

TD 1

Exercices d'applications Majed HADDAD

Exercice 1 : Performances des services de télécoms

- La variation du trafic au cours de la journée complique encore les études d'implantation des BTS. Le nombre d'abonnés qu'un opérateur peut supporter dépend du nombre de BTS. En outre, si un abonné est à proximité d'une BTS sans utiliser son téléphone, il n'utilise pas la bande passante de la BTS : le problème est alors de savoir combien d'abonnés une BTS peut avoir à proximité en offrant toujours la possibilité d'entamer une conversation. On introduit alors la notion d'erlang : unité de trafic correspondant à 1 heure de communication. Par exemple, si un abonné a passé 3 communications d'une durée moyenne de 2 minutes pendant la dernière heure, l'intensité du trafic généré par l'abonné sur une BTS est de 0,1 erlang :

$$\frac{2}{60} \times 3 = 0,1$$

Dans le cas des réseaux GSM, le trafic moyen par abonné est d'environ 0,025 Erlangs.

- Calculer le nombre d'abonnés que peut assurer une BTS supportant 700 Erlangs
- Les modèles d'erlang veulent être représentatifs des appels qu'une BTS subit tout au long de son exploitation. Mais plus la recherche est approfondie, plus les modèles sont complexes et leur maniement difficiles. En admettant que lorsqu'une BTS est saturée, l'appel est rejeté et que les tentatives d'appels arrivent suivant une loi de poisson sur la BTS, on peut évaluer la quantité d'abonnés qu'une BTS peut supporter. En premier lieu, on définit les dimensions utiles à l'étude :
 - soit r le taux d'arrivée des appels (arrivés/s.)
 - Soit m le temps moyen d'un appel (temps moyen d'activité d'un des C canaux de la BTS)
 - Soit A le trafic théorique offert (en Erlang)
 - Soit $P_{[Blocking]}$, la probabilité qu'un appel soit rejeté. Cette probabilité est définie par la relation suivante :

$$P_{[Blocking]} = \frac{\frac{A^C}{C!}}{\sum_{k=0}^C \frac{A^k}{k!}}$$

On considère $X=600$, le nombre d'abonnés qui se trouvent dans la même cellule. Chaque abonné a passé 5 communications pendant l'heure chargée.

- Calculer r , le taux d'arrivées des appels (arrivées/s.)
- Calculer A , le trafic théorique, sachant que $m=2$ minutes.

En pratique, la probabilité de rejet $P_{\text{[Blocking]}}$ est un indicateur de performance du réseau. Quelles sont, à votre avis, les solutions envisageables afin d'améliorer les performances d'un tel réseau.

Exercice 2 : *

Grosse fréquence = petite portée !

Un autre indicateur de qualité consiste en la puissance reçue par les unités mobiles. Dans cette optique, étudions le cas suivant :

Deux unités : émetteur et récepteur sont distantes de 1,6 km. L'émetteur émet sur la bande des 2,4 GHz avec une puissance de 1 Watt. La transmission se fait en espace libre et profite d'un gain d'antenne de 1,6.

- Calculer la puissance reçue par le récepteur
- Calculer la perte en dB
- Calculer le délai de transmission en microsecondes.

$$P_r = \frac{P_e G_1 G_2 \lambda^n}{(4\pi d)^n} \text{ et } \lambda = \frac{C}{f}$$

Exercice 3 : **

Watt ou décibels ? les deux !

- Un émetteur envoie un signal avec les caractéristiques suivantes :
 - Puissance : 3dB
 - Gain d'antenne : 10 dB
 - Fréquence porteuse : 900 MHz
- Déterminer, en dB, la puissance reçue par un mobile situé à 1 km.

Un émetteur rayonne avec une puissance de 50 W sur la bande des 900 MHz. La communication s'effectue en champs libre avec un gain d'antenne unitaire.

- Calculer, en dB, puis en dBm, la puissance émise.
- Déterminer, en dBm, la puissance au récepteur pour des distances de 100m et 10km.

TD 2

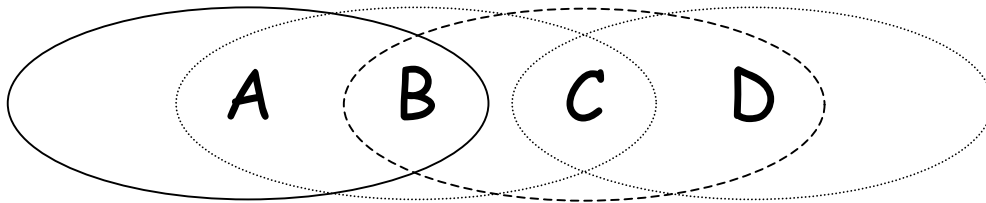
Architecture des Télécoms et Comm. Mobiles

Problèmes des communications radio

Exercice 1 : L'entente est dure sur un canal partagé !

La figure ci-dessous témoigne clairement des principaux problèmes relatifs aux communications radio :

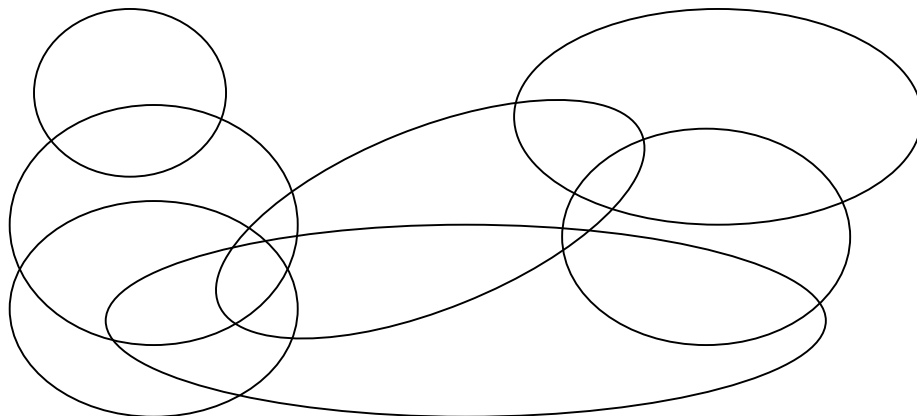
Dans ce schéma, B communique avec A. Mais à cet instant, C désire envoyer un message à D. Peut-il le faire ? Le fera-t-il vraiment ?



En vous basant sur ce schéma, pouvez-vous expliquer les 2 principales difficultés des communications à propagation non guidée ?

Exercice 2 : L'ART est le banquier des opérateurs

Le schéma suivant montre différentes zones de recouvrement d'un système de communication sans fil (GSM ou 802.11).



Percevez-vous le principal problème de cette configuration de cellule ?

Voyez vous une solution ?

En déduire l'avantage principal des réseaux cellulaires.

TD 3

Architecture des Télécoms et Comm. Mobiles

Architectures Cellulaires

Exercice 1 :

Nous allons maintenant nous pencher sur le principe de réutilisation des fréquences en utilisant une structure hexagonales :

La taille d'un cluster (N), définit le nombre de cellules utilisant des fréquences différentes au sein d'un cluster. Ainsi pour un cluster de taille 4, ce cluster sera composé de 4 cellules qui utilisent des fréquences différentes. N définit une taille de cluster viable. Un cluster est viable dès lors que celui-ci permet une reproduction de motif à l'infini sur un réseau hexagonal. Le critère de viabilité définit que en aucun point du réseau hexagonal, deux cellules utilisant un même spectre de fréquence n'ont une frontière commune. L'observation des structures définies par les cercles concentriques témoigne des possibilités de mise en cluster des cellules dans le GSM (N=1, 3, 4, 7, 9, 12, 15, 16, 19, 21, ...). La forme hexagonale des cellules définit qu'un cluster est viable si, pour une valeur N définie, on trouve deux entiers i et j tels que : $N = i^2 + ij + j^2$

Construire le réseau pour N=4 et N=7.

2. Le système AMPS nécessite un SIR = 18 dB pour une qualité acceptable de la voix. On suppose qu'on est dans l'espace libre. Quel doit être le facteur de réutilisation 1/N ?
Donnez les (i,j) qui correspondent à N.

$$SIR = \frac{(\sqrt{3N})^\gamma}{K}$$

3. Est ce que le service peut marcher pour le N choisit si on considère le pire cas (voir le cours) ? Quel serait le N le plus adapté dans ce cas ?

4. Un système de communication à bande étroite utilise une fréquence porteuse de 900 MHz. Le signal transmis par le mobile est $s(t) = \exp(2j\pi f t)$, où f est la fréquence de la porteuse. A

Exercice 2 :

Après réflexion sur un obstacle, l'onde radio peut être altérée en phase et en amplitude. Dans cet exercice nous allons analyser ce phénomène d'évanouissements ou de fading. Nous supposons que nous avons un système à bande étroite et que le signal transmis par le mobile $s(t) = \exp(2j\pi f t)$, où f est la fréquence de la porteuse. A

t=0, la voiture se trouve au point A (x=0). Le « spread delay » entre les deux trajets e_1 et e_2 est $\alpha = T_2 - T_1$.

Par ailleurs, à t=0, la valeur du spread delay est un multiple de la période $T = 1/f$. Pour les

deux signaux, nous pouvons les écrire de la forme : $e_1 = s(t - T_1)$ et $e_2 = s(t - T_2)$

- Au début, nous supposons que la voiture est immobile ($v=0$). Calculer le signal reçu par le mobile, ainsi que la valeur de l'amplitude. Combien d'énergie en dB de plus a reçu le mobile par rapport au premier chemin $e_1(t)$
- Maintenant la voiture se déplace avec une vitesse constante v . Calculer l'amplitude du signal reçu par le mobile en fonction du temps. Est-ce qu'on peut négliger l'effet Doppler.
- A votre avis, quel est la conséquences directe de cet effet au cours du déplacement du mobile.

Exercice 3 :

Un réseau GSM dispose d'un spectre de 33 MHz. Le procédé FDMA utilisé définit un canal de communication comme deux voies simplex une montante et une autre descendante. Chacune nécessite une largeur de bande égale à 25 kHz.

- Calculer le nombre de canal possible dans le cas où le réseau utilise 4 fréquences pour ses différentes cellules. ($N=4$)
- Même question pour 7 fréquences ($N=7$)
- Même question pour 12 fréquences ($N=12$)

Exercice 4 :

Pour les réseaux 2G, on considère que les performances d'un lien descendant sont satisfaisantes si son SIR est supérieur à 15 dB. En considérant un ensemble de 7 cellules...(six encerclant la septième ; toutes de tailles identiques)

- Quel doit être la taille du cluster afin d'assurer un lien descendant satisfaisant pour un facteur de pathloss de 4?
- Refaire la même question pour un facteur de pathloss de 3.
- Refaire la même question pour un facteur de pathloss de 2. Résoudre mathématiquement.

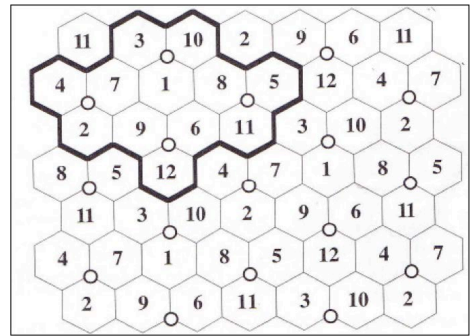
Exercice 5: Schéma de réutilisation des fréquences

- Un système de téléphonie cellulaire dispose de 240 fréquences, sachant que les cellules ont un profil hexagonal et qu'une même fréquence ne peut être réutilisée dans une cellule adjacente, quel est le nombre de fréquences disponibles pour une cellule (accès FDMA) (avec un motif égale à 3) ?
- Calculer la distance réutilisation de fréquence, Taux de réutilisation co-canal et le SIR en dBm se trouvant à la frontière d'une cellule en milieu rural pour $R=50m$.
- Le service peut il être satisfait pour un SIR requis égale à 35 dBm. Si non proposez une solution.



Exercice 6:

Soit une zone couvrant une population de 10 000 abonnés ayant chacun un trafic de 25 mE. 24 fréquences sont disponibles et alloués aux cellules selon un motif de réutilisation avec $N=12$. Le taux de blocage admissible a été fixé à 2%. On veut déterminer le nombre de cellules pour couvrir cette zone (notons que nous considérons les canaux de signalisation et de contrôle). Avec le taux de blocage de 2%, le trafic qui peut être écoulé par une cellule est de 8,2 Erlang.



Erlang B P.2%	
Cts	T.offered
12	6.6
13	7.3
14	8.2
15	9
16	9.8

1. Calculer le nombre de fréquences/cell
2. Calculer le nombre de canaux de trafic/cell.
3. Calculer le trafic offert /cell
4. Calculer le nombre d'abonnés /cell
5. Calculer le nombre de cellules.

Exercice 7: Considérons un cas extrêmement simple d'une voie montante d'un système cellulaire terrestre ou d'une voie de retour d'un système satellitaire. On considère le cas où 4 utilisateurs souhaitent utiliser la même ressource radio pour transmettre chacun un train binaire différent. Considérons dans un premier temps, que les utilisateurs sont synchronisés en temps lorsqu'ils arrivent à la station de base et qu'il n'y a pas de décalage Doppler. Supposons enfin que ces 4 utilisateurs aient utilisés les 4 séquences orthogonales suivantes (séquence de Hadamard) :

- **Utilisateur 1**
 - Bit à transmettre : $a=\{-1,1\}$
 - Séquence d'étalement : +1 +1 +1 +1
 - Chips émis par bit : +a +a +a +a
- **Utilisateur 2**
 - Bit à transmettre : $b=\{-1,1\}$
 - Séquence d'étalement : +1 -1 +1 -1
 - Chips émis par bit : +b -b +b -b
- **Utilisateur 3**
 - Bit à transmettre : $c=\{-1,1\}$
 - Séquence d'étalement : +1 +1 -1 -1
 - Chips émis par bit : +c +c -c -c
- **Utilisateur 4**
 - Bit à transmettre : $d=\{-1,1\}$
 - Séquence d'étalement : +1 -1 -1 +1
 - Chips émis par bit : +d -d -d +d

Les éléments des séquences d'étalement sont appelés des « chips ». Dans cet exemple chaque séquence est constituée de 4 chips. On introduit alors T_e , qui représente le temps chip. Dans notre cas : $T_e = T/4$.

Cas idéal :

On se place maintenant à la station de base, en supposant les problèmes de synchronisation résolus et en considérant une transmission sans bruit.

- Indiquer la forme du signal reçu au niveau de la station de base.

Pour retrouver le bit émis par un utilisateur, il suffit de corrélérer ce signal reçu par la séquence utilisée par cet utilisateur.

- Déterminer la séquence corrélée de chaque utilisateur.

On constate aussi que, même si les différents utilisateurs sont reçus au niveau de la station de base avec des niveaux d'énergie très différents, les séquences d'étalement sont orthogonales et les chaînes de transmission étant supposées linéaires, la réception est insensible à ces écarts de puissance. Le cas d'école présenté ci-dessus est un cas idéal pour lequel l'opération de désétalement fonctionne parfaitement du fait des hypothèses suivantes :

- H0 : Les chips émis par les différents utilisateurs sont synchronisés en réception
- H1 : Aucun bruit n'interfère dans la communication
- H2 : Les séquences d'étalement utilisées sont orthogonales
- H3 : Aucun effet Doppler différentiel n'est considéré.