

## L'accès aléatoire dans les réseaux cellulaires

Marceau Coupechoux  
 UE RES222 « Accès au Médium et Ordonnancement »  
 Mars 2008  
 ENST, département Informatique et Réseaux

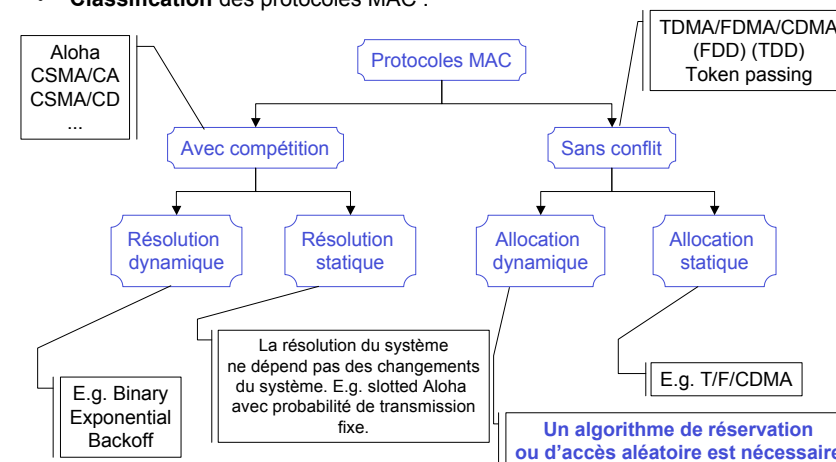
## GSM

- L'accès aléatoire est fondé sur l'ALOHA discrétisé.
- La MS envoie un **channel request message** qui contient sur 8 bits :
  - Une valeur aléatoire,
  - La cause de l'établissement (urgence, réponse à paging, ...).
- Le réseau répond avec un **immediate assignment (reject) message** :
  - S'il y a rejet, il contient la cause,
  - Sinon, il contient :
    - La ressource allouée (TCH ou SDCCH),
    - L'avance en temps (*Timing Advance*),
    - La copie du *channel request message*,
    - Le numéro de la trame.

## Accès aléatoire dans les réseaux cellulaires

### Introduction

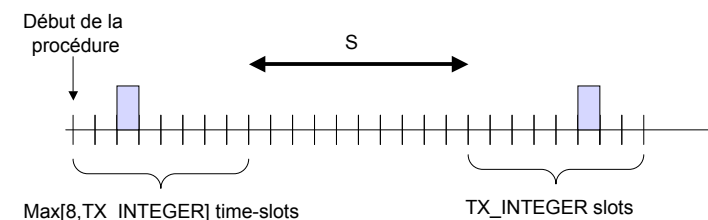
- **Classification** des protocoles MAC :



[4]

## GSM

- Les **paramètres** de l'accès aléatoire :
  - MAX\_TRANS+1 in {1,2,4,7} : nombre maximal de retransmissions,
  - TX\_INTEGER in [3;50] : fenêtre (fixe) de back-off,
  - S in [55;217] : délai minimum avant retransmission (pour laisser le temps au réseau de répondre ou pour attendre la libération éventuelle d'une ressource), S introduit un délai minimum de 250 ms.



• Performances [2] : influence de MAX\_TRANS

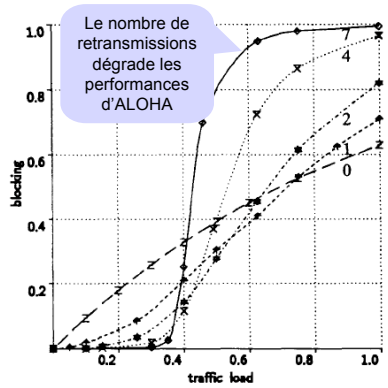


Fig. 1 : Blocking vs. traffic load for different values of the maximum number of retransmissions (0, 1, 2, 4, 7). The interval width for retransmission was chosen to be 14.

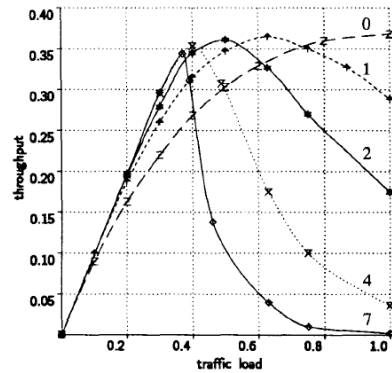


Fig. 2 : Throughput vs. traffic load for different values of the maximum number of retransmissions (0, 1, 2, 4, 7). The interval width for retransmission was chosen to be 14.

- Pourquoi un **nouvel algorithme** d'accès ?
  - Nouvelles causes d'établissement d'appel (e.g. type d'accès),
  - Nouvelles informations (classe multi-slot, volume demandé, etc),
  - Nécessité d'une allocation rapide des ressources (surtout pour les transmissions de petits volumes),
  - Plus de bits aléatoires pour améliorer l'accès,
  - Introduction de 4 classes de priorités,
  - La charge attendue sur le PRACH est plus importante à cause de l'accès paquet.
- **Principe** : ALOHA discrétisé stabilisé avec un algorithme pseudo-bayésien.

• Performances [2] : influence de TX\_INTEGER

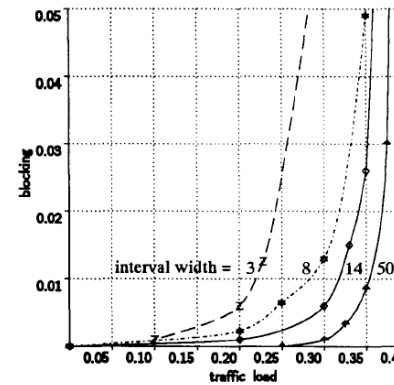


Fig. 3 : Blocking vs. traffic load for a maximum number of retransmissions of 7 and for different values (3, 8, 14, 50) of the interval width for retransmissions.

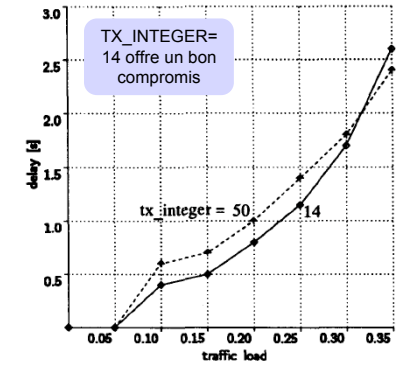
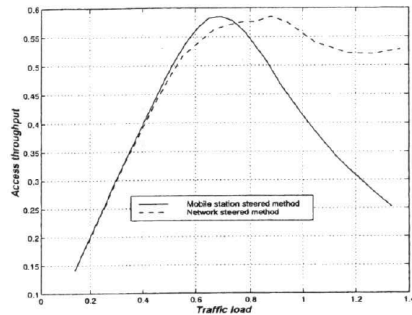


Fig. 4 : 95% quantile of delay vs. traffic load for a maximum number of retransmissions of 7 and for different values (14, 50) of the interval width for retransmission.

- **Algorithme pseudo-bayésien** [5-6]
- Le débit de l'ALOHA slotté s'écrit  $S=Ge^{-G}$  et est maximal pour  $G_0=1$  ( $S_0=1/e$ ).
- S'il y a n utilisateurs qui émettent avec une probabilité p, la charge s'écrit  $G=np$ .  $G_0/n=1/n$  est la valeur optimale de p.
- L'idée de l'algorithme est d'ajuster p en fonction de l'estimation de n faite par le réseau.
- L'estimation est ajustée à chaque slot en fonction de son état : succès (S), libre (I) ou collision (C).

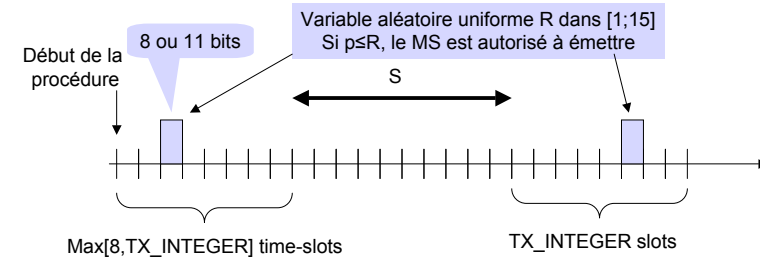
## GPRS

- Le réseau envoie régulièrement une estimation de  $n$ ,
- Les mobiles reçoivent l'estimation de  $n$  et choisissent  $p = \min[1, 1/n]$ .
- Cet algorithme permet de stabiliser l'ALOHA.



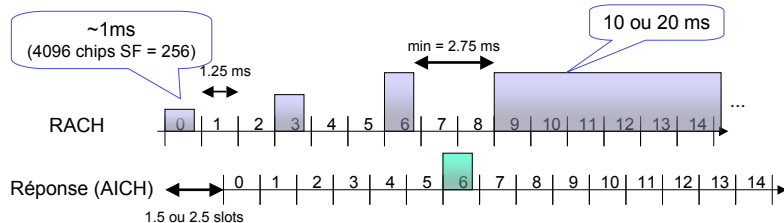
## GPRS

- Les **paramètres** de l'accès dans GPRS : (PBCCH message PSI type 1)
  - 4 classes de priorités,
  - $MAX\_TRANS(i)+1$  in  $\{1,2,4,7\}$  par classe de service,
  - $TX\_INTEGER$  in  $[2;50]$  : valeur unique,
  - $S$  in  $[12;217]$  : valeur unique légèrement diminuée par rapport à GSM pour réduire les délais d'accès.
  - Persistence level  $p(i)$  in  $\{1, \dots, 14, 16\}$ , par classe de service.



## UMTS

- Les **caractéristiques** de l'accès aléatoire en UMTS :
  - ALOHA discrétisé,
  - *Fast acquisition indication*,
  - *Power ramping*,
  - Contrôle de puissance en boucle ouverte.
- **Procédure TS 25.214** :
  - L'UE émet des préambules avec une puissance croissante et en choisissant une signature sur 16, jusqu'à obtenir une réponse du réseau.
  - Lorsque la réponse est positive, l'UE émet un message d'accès.



## UMTS

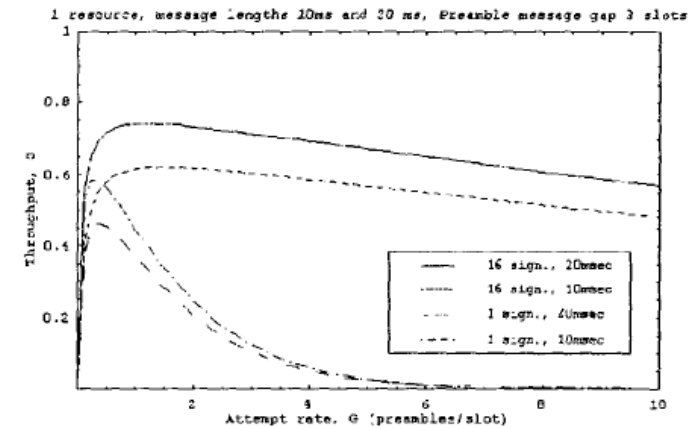
- Emission du premier **préambule** :
  - L'UE choisit un slot et une signature parmi 16 au hasard,
  - La puissance est fondée sur le niveau mesuré du canal pilote (CPICH primaire),
  - L'UE attend une réponse sur la voie descendante (le slot AICH correspondant).
- **Réponse** du réseau :
  - Le réseau donne une réponse (valeur AI) pour chaque signature.
  - +1 : l'UE peut envoyer la partie message à la puissance du dernier préambule,
  - -1 : l'UE doit cesser ses transmissions et entre en *back-off*,
  - 0 : l'UE envoie un nouveau préambule avec une puissance supérieure.
- Distance minimale entre deux préambules et entre préambule et message : 3 ou 4 slots d'accès.

- **Access Service Classes (ASC) :**
  - Jusqu'à 8 classes pour différentes priorités,
  - Probabilité de persistance :  $p_i$ ,  $i=0, \dots, 7$ ,
  - ASC0 : plus grande priorité avec  $p_0=1$ , e.g. appels d'urgence,
  - $p_i=2^{-(N-1)}$ ,  $N = \text{dynamic persistence level}$ , et  $p_i=s_i p_1$ ,
  - Les  $s_i$  et  $N$  sont diffusés par le réseau.
- Procédure TS.321 :
  - Chaque UE tire  $r$  dans  $[0;1]$ ,
  - Si  $r < p_i$ , la procédure d'accès peut commencer,
  - Sinon, l'UE attend 10 ms avant de pouvoir recommencer.

## Conclusion

- Les systèmes multi-utilisateur sans conflit (TDMA/FDMA/CDMA) nécessitent une procédure d'accès aléatoire dès lors qu'ils sont dynamiques.
- Malgré sa simplicité et son instabilité, ALOHA slotté reste dominant dans les systèmes existants.
- GSM implémente presque du pur ALOHA slotté, mais c'est suffisant étant donné la charge attendue.
- GPRS implémente une version stabilisée avec priorités pour faire face à une charge plus importante.
- UMTS profite des degrés de libertés offerts par les codes mais doit gérer les interférences.

- **Performances [3] :**



## Glossaire

AI : Acquisition Indicator	PBCC : Packet Broadcast Control Channel
AICH : Acquisition Indication Channel	PRACH : Packet Random Access Channel
ASC : Access Service Classes	PSI : Packet System Information
CDMA : Code Division Multiple Access	RACH : Random Access Channel
CPICH : Common Pilot Channel	SDCCH : Stand Alone Dedicated Control Channel
CSMA : Carrier Sense Multiple Access	TA : Timing Advance
CSMA/CA : CSMA / Collision Avoidance	TCH : Transport Channel
CSMDA/CD : CSMA / Collision Detection	TDD : Time Division Duplex
FDD : Frequency Division Duplex	TDMA : Time Division Multiple Access
FDMA : Frequency Division Multiple Access	UE : User Equipment
GPRS : General Packet Radio System	
GSM : Groupe Spécial Mobile	
LAU : Location Area Update	
MAC : Medium Access Control	
MS : Mobile Station	

- [1] A. Brand and H. Aghvami, « Multiple Access Protocols for Mobile Communications », Wiley, 2001.
- [2] C. Lüder and R. Haferbeck, « The Performance of the GSM Random Access Procedure », VTC, 1994.
- [3] I. N. Vukovic and T. Brown, « Performance Analysis of the Random Access Channel in WCDMA », VTC, 2001.
- [4] R. Rom et M. Sidi, « Multiple Access Protocols, Performance and Analysis », Springer-Verlag, 1990.
- [5] D. Bertsekas et R. Gallager, « Data Networks », Prentice Hall, 1992.
- [6] R. Robertson et T. Ha, « A Model for Local/Mobile Radio Communications with Correct Packet Capture », IEEE Trans. On Communications, April 1992.

- **Algorithme pseudo-bayésien** [5-6]
- Le débit de l'ALOHA slotté s'écrit  $S = Ge^{-G}$  et est maximal pour  $G_0 = 1$  ( $S_0 = 1/e$ ).
- S'il y a  $n$  utilisateurs qui émettent avec une probabilité  $p$ , la charge s'écrit  $G = np$ .  $G_0/n = 1/n$  est la valeur optimale de  $p$ .
- L'idée de l'algorithme est d'ajuster  $p$  en fonction de l'estimation de  $n$  faite par le réseau.
- L'estimation est ajustée à chaque slot en fonction de son état : succès (S), libre (I) ou collision (C).
- Si on suppose qu'au slot  $k$ ,  $n \sim \text{Poisson}(v_k)$ , alors :
  - $P[n|S] \sim \text{Poisson}(v_k - 1) \implies v_{k+1} = v_k - 1$
  - $P[n|I] \sim \text{Poisson}(v_k - 1) \implies v_{k+1} = v_k - 1$
  - $P[n|C] \sim \text{Poisson}(v_k + (e-2)^{-1}) \implies v_{k+1} = v_k + (e-2)^{-1}$
- Si on suppose la capture possible, les lois précédentes restent de bonnes approximations.

## Licence de droits d'usage



Contexte public ) sans modifications

Par le téléchargement ou la consultation de ce document, l'utilisateur accepte la licence d'utilisation qui y est attachée, telle que détaillée dans les dispositions suivantes, et s'engage à la respecter intégralement.

La licence confère à l'utilisateur un droit d'usage sur le document consulté ou téléchargé, totalement ou en partie, dans les conditions définies ci-après et à l'exclusion expresse de toute utilisation commerciale.

Le droit d'usage défini par la licence autorise un usage à destination de tout public qui comprend :

- Le droit de reproduire tout ou partie du document sur support informatique ou papier,
- Le droit de diffuser tout ou partie du document au public sur support papier ou informatique, y compris par la mise à la disposition du public sur un réseau numérique.

Aucune modification du document dans son contenu, sa forme ou sa présentation n'est autorisée.

Les mentions relatives à la source du document et/ou à son auteur doivent être conservées dans leur intégralité.

Le droit d'usage défini par la licence est personnel, non exclusif et non transmissible.

Tout autre usage que ceux prévus par la licence est soumis à autorisation préalable et expresse de l'auteur : [sitpedaoo@enst.fr](mailto:sitpedaoo@enst.fr)