



Communiquer sur un réseau non filaire limité par l'interférence

Jean-Claude Belfiore



Problème de l'interférence co-canal

Solution : Coopération ?

Le cas à un interféreur

K interféreurs : l'alignement d'interférences



Pourquoi doit-on s'intéresser en priorité à l'interférence ?

- Réseaux radio *cellulaires* → Réseaux de *capteurs* sans fil : Densité d'utilisateurs de plus en plus grande (environnement urbain dense, hotspots, réseaux à grand nombre de capteurs, ...).

Pourquoi doit-on s'intéresser en priorité à l'interférence ?

- Réseaux radio *cellulaires* → Réseaux de *capteurs* sans fil : Densité d'utilisateurs de plus en plus grande (environnement urbain dense, hotspots, réseaux à grand nombre de capteurs, ...).
- Réseaux cellulaires à cellules de plus en plus petites : les performances du systèmes sont de moins en moins limitées par le bruit et de plus en plus par les interférences.

Pourquoi doit-on s'intéresser en priorité à l'interférence ?

- Réseaux radio *cellulaires* → Réseaux de *capteurs* sans fil : Densité d'utilisateurs de plus en plus grande (environnement urbain dense, hotspots, réseaux à grand nombre de capteurs, ...).
- Réseaux cellulaires à cellules de plus en plus petites : les performances du système sont de moins en moins limitées par le bruit et de plus en plus par les interférences.
- Communications cognitives : De moins en moins de régions *blanches* dans le spectre hertzien et de plus en plus de régions *grises*.



Interférence vue comme du bruit

- Dans les systèmes radio actuels, l'*interférence* est traitée comme si elle était du *bruit*. Lorsqu'elle devient trop importante, on ne dispose plus d'aucun moyen pour augmenter la densité de communication par unité de bande et de surface.



Interférence vue comme du bruit

- Dans les systèmes radio actuels, l'*interférence* est traitée comme si elle était du *bruit*. Lorsqu'elle devient trop importante, on ne dispose plus d'aucun moyen pour augmenter la densité de communication par unité de bande et de surface.

Contrôle de puissance

Vieil outil de gestion de l'interférence.

- Débit cible fixé : on minimise la puissance d'émission.
- On maximise une fonction de coût liée au débit pour une puissance maximale fixée.

Cependant, même si la puissance d'émission n'est pas limitée, on peut arriver à une absence de solutions au problème du contrôle de puissance car le canal n'offre plus aucun degré de liberté.

Problème de l'interférence co-canal

Solution : Coopération?

Le cas à un interféreur

K interféreurs : l'alignement d'interférences



Vers le “Network MIMO”

Network MIMO

Il s’agit d’un réseau cellulaire dans lequel

- Tout terminal voit les bases environnantes comme un système MIMO distribué.
- Toute base communique les données à tous les terminaux de sa cellule propre ainsi que des cellules environnantes.



Vers le “Network MIMO”

Network MIMO

Il s’agit d’un réseau cellulaire dans lequel

- Tout terminal voit les bases environnantes comme un système MIMO distribué.
- Toute base communique les données à tous les terminaux de sa cellule propre ainsi que des cellules environnantes.

Contraintes et inconvénients

- Signalisation importante
- Trafic énorme entre bases



Vers le “Network MIMO”

Network MIMO

Il s’agit d’un réseau cellulaire dans lequel

- Tout terminal voit les bases environnantes comme un système MIMO distribué.
- Toute base communique les données à tous les terminaux de sa cellule propre ainsi que des cellules environnantes.

Contraintes et inconvénients

- Signalisation importante
- Trafic énorme entre bases

Retour d’expérience

Les techniques MIMO multi-utilisateurs, bien que séduisantes sur le papier, ne marchent pas en pratique.

Problème de l'interférence co-canal

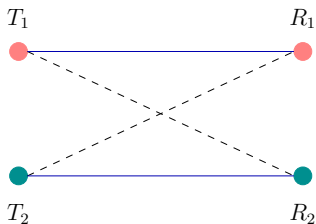
Solution : Coopération ?

Le cas à un interféreur

K interféreurs : l'alignement d'interférences



Limites théoriques



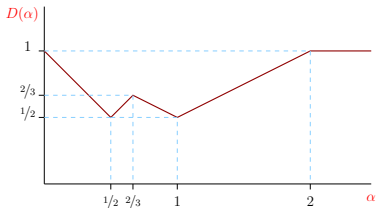
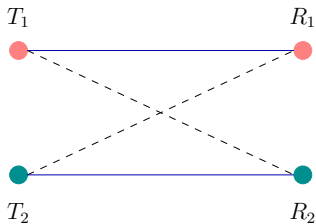
- On définit

$$\alpha = \frac{\log \text{INR}}{\log \text{SNR}}$$

- Les régimes de degrés de liberté dépendent de α



Limites théoriques



- On définit

$$\alpha = \frac{\log \text{INR}}{\log \text{SNR}}$$

- Les régimes de degrés de liberté dépendent de α

- Degrés de liberté (courbe en W)

$$\begin{cases} D(\alpha) = 1 - \alpha & 0 \leq \alpha \leq 1/2 & \text{bruit} \\ D(\alpha) = \alpha & 1/2 \leq \alpha \leq 2/3 & \text{bruit et décod.} \\ D(\alpha) = 1 - \alpha/2 & 2/3 \leq \alpha \leq 1 & \text{bruit et décod.} \\ D(\alpha) = \alpha/2 & 1 \leq \alpha \leq 2 & \text{décod.} \\ D(\alpha) = 1 & \alpha \geq 2 & \text{décod.} \end{cases}$$



Méthodes de codage/décodage

- Des résultats très récents montrent comment arriver à atteindre ces bornes théoriques



Méthodes de codage/décodage

- Des résultats très récents montrent comment arriver à atteindre ces bornes théoriques

Technique du *Compute-and-Forward*

Chaque récepteur voit arriver 2 ou 3 flux de données en fonction du régime dans lequel il se trouve.

- Décodage des meilleures équations
- Reconstruction des données



Méthodes de codage/décodage

- Des résultats très récents montrent comment arriver à atteindre ces bornes théoriques

Technique du *Compute-and-Forward*

Chaque récepteur voit arriver 2 ou 3 flux de données en fonction du régime dans lequel il se trouve.

- Décodage des meilleures équations
- Reconstruction des données

Solution au cas d'un interféreur unique

C'est une méthode qui résoud ce problème en codant. Le canal calcul des combinaisons des signaux transmis. Le décodeur essaie de récupérer ces combinaisons et reconstruit les données. Fonctionne quelque soit le rapport signal à bruit.



Problème de l'interférence co-canal

Solution : Coopération ?

Le cas à un interféreur

K interféreurs : l'alignement d'interférences



Alignement d'interférences : du signal au codage

- En 2008, S. Jafar propose l'alignement d'interférences, une technique dans laquelle tous les interféreurs sont alignés dans un espace de dimension moitié de l'espace total, laissant ainsi l'autre moitié des dimensions pour le signal utile.



Alignement d'interférences : du signal au codage

- En 2008, S. Jafar propose l'alignement d'interférences, une technique dans laquelle tous les interféreurs sont alignés dans un espace de dimension moitié de l'espace total, laissant ainsi l'autre moitié des dimensions pour le signal utile.

Outil théorique

En fait, il s'agit d'un bel outil théorique qui ne supporte pas l'épreuve de la pratique.

- *Degrés de liberté* (validité quand $\text{SNR} \rightarrow \infty$).
- Connaissance parfaite de tous les canaux par tous les émetteurs.
- Pose à nouveau le problème des communications inter-bases.



Alignement d'interférences : du signal au codage

- En 2008, S. Jafar propose l'alignement d'interférences, une technique dans laquelle tous les interféreurs sont alignés dans un espace de dimension moitié de l'espace total, laissant ainsi l'autre moitié des dimensions pour le signal utile.

Outil théorique

En fait, il s'agit d'un bel outil théorique qui ne supporte pas l'épreuve de la pratique.

- *Degrés de liberté* (validité quand $\text{SNR} \rightarrow \infty$).
- Connaissance parfaite de tous les canaux par tous les émetteurs.
- Pose à nouveau le problème des communications inter-bases.

Alignement sur un même code

Une autre proposition consiste à aligner les interféreurs sur un unique code.

- Technique très prometteuse.
- En cours d'évaluation.



Conclusion

- Techniques de codage pour les réseaux radio dominés et/ou limités par l'interférence co-canal.



Conclusion

- Techniques de codage pour les réseaux radio dominés et/ou limités par l'interférence co-canal.
- On peut faire beaucoup mieux que simplement considérer l'interférence comme du bruit.



Conclusion

- Techniques de codage pour les réseaux radio dominés et/ou limités par l'interférence co-canal.
- On peut faire beaucoup mieux que simplement considérer l'interférence comme du bruit.
- Des codes vont être bientôt proposés pour atteindre les limites prévues par la théorie de l'information.

Merci de votre attention ...