



Radio cognitive et Réception à complexité adaptative

Journées Scientifiques du CNFRS
28/03/2006

Nicolas Colson
France Telecom R&D

Plan de la présentation



- La radio Cognitive
- Objectifs et étude de cas
- Simulation et résultats
- Perspectives et conclusion

Radio cognitive

Sa place dans l'évolution des technologies radio



- Radio analogique → Radio numérique
- Radio logicielle (SDR, SWR)
- Radio reconfigurable
- Radio cognitive

Radio Cognitive

Idée principale et motivations



Définition de **Cognition** (Larousse):

L'ensemble des grandes fonctions permettant à l'organisme d'interagir avec le milieu (perception, mémoire, intelligence ...)

- **Une radio cognitive peut connaître, percevoir et apprendre de son environnement puis agir pour simplifier la vie de l'utilisateur** (Mitola 1999)
- Besoin d'augmenter l'intelligence du terminal afin d'exploiter :
 - La capacité du système à se reconfigurer dynamiquement
 - Les informations issues de la multitude de capteurs permettant de modéliser l'environnement dans lequel évolue le terminal
- Mettre en place un processus cognitif implique d'intégrer 3 aspects dans le terminal:
 - **Perception** et modélisation de l'environnement
 - **Conscience** des capacités internes et des limitations du système radio
 - **Adaptation** à l'environnement grâce à la reconfiguration dynamique

Cadre et objectifs de la présentation



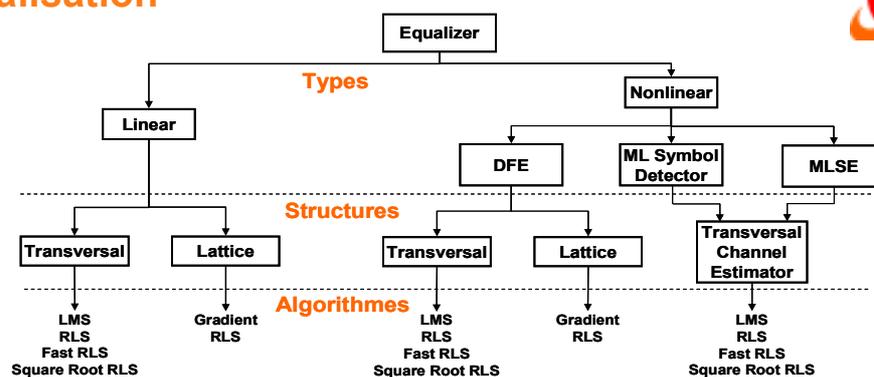
→ Objectif

- Démontrer que dans le cadre de la radio cognitive et grâce à la reconfiguration dynamique, on peut envisager des compromis entre performance et complexité de calcul.

→ Etude de cas → Egaliseur Reconfigurable

- Environnement : Canal Radio
- Système avec configurations multiples : Egaliseur
- Critères d'optimisation:
 - Performances (BER),
 - Complexité de calcul (et par extension consommation d'énergie)

Egalisation



→ Autres techniques d'égalisation

- Egalisation fractionnelle, Egalisation par bloc, Egalisation aveugle

→ Modes d'égalisation

- Training, Data (Non Decision Directed/Decision Directed)

→ Sous certaines conditions, il est préférable de ne pas égaliser

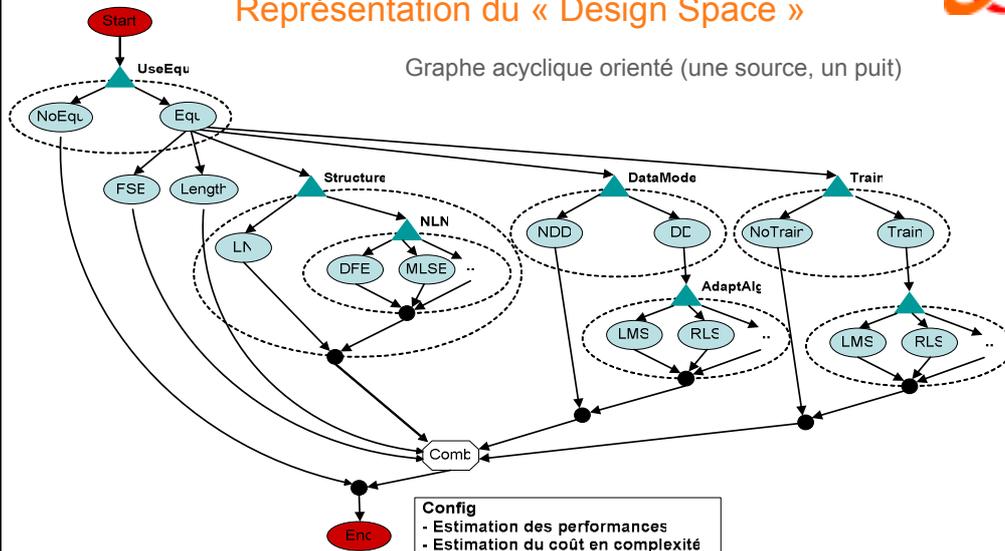
- l'égalisation pouvant s'avérer pénalisante sur la complexité du système voire sur les performances! [Husson : égalisation conditionnelle]

Formalisation du processus cognitif

Représentation du « Design Space »



Graphe acyclique orienté (une source, un puit)



Config
 - Estimation des performances
 - Estimation du coût en complexité

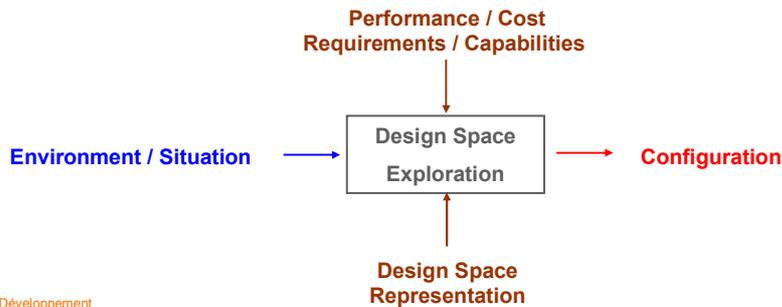
Exemple de configuration
 {UseEqu Equ, FSE 4, Length 8, Structure LN, DataMode {DC, LMS}, Train {Train, RLS}}

Le processus cognitif

Dans notre cas



- ➔ Imiter le savoir-faire d'un ingénieur qui doit concevoir un système
 - pour un environnement donné et
 - sous contraintes
- ➔ Etre capable de suivre les variations de l'environnement
 - en reconfigurant le terminal à la volée

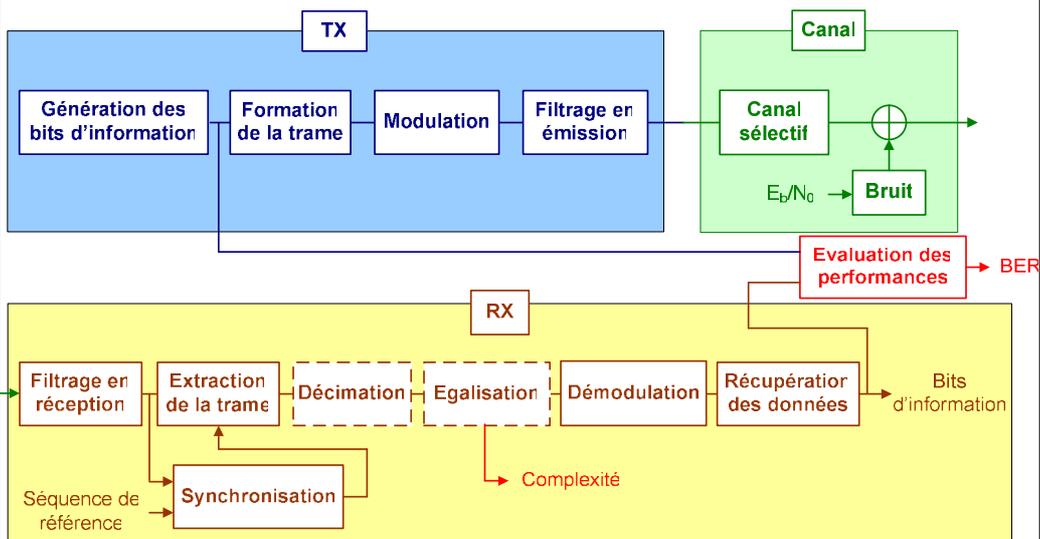




Simulateur et résultats

Chaîne radionumérique simulée

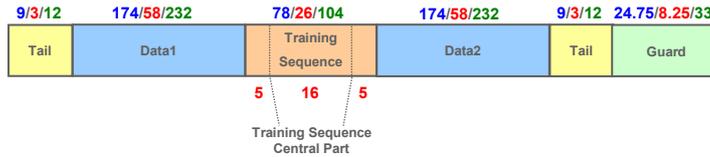
Approche orientée objet sous Matlab



Format de la trame (EDGE/GSM)



Oversampling factor = 4
(Bits/Symbols/Samples)



Total: 468.75/156.25/625
Burst Duration: 156.25 T_{sym}

Training Sequence (26 symbols)

111,111,001,111,111,001,111,001,001,001,111,111,111,111,001,111,1
11,111,001,111,111,001,111,001,001,001

Configurations disponibles



Configuration	C0	C1	C2	C3	C4	C5
Structure	Pas d'ég.	Linéaire	Linéaire	Linéaire	Linéaire	Linéaire
Algorithme pour le Training Mode	---	LMS	LMS	RLS	RLS	RLS
Data Mode	---	NDD	DD	NDD	DD	DD
Algorithme pour le Data Mode	---	---	LMS	---	RLS	LMS
Nombre d'additions	0	1249	2320	3459	14645	4530
Nombre de multiplications	0	1394	2465	6568	31320	7639
Nombre de divisions	0	0	0	2	4	2

Configuration	C6	C7	C8	C9	C10
Structure	DFE	DFE	DFE	DFE	DFE
Algorithme pour le Training Mode	LMS	LMS	RLS	RLS	RLS
Data Mode	NDD	DD	NDD	DD	DD
Algorithme pour le Data Mode	---	LMS	---	RLS	LMS
Nombre d'additions	1591	2900	4321	18125	5630
Nombre de multiplications	1736	3045	9770	47850	11079
Nombre de divisions	0	0	2	4	2

Profils des canaux et exemples de règles simples



Profil du canal	P1	P2	P3	P4	P5
E_b/N_0 (en dB)	16	16	16	16	16
Type de canal	Rice	Rayleigh	Rayleigh	Rayleigh	Rayleigh
Nombre de trajets	1	2	2	2	3
Délais associés aux trajets (en intervalle de temps échantillons)	0	[0 2]	[0 2]	[0 2]	[0 4 8]
Puissances moyennes associées aux trajets (en W)	1	[1 0.4]	[1 0.4]	[1 0.4]	[1 0.4 0.2]
Vitesse (en km/h)	0	0	20	80	40
Fréquence Doppler maximale (en Hz)	0	0	16,7	66,7	33,3
Kfactor	8	0	0	0	0
Phase de la composante spéculaire (en rad)	0	---	---	---	---

Décision à prendre	Facteur(s) à prendre en compte
Egalisation ou non	Egalisation conditionnelle [Husson]
Egaliseur linéaire ou DFE	Difficulté du canal (notamment sa réponse fréquentielle)
Longueur de l'égaliseur	Etalement temporel du canal
DD ou NDD	Vitesse de variation du canal par rapport à la durée de la trame
Mode apprentissage: RLS ou LMS	Compromis entre vitesse de convergence et complexité
Mode Data: RLS ou LMS (si DD)	Compromis entre capacité de "tracking" et complexité

Recherche & Développement

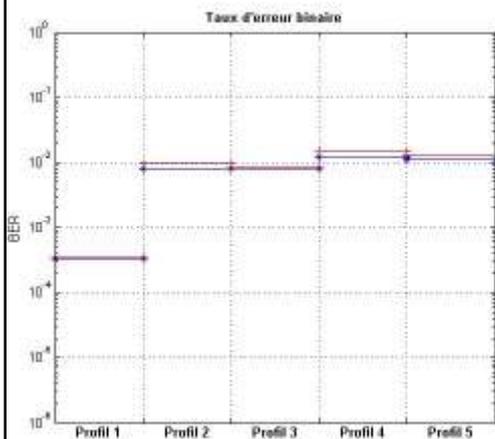
Diffusion Libre
Mars 2006

- 13 -

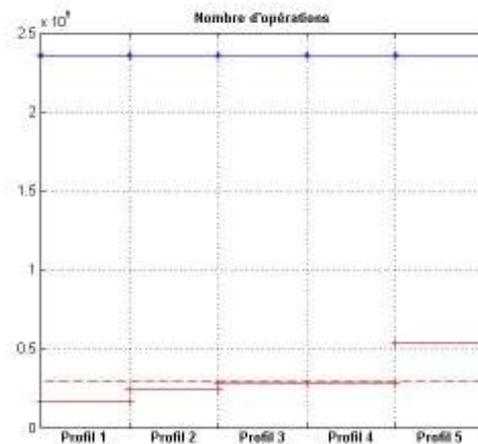
Résultats



Performances



Complexité



Réduction du nombre moyen d'opérations: **85%**

Recherche & Développement

Diffusion Libre
Mars 2006

- 14 -

Conclusion et perspectives



- La re-conception à la volée est possible et intéressante afin d'effectuer des compromis d'optimisation selon le contexte
 - Etude de cas : un récepteur (paramètres de réception)
 - Cette approche peut se généraliser sur les aspects émission-réception (paramètres de communication) et couvrir aussi les aspects multiutilisateurs

- Modélisation du canal radio
 - Cataloguer les caractéristiques du canal ayant une influence sur la configuration et sélectionner les mesures permettant d'accéder à ces caractéristiques

- Introduction d'un système expert dans le terminal
 - chargé de superviser le processus de reconfiguration dynamique et capable de prendre des décisions autonomes et adaptées à l'environnement radio
 - intégration de capacités d'apprentissage à l'aide de réseaux de neurones

Merci de votre attention

