian Bonnet, Fethi Filali

Institut Eurécom
Département Communications Mobiles
Sophia-Antipolis



Sommaire

- **Introduction**
- Subir la mobilité
- Prédire la mobilité
 - Les techniques de localisation à disposition
 - Modèles de Prédiction de Mobilité
- Les Algorithmes Réseaux Bénéficiant de Prédications de Mobilité
- Conclusion

Introduction

- La mobilité est un facteur majeur intervenant dans les performances des réseaux de télécommunications.
- Elle limite la capacité à maintenir une connections, ou à garantir une qualité de service.
- Le nombre d'utilisateurs aggrave d'autant plus l'effet de la mobilité sur la gestion des réseaux.

Introduction

- **Théorie de l'information** appliquée aux réseaux mobiles: **la mobilité augmente la capacité des réseaux.**
- La mobilité améliore la diversité spatiale...
- mais n'y a pas de garantie sur le délai !!
- Les protocoles utilisés actuellement ne profitent pas de la diversité spatiale des utilisateurs.

Introduction

- Avec les technologies et les protocoles utilisés actuellement, les réseaux subissent la mobilité des terminaux.
- La mobilité n'a que rarement été exploitée afin d'améliorer les performances des réseaux.
- Des techniques ont été développées afin de limiter les inconvénients de la mobilité.

Sommaire

- Introduction
- **Subir la mobilité**
- Prédire la mobilité
 - Les techniques de localisation à disposition
 - Modèles de Prédiction de Mobilité
- Les Algorithmes Réseaux Bénéficiant de Prédiction de Mobilité
- Conclusion

Subir la mobilité

- Réseaux GSM/UMTS:
 - **Hors connexion:**
 - Paging des mobiles:
 - Si aucune information sur la position du mobile n'existe, alors il faut pager tout le réseau.
 - Création d'une structure hiérarchique Paging Area (PA) incluant plusieurs Location Area (LA/GSM) ou Routing Area (RA/UMTS) contenant la position du mobile avec une grande probabilité. Le système réduit la région de paging.
 - **Pendant une connexion:**
 - Handovers:
 - Les changements de cellule se font avec un temps de latence, dont peut découler une perte de connexion.
 - Anticipation d'un changement de cellule par mesure de puissance des signaux des stations de base.

Subir la mobilité

- Fast-Handover:
 - Les réseaux IPv4 et IPv6 ont des provisions afin de limiter les déconnexions dues à des handoffs.
 - des alertes sont produites lorsque qu'un nœud s'approche d'un nouveau routeur d'accès.
 - Le système d'alerte nécessite l'écoute périodique du voisinage.

Subir la mobilité

- Les réseaux ad-hoc ont développé quatre types de protocoles:
 - **Proactifs**: Similairement aux réseaux statiques, ils construisent des tables de routage.
 - Emission périodique de messages-balise afin de gérer les modifications de voisinage dues à la mobilité
 - Ces messages diminuent les performances des réseaux proactifs.
 - Plus le réseau est mobile, plus il devient impossible de mettre les tables de routage à jour.
 - **Réactifs**: Afin de limiter les dépenses de ressource inutiles, ils ouvrent des routes uniquement à la demande.
 - La mobilité des nœuds ne touchant pas la route active n'a pas d'influence.
 - Cependant, la mobilité des nœuds contenus sur la route active diminue les performances des réseaux réactifs.
 - Utilisation de messages-balise périodiques afin de reconstruire une route plus rapidement.

Subir la mobilité

- **Géographiques**: Aucune structure, ni route n'est créée, mais ils utilisent des informations géographiques de la destination et des nœuds intermédiaires afin de gérer le routage.
 - La mobilité des nœuds rend les informations géographiques imprécises, ce qui diminue l'efficacité des réseaux géographiques.
 - Dans des réseaux très mobiles, cette technique est limitée.
- **Hybrides type « fish-eye »** : Afin de palier l'imprécision des informations géographiques, la mobilité est gérée différemment en fonction de la distance entre la source et la destination.
 - Localement: mise à jour très fréquente car l'influence de la mobilité locale est importante.
 - Lointainement: La mise à jour est grossière car l'influence de la mobilité lointaine est faible.

Sommaire

- Introduction
- Subir la mobilité
- **Prédire la mobilité**
 - Les techniques de localisation à disposition
 - Modèles de Prédiction de Mobilité
- Les Algorithmes Réseaux Bénéficiant de Prédiction de Mobilité
- Conclusion

Prédire la mobilité

Prédiction de Mobilité: Capacité de pouvoir évaluer une future position à partir d'informations passées et présentes.

Exemple:

- Prédiction d'une future position en fonction de la vitesse et de la trajectoire.
- Prédiction d'une trajectoire en fonction d'un historique de points de passage.

Prédire la mobilité

- Prédire la mobilité est une technique utilisée par les premiers marins pour naviguer sur les mers et océans.
- Dans la littérature maritime, cette technique est connue sous le nom de **Navigation à l'Estime**.



Navigation à L'Estime

- Cette méthode repose sur les instruments mesurant:
 - le point initial
 - le cap (astrolabe, sextan, compas)
 - la vitesse (loch, tachymètre, badin)
 - le temps (astrolabe, chronomètre)
- Elle permet de déduire sa position et la distance parcourue depuis la dernière position connue.

Navigation à L'Estime

- Avec l'apparition des systèmes de **navigation satellitaire**, cette méthode a perdu de son intérêt.
- Des systèmes **inertiels** permettent cependant d'améliorer le calcul de l'Estime pour des systèmes ne permettant pas de recevoir de signaux satellitaires.

Systemes Basés sur l'Estime

- Navigation Sous-Marine
 - Navigation Spatiale
 - Guidage de missile
 - Tracking
- Dans tous les domaines où la **connaissance de la trajectoire** prise par un système est vitale, la **prédiction de mobilité** est employée.

Gestion des Réseaux de Télécommunications

- Les ressources sont partagées afin de bénéficier au plus grand nombre d'utilisateurs.
- Les ressources sont allouées en fonction de la densité des utilisateurs.
- La mobilité des utilisateurs rend la gestion des réseaux aléatoire.

Gestion des Réseaux de Télécommunications

- La connaissance de l'itinéraire des utilisateurs peut être utile pour améliorer l'efficacité de la gestion des réseaux.
- Les acteurs des réseaux ont seulement une capacité partielle d'obtention d'informations satellitaires.
- La Prédiction de mobilité peut être aussi bénéfique dans ce domaine.

Sommaire

- Introduction
- Subir la mobilité
- Prédire la mobilité
 - **Les techniques de localisation à disposition**
 - Modèles de Prédiction de Mobilité
- Les Algorithmes Réseaux Bénéficiant de Prédiction de Mobilité
- Conclusion

Géolocalisation

- Lors de **recalages**, les algorithmes basés sur la prédiction de mobilité doivent identifier leur position.
- Nécessité d'accès sporadique à un système de **géolocalisation**.
- Systèmes disponibles pour les réseaux mobiles ad-hoc:
 - GPS ou Galiléo
 - Balises relais
 - Systèmes hybrides

Géolocalisation

- Systèmes Satellitaires (type GPS, Galiléo)
 - Avantages:
 - Précision ($\pm 1\text{m}$)
 - Diffusion
 - Prix
 - Désavantages:
 - Temps d'acquisition ($> 30\text{s}$).
 - Accès impossible aux signaux dans des environnements clos.
 - Consommation énergie, volume.



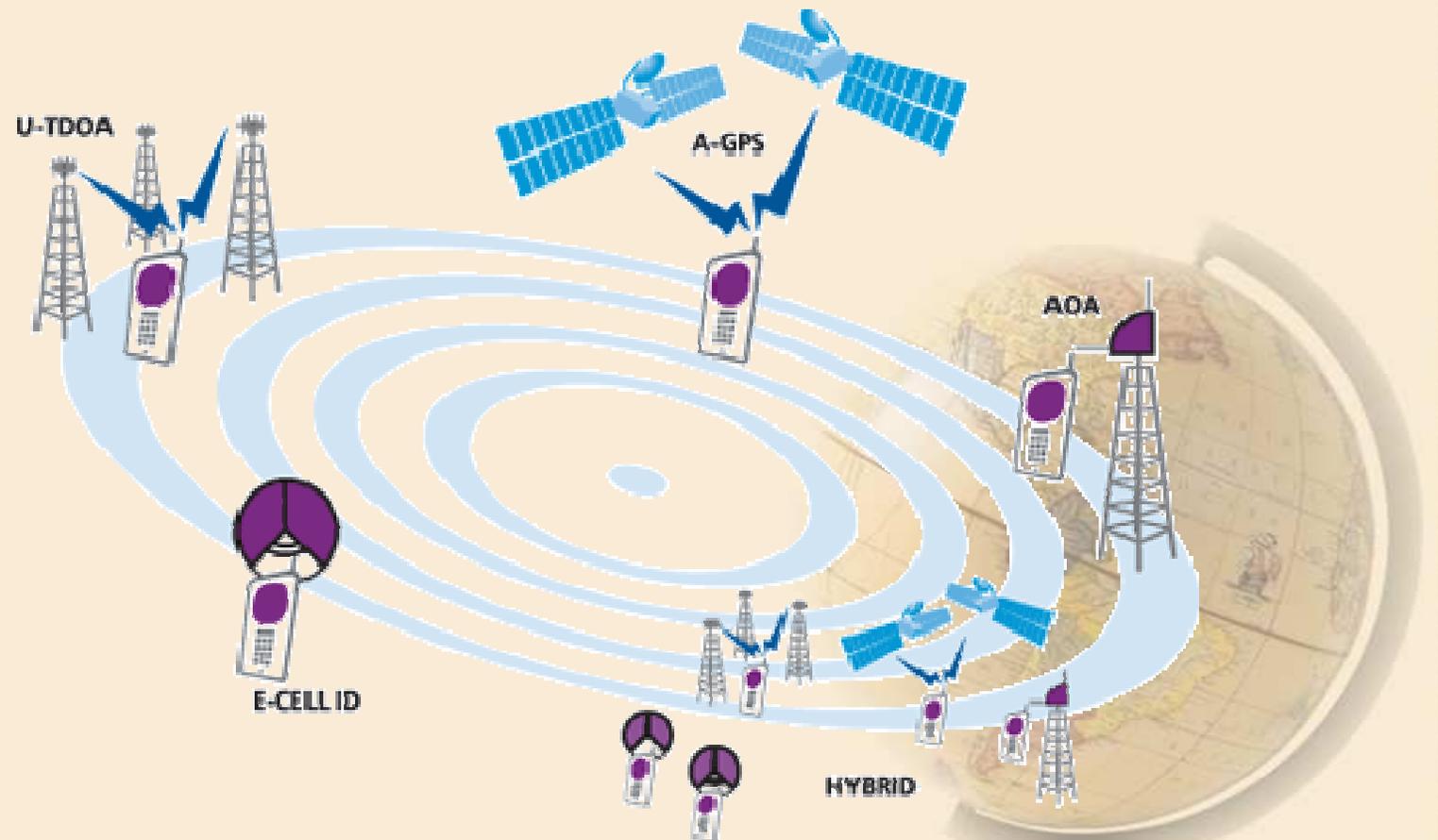
Géolocalisation

- Systèmes balises relais:
 - Triangulation à partir de balises terrestres (genre GSM)
 - Avantage
 - Prix
 - Diffusion
 - Seul système de géolocalisation intérieur pour de petit volumes.
 - Désavantage
 - Précision (dépend du maillage d'antennes)
 - Création de structures spécifiques

Géolocalisation

- **Systemes Hybrides:**
 - **Module autonome:**
 - Systeme doté d'accéléromètres, d'un compas, d'un baromètre et d'un algorithme de reconnaissance de pas (basé sur des mesures accélérométriques)
 - **Module GPS:**
 - Recalage des mesures grâce au GPS si disponible
 - **Module GSM:**
 - AOA (Angle of Arrival)
 - Différence de temps d'arrivée (TDOA)
 - E-CID (Enhanced Cell Identification)
 - U-TDOA (Uplink Time Difference of Arrival)
 - Enhanced Observed Time Difference (E-OTD)
 - A-GPS

Géolocalisation



Sommaire

- Introduction
- Subir la mobilité
- Prédire la mobilité
 - Les techniques de localisation à disposition
 - **Modèles de Prédiction de Mobilité**
- Les Algorithmes Réseaux Bénéficiant de Prédiction de Mobilité
- Conclusion

Modèles de Prédiction de Mobilité

- Modèles déterministes
 - Premier ordre (vitesse, position)
 - Second ordre (accélération, vitesse, position)
- Modèles stochastiques
 - Probabilité de validité d'une prédiction déterministe
 - Filtres de Kalman
 - Markoviens
- Modèles basés sur l'historique
- Modèles basés sur des réseaux neuronaux

Modèles déterministes

Premier Ordre

- Position de l'utilisateur:

$$\begin{pmatrix} X_{i+1}^{est} \\ Y_{i+1}^{est} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} S_x \\ S_y \end{pmatrix} * (\text{Current_Time} - t_i)$$

- Durée de connections:

$$Con^{est} = \frac{-(ab + cd) + \sqrt{(a^2 + c^2)r^2 - (ad - bc)^2}}{a^2 + c^2}$$

où: $a = s_1 \cos \theta_1 - s_2 \cos \theta_2$, $b = x_1 - x_2$
 $c = s_1 \sin \theta_1 - s_2 \sin \theta_2$, $d = y_1 - y_2$

Modèles déterministes

Second Ordre

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + B_1u(t) + B_2w(t) \quad [\text{PAT:04}]$$

où

$$A = \begin{bmatrix} \Theta & 0 \\ 0 & \Theta \end{bmatrix}, \quad B_1 = -B_2 = \begin{bmatrix} \Phi & 0 \\ 0 & \Phi \end{bmatrix}$$

avec

$$\Theta = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad \Phi = \begin{bmatrix} 0 \\ -1 \end{bmatrix}$$

$x(t) = [X(t) \quad \dot{X}(t) \quad Y(t) \quad \dot{Y}(t)]^T$: Vecteur de position relative

et $u(t) = [u_x(t) \quad u_y(t)]^T$: commande vitesse/accélération du noeud u

$w(t) = [w_x(t) \quad w_y(t)]^T$: commande vitesse/accélération du noeud w

Modèles Stochastiques

- Probabilité d'une prédiction [HAE:05a]:

$$\text{Préd}(t) = \text{Préd}^{\text{mob}} \cdot e^{-\beta(t-t_i)}$$

où:

Préd^{mob} : Prédiction de mobilité,

$e^{-\beta(t-t_i)}$: Probabilité de validité des paramètres

β : Stabilité des paramètres

t_i : Instant d'échantillonnage des $i^{\text{ièmes}}$ paramètres

Modèles Stochastiques

- Modèle Gauss-Markovien [LIA:99]:

$$v(n) = \alpha v_{n-1} + (1 - \alpha)\mu + \sigma\sqrt{1 - \alpha^2} w_{n-1}$$

avec la fonction auto corrélation du processus Gauss-Markovien:

$$R_v(\tau) = E[v(t)v(t + \tau)] = \sigma^2 e^{-\beta|\tau|} + \mu^2$$

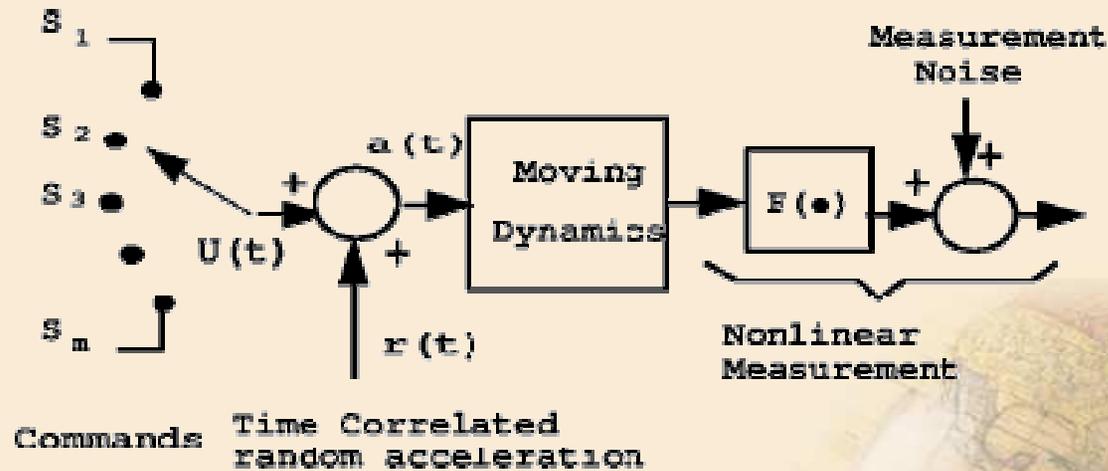
$\alpha = e^{-\beta|\tau|}$, β : degré de mémoire

et

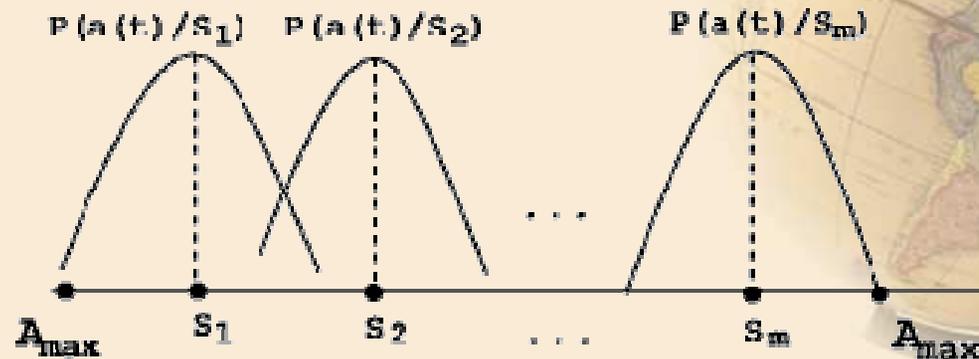
σ^2 : variance de $v(t)$, μ : espérance de $v(t)$

$\{w_n\}$: Processus Gaussien iid

Modèles Stochastiques



(a)



(b)

Modèles Stochastiques

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t) + Cr(t) \quad [\text{LIU:98}]$$

où

$$A = \begin{bmatrix} \Theta & 0 \\ 0 & \Theta \end{bmatrix}, \quad B = C = \begin{bmatrix} \Phi & 0 \\ 0 & \Phi \end{bmatrix}$$

avec

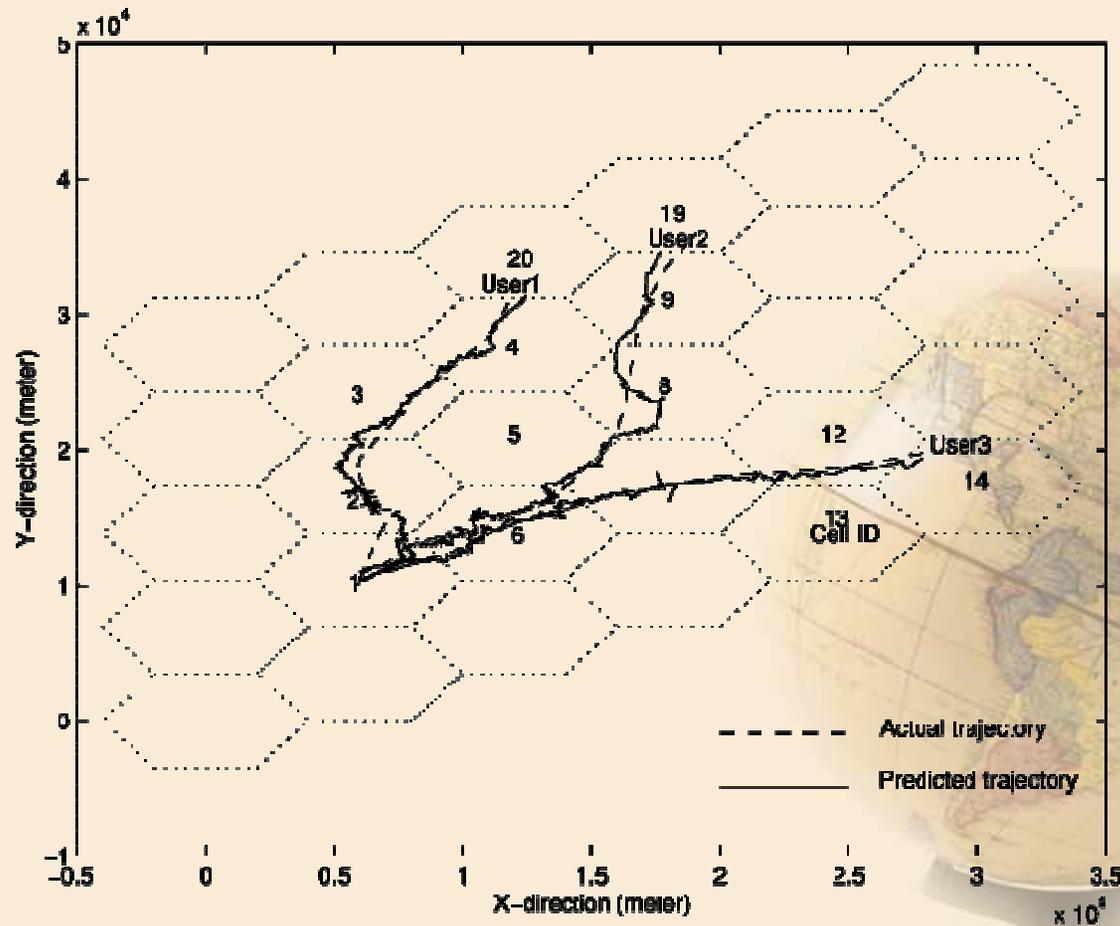
$$\Theta = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad \Phi = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$x(t) = [X(t) \quad \dot{X}(t) \quad Y(t) \quad \dot{Y}(t)]$: Vecteur de position du noeud u

et $u(t) = [u_x(t) \quad u_y(t)]$: commande déterministe du noeud u

$w(t) = [w_x(t) \quad w_y(t)]$: accélération aléatoire du noeud u

Modèles Stochastiques



Modèles Basés sur l'Historique

- Modèle Markovien [YU:01]:
 - La répétition de la routine des mouvements des utilisateurs peut être modélisée par une séquence stationnaire d'événements générés par un **processus Markovien ordre m**:

$$\begin{aligned} & P[V_{l+m+1} = v_{l+m+1} | V_1 = v_1 \dots V_l = v_l \dots V_{l+m} = v_{l+m}] \\ & = P[V_{l+m+1} = v_{l+m+1} | V_l = v_l \dots V_{l+m} = v_{l+m}] \end{aligned}$$

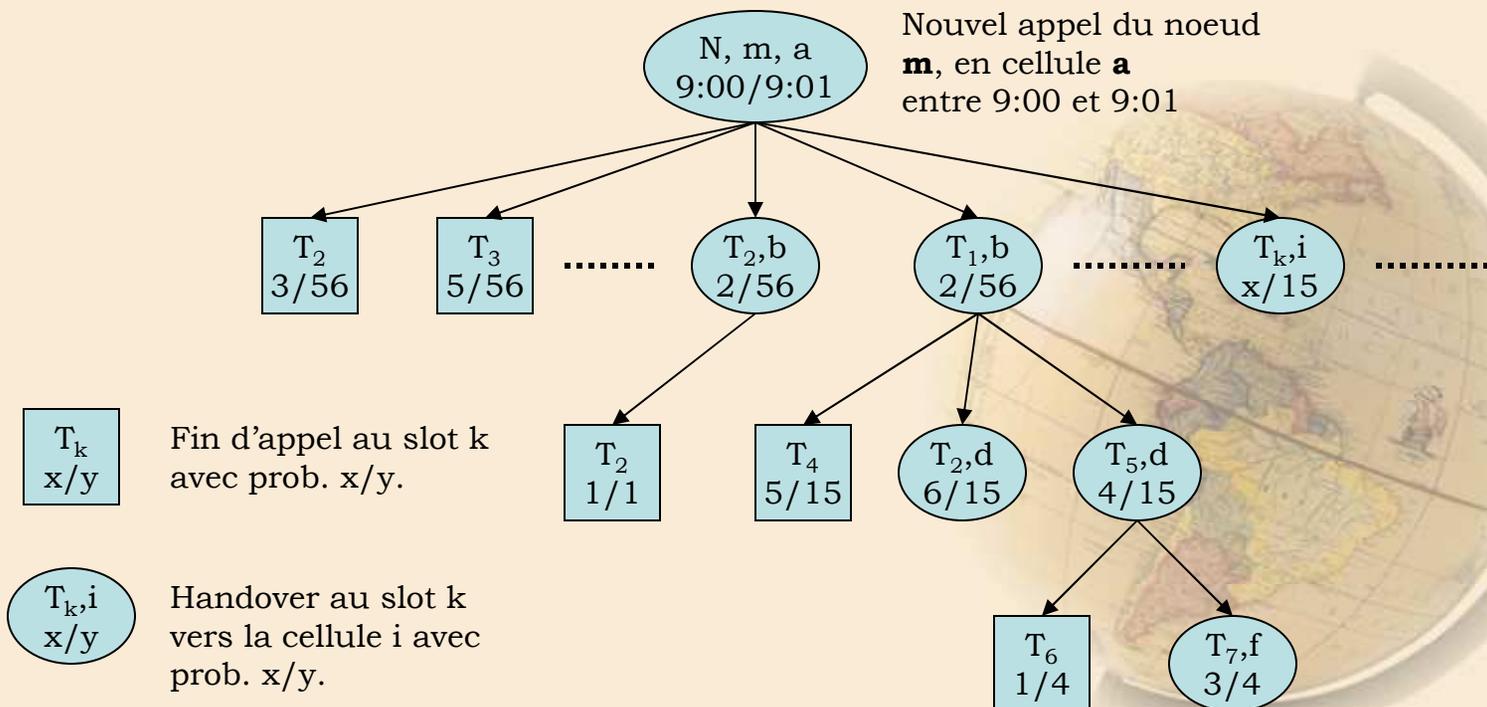
où V_i : Espace d'états du système

Modèles Basés sur l'Historique

- Modèle Markovien (suite):
 - la prédiction du futur état peut être obtenue par des algorithmes basés sur **la minimisation de l'entropie**:
 - Arbres Lempel-Zif:
 - Séquence d'états : $\{N, H_1, H_2, \dots, H_n, E\}$, où
 - N : Nouvel appel
 - H_i : $i^{\text{ème}}$ Handoff
 - FD : Fin de l'appel
 - Nouvel état généré par m états précédents.

Modèles Basés sur l'Histoire

- Arbres Lempel-Zif:



Modèles Basés sur l'Historique

- Modèle à logique floue [GIL:01]:
 - Neuro-Fuzzy Inference Model (NFIS):

Règle i : Si $x_1 = A_1^i$ et \dots et $x_j = A_j^i$ alors $y = \omega_i$

où: $x_1 \dots x_d$: vecteur d'entrée

A_j^i : ensemble flou pour la variable d'entrée j et la règle i

ω_i : valeur réelle pour la sortie y

Modèles Basés sur l'Historique

- Modèle à logique floue

$$NFIS = f([x_1 \cdots x_d]) = \frac{\sum_{i=0}^n \mu_i \omega_i}{\sum_{i=0}^n \mu_i}, \text{ défuzzification}$$

$$\mu_i = \prod_{j=1}^d \mu_{A_j^i}(x_j): \text{ fonction d'affiliation floue}$$

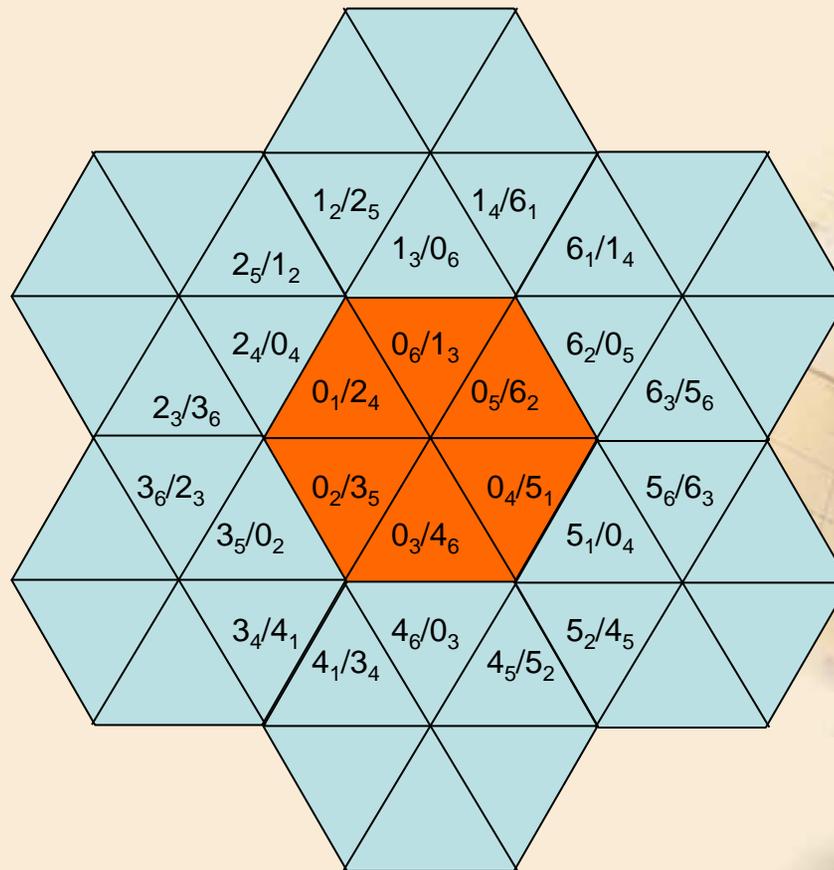
$$\mu_{A_j^i}(x_j), \text{ fuzzification (triangular, trapezoid, or Gaussian)}$$

- Prédiction du vecteur d'état du nœud:

$$NFIS(S_k^t, S_k^{t-1}, \dots, S_k^{t-(d-1)}) \rightarrow S_k^{t+1}$$

Modèles Basés sur l'Historique

- Modèle par Sectorisation [CHE:03]:



Modèles Basés sur l'Historique

- Modèle par Sectorisation:
 - Historique de mobilité sectorisée:

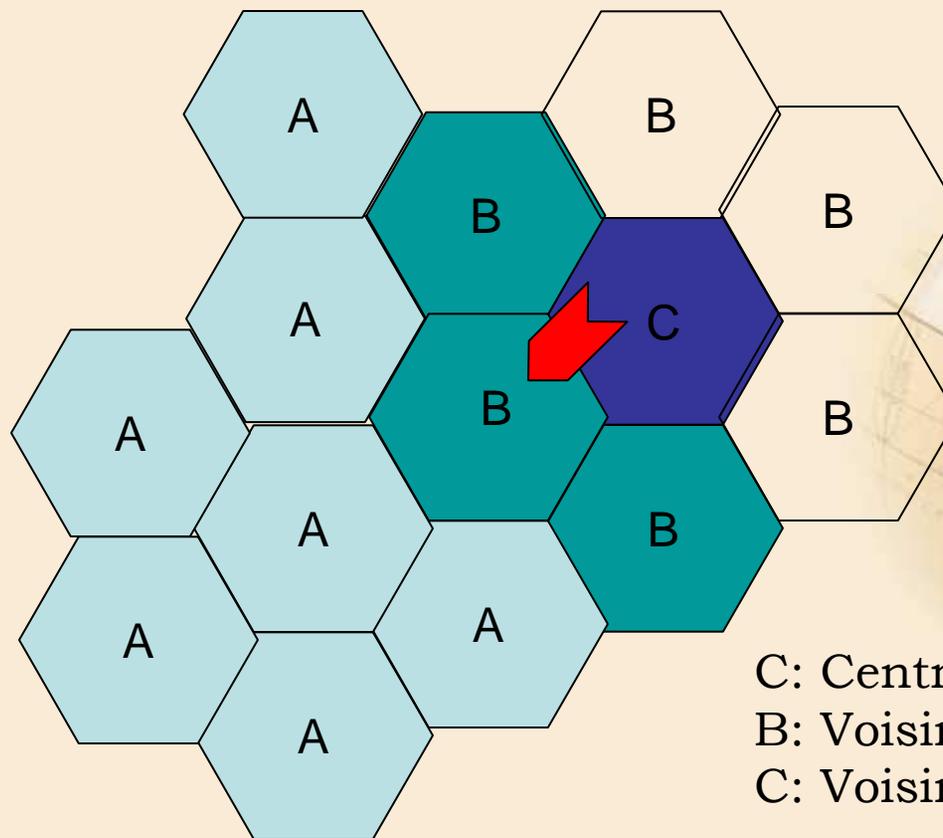


- Probabilité d'être en position m après X mouvements:

$$P_X(m) = \frac{X! p^{\frac{1}{2}(X+m)} (1-p)^{\frac{1}{2}(X-m)}}{\left[\frac{1}{2}(X+m) \right]! \left[\frac{1}{2}(X-m) \right]!}, \quad p: \text{probabilité de quitter la cellule}$$

Modèles Basés sur l'Historique

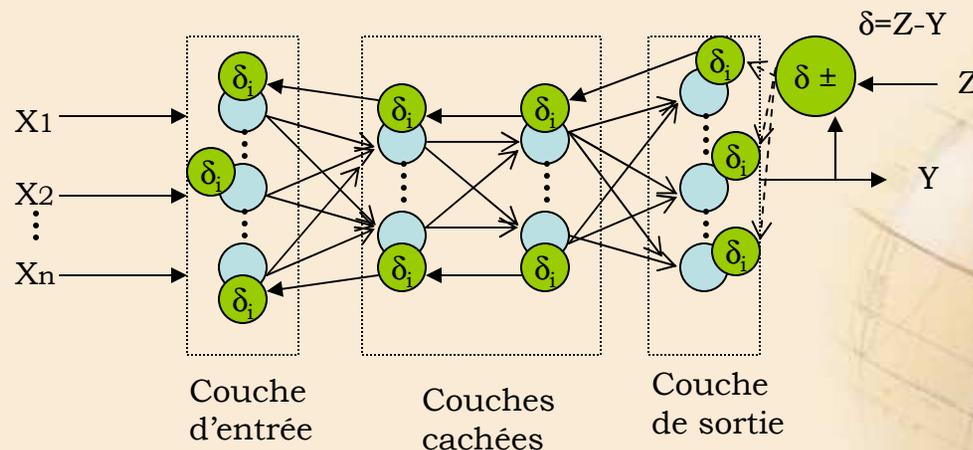
- Modèle “Shadow Cluster” [LEV:97]:



C: Centre du “shadow cluster”
B: Voisins immédiats
C: Voisins lointains

Modèles Basés sur les Réseaux Neuronaux

- Réseaux multi-couches avec backpropagation [POO:00]:



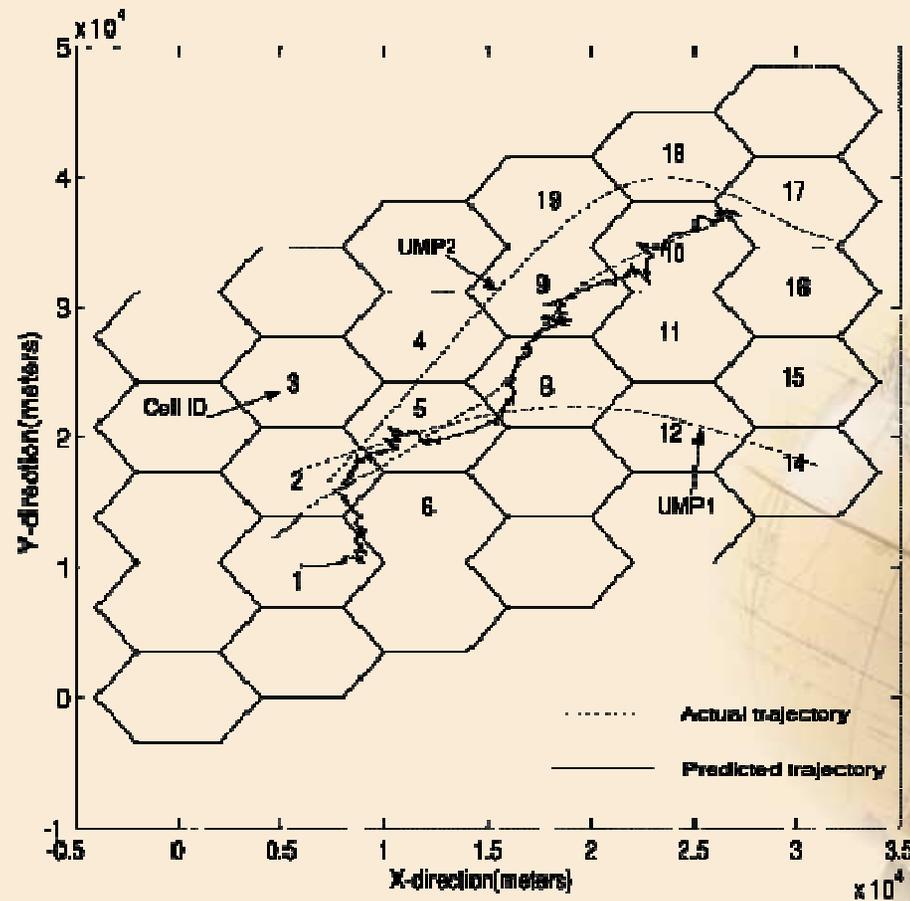
où: X_i : Etats du noeud (vitesse, direction..)

Y : Décision (hand - over, durée d'un lien..)

Z : Valeur Réelle

δ_i : Correction des poids

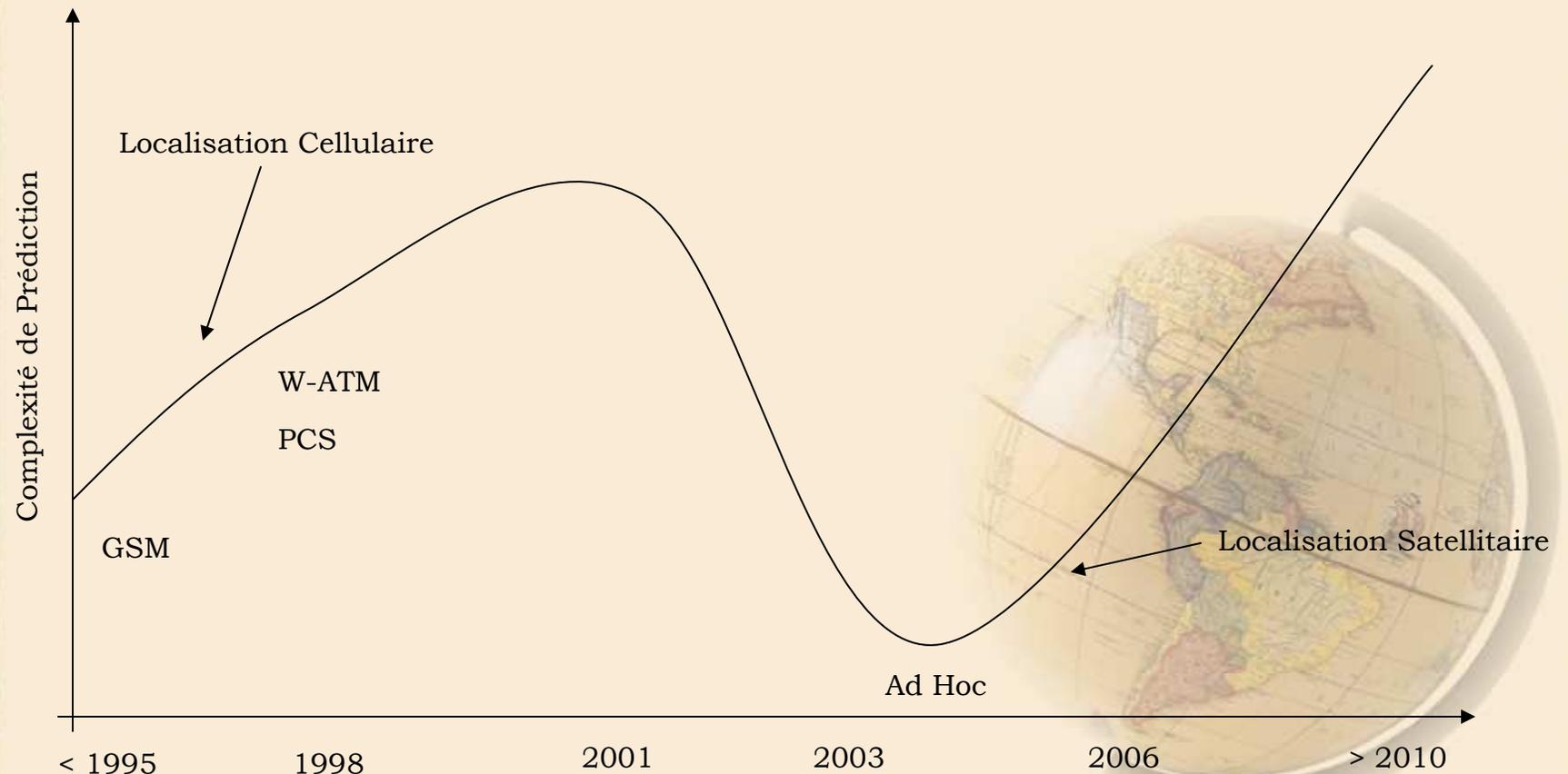
Modèles Hiérarchiques



Sommaire

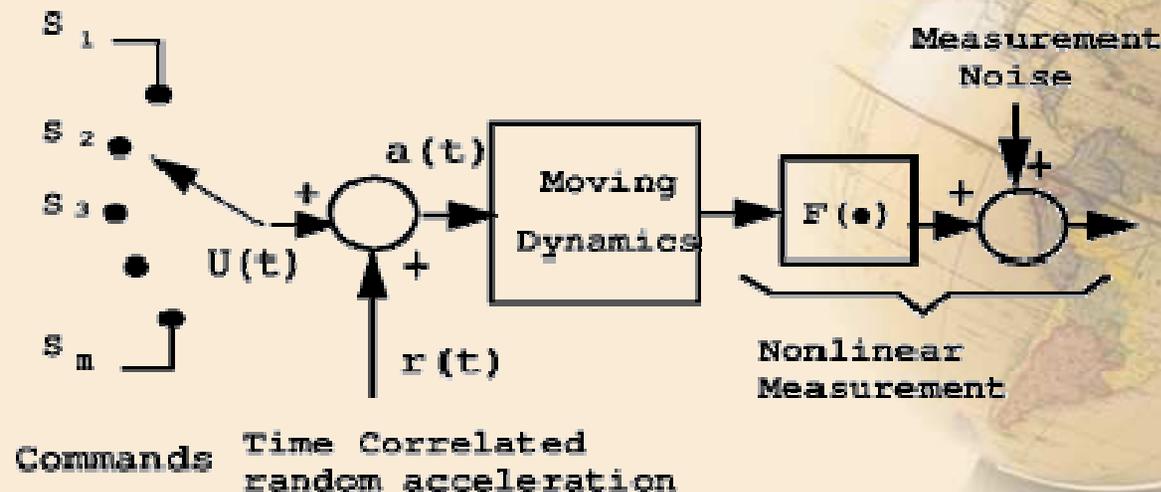
- Introduction
- Subir la mobilité
- Prédire la mobilité
 - Les techniques de localisation à disposition
 - Modèles de Prédiction de Mobilité
- **Les Algorithmes Réseaux Bénéficiant de Prédiction de Mobilité**
 - Étude d'un cas issu de la « vieille école »
 - Les Réseaux Ad-Hoc
- Conclusion

Réseaux Mobiles et Prédiction de Mobilité



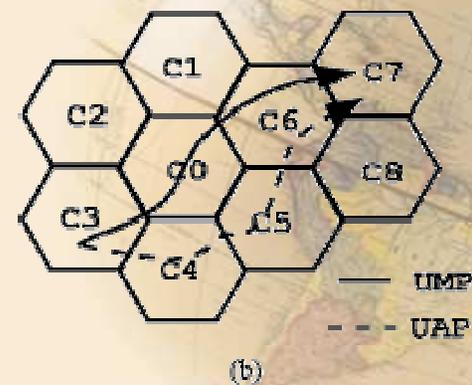
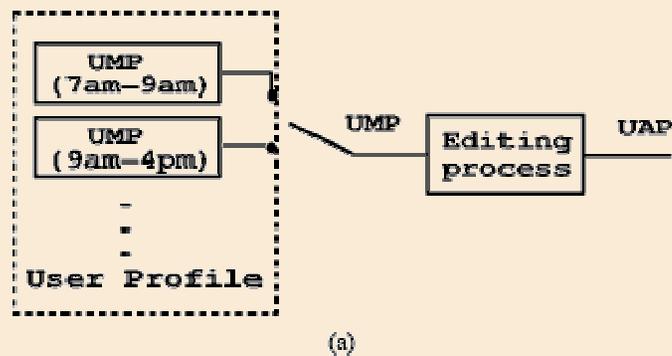
Étude d'un cas issu de la « vielle école »

- Prédiction hiérarchique
 - Prédiction de Micro-mobilité
 - Modèle Stochastique



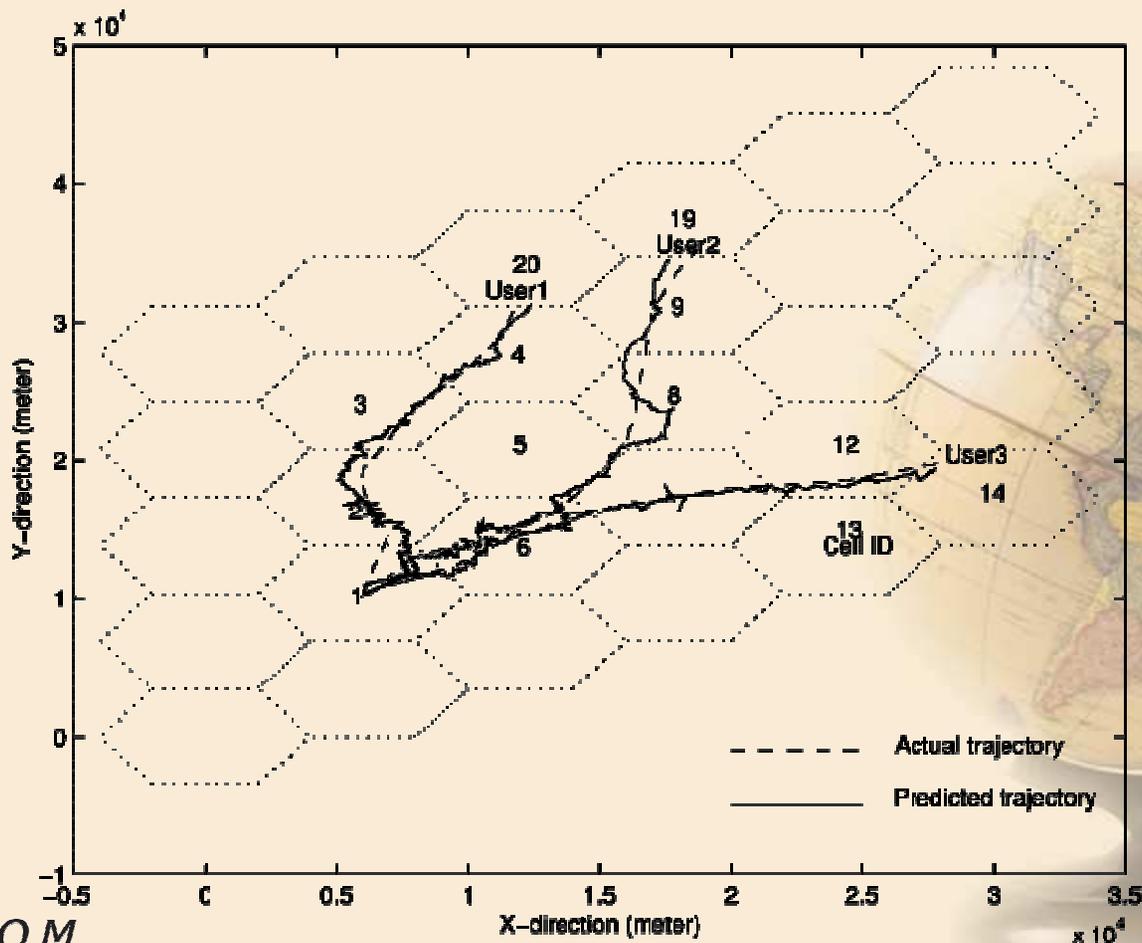
Étude d'un cas issu de la « vieille école »

- Prédiction hiérarchique
 - Prédiction de Macro-mobilité
 - Modèle basé sur l'historique



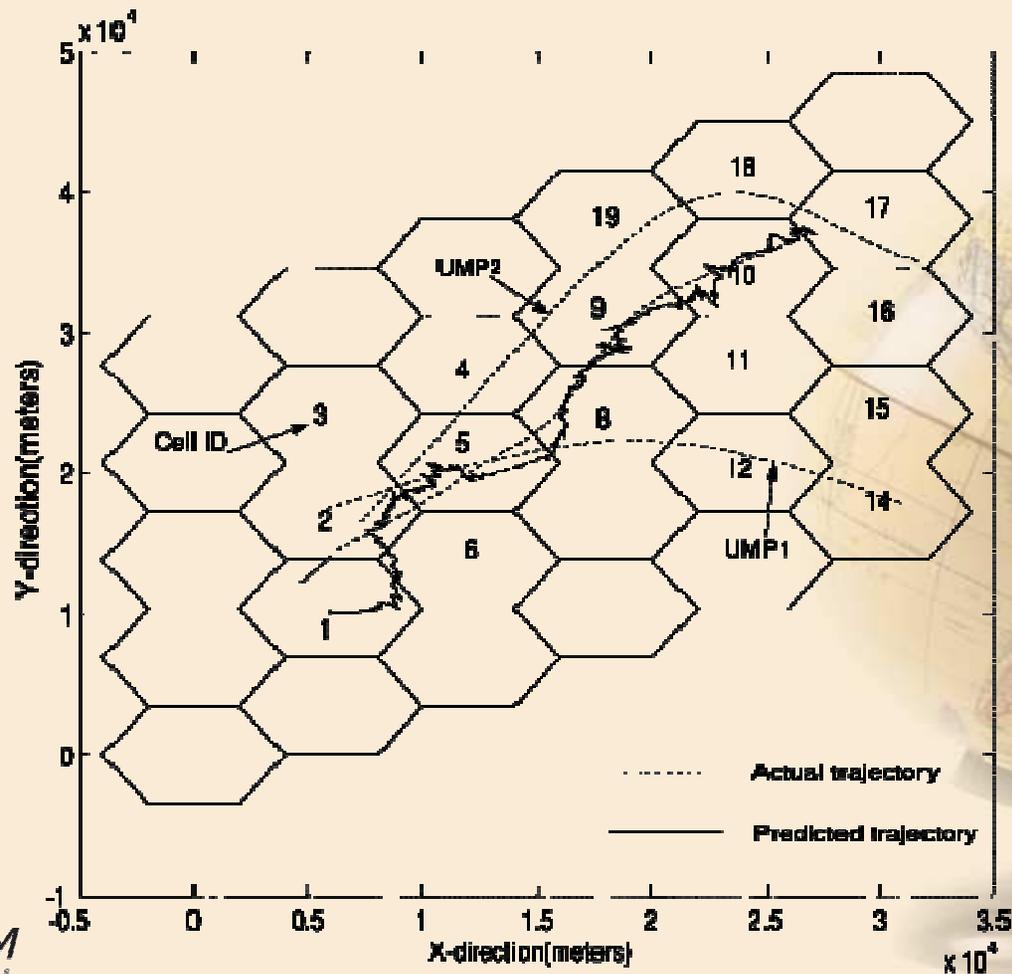
Étude d'un cas issu de la « vielle école »

- Performance de la micro-prédiction



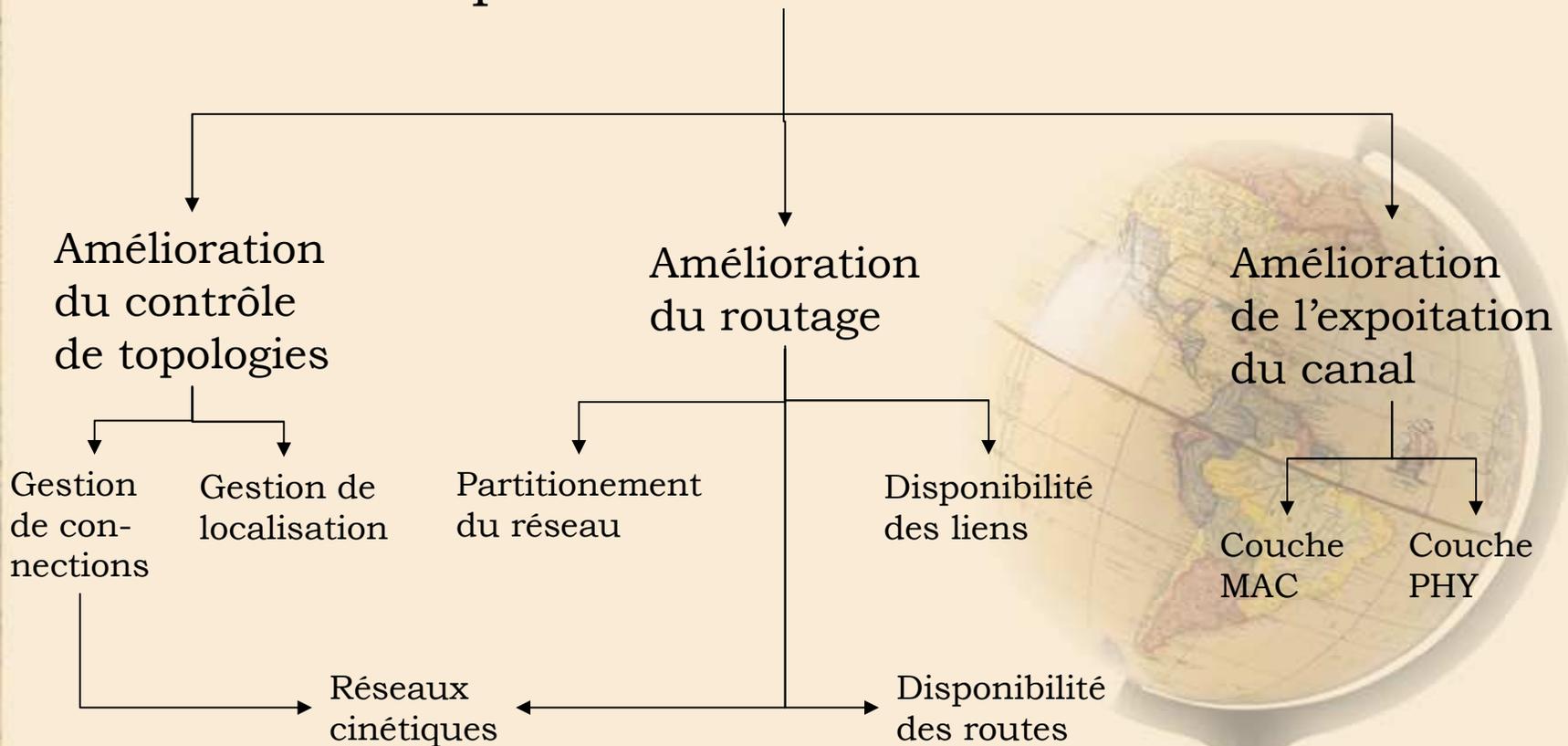
Étude d'un cas issu de la « vielle école »

- Performance totale du modèle



Les Réseaux Ad-Hoc Mobiles

Mise en oeuvre des modèles
de prédiction de mobilité



Amélioration du contrôle de topologies

- Gestion de connections:
 - Kinetic Adaptive Dynamic Routing for Energy Efficient Routing (KADER) [HAE:05a]:
 - Prédiction stochastique 1^{er} ordre.
 - Prédiction pour chaque instant du *voisin préféré* de chaque noeud.
 - La connexion à chaque instant des *voisins préférés* crée une structure cinétique auto-adaptative.
 - Il a des performances similaires à d'autres protocoles de gestion de topologie, tout en diminuant drastiquement le coût de maintenance.
 - KADER est considéré comme le 1^{er} algorithme *réactif* de gestion de topologie.

Amélioration du contrôle de topologies

- Gestion de localisations:
 - **Dead Reckoning-Based Location Service**
[KUM:04]
 - Modèle déterministe de 1^{er} ordre.
 - Ce protocole ajuste la dissémination des informations géographiques en fonction de la prédiction de la future position du mobile.
 - Il améliore significativement les performances des algorithmes de routage géographique l'utilisant, par rapport à d'autres protocoles.

Amélioration du contrôle de topologies

- Gestion de localisations:
 - **Mobility Prediction-based GLS** [SHA:04]
 - Amélioration du fonctionnement de GLS avec trois modèles de prédiction de mobilité:
 - déterministe 1^{er} ordre
 - déterministe 1^{er} ordre à vitesse pondérée
 - historique markovien 1^{er} ordre
 - **Predictive Location Service (PLS)** [LUO:05]
 - Modèle déterministe 1^{er} ordre.
 - Amélioration des erreurs de positionnement ainsi que du coût de maintenance par rapport à LEAP ou GLS.

Amélioration du routage

- Disponibilité des liens:
 - Mobility Prediction-based Position-based Forwarding (MP-PBF) [KIN:06]:
 - Protocole relayant les paquets en fonction de la prédiction de la position des noeuds intermédiaires par rapport à la prédiction de la position de la destination.
 - Compare PBF avec trois modèles déterministes 1^{er} ordre:
 - acquisition passive de positionnement
 - acquisition active de positionnement
 - acquisition agressive de positionnement
 - Les trois solutions améliorent PBF.
 - L'acquisition active de positionnement dépasse les deux autres modèles.

Amélioration du routage

- Disponibilité des liens:
 - Prediction-based Link Availability (PB-LA) [JIA:05]:
 - Modèle déterministe 1^{er} ordre.
 - Prédit de manière efficace la durée des liens radio entre deux nœuds.
 - Amélioration des performances de DSR lorsqu'il utilise cette durée pour pondérer les routes.
 - Context Aware Routing (CAR) [MUS:05]:
 - Modèle Stochastique basé sur des filtres de Kalman
 - Analyse de l'effet de la prédiction de mobilité dans des réseaux connectés par intermittence.
 - Améliore le délai et l'efficacité de la distribution des paquets par rapport à d'autres protocoles de type "flooding" ou "épidémique".

Amélioration du routage

- Disponibilité des liens:
 - Predictive Location Aided Routing (P-LAR)
[CHE:04]:
 - Modèle de prédiction par Sectorisation.
 - Améliore l'estimation de la zone anticipée (Expected Zone) de LAR.
 - Le coût d'ouverture des routes est largement inférieure à LAR ou LOTAR.

Amélioration du routage

- Disponibilité des routes:
 - **Dead Reckoning Model (DRM)** [AGA:03]:
 - Modèle déterministe 1^{er} ordre.
 - Représente le coût des liens par la durée des liens ainsi que la direction relative par rapport à la destination.
 - DRM améliore les performances de DSR par rapport à un coût basé sur le nombre de sauts.

Amélioration du routage

- Disponibilité des routes:
 - Distance Vector with Mobility Prediction (DV-MP) [SU:00]:
 - Modèle déterministe 1^{er} ordre.
 - Représente le coût des liens par la durée des liens pour un algorithme de type “Distance-Vector”.
 - Améliore l’efficacité de la distribution des paquets par rapport à d’autres protocoles de type “Distance-Vector” ainsi que LAR.

Amélioration du routage

- Disponibilité des routes:
 - **Reliable On-Demand Routing Protocol (RORP)**
[WAN:05]:
 - Modèle déterministe 1^{er} ordre.
 - Le protocole ouvre une route avec comme poids le minimum de la durée de chaque lien appartenant à la route.
 - La destination choisit le chemin avec la durée de lien la plus élevée.

Amélioration du routage

- Disponibilité des routes:
 - **MO**vement **P**rediction **R**outing (**MOPR**)
[MEN:05]:
 - Modèle déterministe 1^{er} ordre.
 - MOPR choisit un voisin qui se déplace globalement dans la même direction.
 - AODV-MOPR: La destination répond à tous les RREP ayant le même numéro de séquence et la source peut choisir la route dont les noeuds intermédiaires suivent tous la même direction.
 - Amélioration de la stabilité des routes de 7 %, avec cependant une augmentation du trafic de contrôle de 20%.

Amélioration du routage

- Réseaux Cinétiques:
 - **Kinetic MultiPoint Relays (KMPR)** [HAE:05b]:
 - Modèle déterministe 1^{er} ordre.
 - Les MPRs sont élus en fonction de la prédiction du degré de couverture des voisins à deux sauts.
 - L'ensemble des MPRs et des MPR Selectors forment à tout instant une structure cinétique auto-adaptative.
 - KMPR présente des performances similaires à MPR, avec une diminution de 60% du trafic de contrôle et de 25% du délai.
 - **Kinetic Link State Routing (KLSR)**
 - (J. Haerri, F. Filali, C. Bonnet, work in progress)

Conclusions

- Les réseaux de communications ont de tout temps **subit** les effets de la **mobilité** des utilisateurs.
- Des **modèles de prédiction de mobilité** ont donc été élaborés, principalement pour les réseaux cellulaires (PCS, GSM).
- Le sujet est redevenu populaire après l'apparition des **réseaux ad-hoc**, comme solution afin de les rendre dimensionnable.

Conclusions

- Une large littérature illustre les avantages de l'utilisation de modèles de prédiction de mobilité.
- Presque **aucun** n'utilise de **modèles complexes**.
- A l'aube des réseaux maillés et véhiculaires, il serait intéressant de les **réintroduire**.
- L'effet des **modèles de prédiction** de mobilité sur la couche **MAC** et **PHY** n'a pas encore été étudiée.

Questions ?



Références

- [DOS:04] C. Doss, R., A. Jennings, N. Shenoy,
“A Review of Current work on Mobility Prediction in
Wireless Networks”,
3rd ACM SIGMOBILE Asian International Mobile
Computing Conference (AMOC), Thailand, 2004.
- [POO:00] W. T. Poon and E. Chan,
“Traffic Management in Wireless ATM Network
Using a Hierarchical Neural-Network Based
Predication Algorithm”,
Proc. ICISA 15th International Conference on
Computers and their Applications, March 2000.
- [LEV:97] D. Levine, I. Akyildiz, and M. Naghshineh,
“A Resource Estimation and Call Admission
Algorithm for Wireless Multimedia Networks Using
the Shadow Cluster Concept”,
IEEE/ACM Trans. on Networking, 5(1), Feb. 1997,
pp. 1-12.

Références

- [LIA:99] B. Liang and Z. J. Haas,
“Predictive Distance-Based Mobility Management for
PCS Networks”,
Proceedings of IEEE INFOCOM’99, New York, March
1999.
- [YU:01] F. Yu and V. Leung,
“Mobility-Based Predictive Call Admission Control
and Bandwidth Reservation in Wireless Cellular
Networks”,
Proceedings of IEEE INFOCOM’01, Anchorage, April
2001.
- [GIL:01] J. Gil et al.,
“Restoration Scheme of Mobility Databases by
Mobility Learning and Prediction in PCS Networks”,
IEEE Journal on Selected Areas in Communications,
Volume 19, No.10, October 2001.

Références

- [CHE:03] R. Chellappa, A. Jennings, N. Shenoy,
“The Sectorized Mobility Prediction Algorithm for
Wireless Networks”,
Proceedings of the Int’l Conference on Information
and Communication Technologies 2003.
- [PAT:04] P. N. Pathirana, A. V. Savin, S. Jha,
“Robust Extended Kalman filter based technique for
location management in PCS networks”
Elsevier Computer Communications N.27, pp. 502-
512, 2004.
- [LIU:98] T. Liu, P. Bahl and I. Chlamtac,
“Mobility Modeling Location Tracking and Trajectory
Prediction in Wireless ATM Networks”,
IEEE Journal on Selected Areas in Communications,
Volume 16, No.6, August 1998.

Références

- [HAE:05a] J. Haerri, N. Nikaein, C. Bonnet,
“Trajectory knowledge for improving topology control in mobile ad-hoc networks”,
1st ACM/e-NEXT International Conference on Future Networking Technologies, 2005 France.
- [HAE:05b] J. Haerri, F. Filali, C. Bonnet,
“On the application of mobility predictions to multipoint relaying in MANETs: kinetic multipoint relays”,
1st Asian Internet Engineering Conference AINTEC’05, 2005, Thailand.
- [MEN:05] H. Menouar, M. Lenardi, F., Filali,
“A movement prediction-based routing protocol for vehicle-to-vehicle communications”,
1st International Vehicle-to-Vehicle Communications Workshop (V2V-COM’05), 2005.

Références

- [WAN:05] N-C Wang, S-W Chang,
“A reliable on-demand routing protocol for mobile
ad hoc networks with mobility prediction”,
Elsvier Computer Communication, N. 29, pp. 123-
135, 2005.
- [SU:00] W. Su and S. Lee and M. Gerla,
“Mobility Prediction in Wireless Networks”,
Proceedings of the IEEE Military Communications
Conference (MILCOM), 2000.
- [AGA:03] A. Agarwal and S. R. Das,
“Dead Reckoning for Mobile Ad Hoc Networks”,
Proc. of the 2003 IEEE Wireless Communications
and Networking Conference (WCNC 2003), 2003.

Références

- [CHE:04] Chellappa Doss, R., A. Jennings, N. Shenoy,
“Mobility Prediction based Routing for Minimizing
Control Overhead in Mobile Ad hoc Networks”,
International Conference on Wireless Networks
(ICWN’04), USA, 2004.
- [MUS:05] M. Musolesi, S. Hailes, C. Mascolo,
“Adaptive Routing for Intermittently Connected
mobile Ad Hoc Networks, Adaptive Routing for
Intermittently Connected Mobile Ad Hoc Networks”,
In Proc. of 6th IEEE International Symposium on
a World of Wireless, Mobile and Multimedia
Networks (WoWMoM’05), Italy, 2005.
- [JIA:05] S. Jiang, D. He,
“A Prediction-Based Link Availability Estimation for
Routing Metrics in MANETs”,
IEEE/ACM Trans. On Networking, Vol.13, NO. 6,
pp. 1302-1312, 2005.

Références

- [KIN:06] T. King, H. Fuessler, M. Transier, W. Effelsberg,
“Dead-Reckoning for Position-Based Forwarding on
Highways”,
Proc. of the 3rd International Workshop on
Intelligent Transportation (WIT 2006), pp. 199-204,
Germany, 2006.
- [LUO:05] X. Luo, T. Camp, W. Navidi,
“Predictive Methods for Location Services in Mobile
Ad Hoc Networks”
19th IEEE International Parallel and Distributed
Processing Symposium (IPDPS'05), USA, 2005.
- [SHA:04] S. Sharma et al.,
“A Comparative Study of Mobility Prediction
Schemes for GLS Location Service”,
IEEE Vehicular Technology Conference
(VTC'04)Conference, 2004.

Références

- [KUM:04] V. Kumar and S. R. Das,
“Performance of Dead Reckoning-Based Location
Service for Mobile Ad Hoc Networks”,
Wireless Communications and Mobile Computing
Journal, Vol 4, No 2, March 2004.

