



Towards reconfigurable and cognitive communications/Vers des communications reconfigurables et cognitives

Foreword

Applications implemented through radio communications are in growing numbers. This trend is likely to accelerate and, accordingly, the operation of many services will become dependent on the reliability of radio communications. At the same time, the multiplicity of new standards and the progress of technology offer the possibility to more efficiently use the radio spectrum, a scarce natural resource, up until now, underutilised. Even in big city centers where the radio traffic is intense and the entire spectrum is allocated, measurements show that active emissions at any moment occupy only narrow bandwidths. Of course, it is necessary to control the interference and ensure that users obtain the communications they desire.

The concepts of reconfigurable radio and cognitive radio, which were introduced recently, have the potential to meet these expectations. The key idea is that the radio systems can know, perceive and learn from the environment and, then, act to help the user. In today's complex radio landscape, it is obsolete that terminals remain passive and connected to a single network, while their computing power is continuously growing with the evolution of technology. A cognitive radio terminal can access relevant information from its environment and exploit this to make decisions. For example, terminals and access points will be able to automatically choose the best radio technology, taking into account the congestion of the network, the expected quality of service and, above all, the spectral environment. Thus, the cognitive radio terminal of the future will optimise the usage of the spectrum and, in particular, it will have the capability to detect the bands available in the spectrum, modify its radiated power and the characteristics of its modulation, use and negotiate the spectrum in accordance with a predefined policy, for example choosing among reserved frequency bands, licensed or free bands.

A new vision of the utilisation of the spectrum emerges with such methods: transmitters, traditionally, have to control their frequency bands and their radiated power levels so that the receivers that might be present in a given area are submitted to statistically acceptable interference levels. With these new techniques, it will be possible to measure in real time the instantaneous interference level for each receiver and adjust precisely the frequency bands and the radiated powers to make sure that all receivers have a satisfactory signal quality. Then, it will be possible to use and reuse the frequency bands in a very dense manner, so that all the new applications are implemented, while the reliability and the quality of the communications are guaranteed. The potential gains in efficiency are enormous, but so are also the development problems.

This new domain is at the crossroads of many technical fields: hardware and software architectures, signal processing, modelisation and simulation of complex systems, artificial intelligence, . . . The present special issue of the *Comptes rendus Physique* reflects this diversity. It is a follow-up of a two-day conference organized by CNFRS/URSI (JS06, Paris, 28–29 March 2006) that attracted many experts from the domain and generated many exciting discussions. The results presented in these articles constitute advances in the evolution towards communication means that will be more efficient, more user friendly and more respectful of the natural resources and the environment.

Avant-propos

Les applications mettant en œuvre des communications par radio sont de plus en plus nombreuses. Cette demande va probablement s'intensifier et, simultanément, le fonctionnement de nombreux services va devenir dépendant de

la fiabilité des communications par radio. La multiplicité des nouvelles normes et les progrès de la technologie permettent d'envisager aujourd'hui d'améliorer l'usage du spectre, ressource naturelle limitée et pourtant peu utilisée. Même dans les centres des capitales siège d'intenses activités radioélectriques où tout le spectre est alloué, les mesures montrent que les émissions actives se limitent à chaque instant à de très faibles largeurs de bande. Encore faut-il maîtriser les interférences inévitables et assurer les communications que les utilisateurs attendent.

Les concepts de radio reconfigurable et radio cognitive qui ont été introduits récemment peuvent offrir des réponses à cette attente. L'idée principale est d'avoir une radio qui peut connaître, percevoir et apprendre de son environnement puis agir pour simplifier la vie de l'utilisateur. Dans le paysage radio complexe actuel, la passivité classique du terminal attaché à un seul réseau n'a plus cours, d'autant plus que sa puissance de calcul continue d'augmenter avec l'évolution des technologies. Un terminal radio cognitive peut acquérir des informations pertinentes de son environnement et les utiliser pour prendre des décisions. Par exemple, les terminaux et les points d'accès seront capables de choisir automatiquement la meilleure technologie radio en fonction de la congestion du réseau, de la qualité de service attendue mais surtout en fonction de l'environnement spectral. Ainsi, le futur terminal radio cognitive permettra d'optimiser l'usage du spectre et sera notamment capable de détecter les bandes libres dans le spectre, de modifier sa puissance d'émission, les caractéristiques de sa modulation et posséder aussi la capacité d'utiliser et négocier le spectre suivant une politique prédéfinie, par exemple avec des bandes réservées, d'autres soumises à licence et d'autres enfin libres.

Une nouvelle vision de l'utilisation du spectre s'amorce avec ces méthodes : les émetteurs sont traditionnellement contraints de respecter des fréquences et des niveaux de puissance tels que les récepteurs potentiellement présents dans une zone soient soumis à des interférences statistiquement acceptables. Avec ces nouvelles techniques, il sera possible bientôt de mesurer en temps réel le niveau d'interférence instantané pour chaque récepteur et d'ajuster précisément le choix des fréquences et des puissances émises pour que tous les récepteurs bénéficient d'une qualité de réception satisfaisante. Les fréquences pourront alors être utilisées et réutilisées de manière très dense afin de satisfaire les nouvelles applications, tout en garantissant la fiabilité et la qualité des communications. Les gains d'efficacité spectrale sont immenses mais les difficultés de réalisation le sont également.

Ce nouveau domaine se trouve être à la croisée de nombreuses disciplines : les architectures matérielles et logicielles, le traitement du signal, la modélisation et simulation des systèmes complexes, l'intelligence artificielle. Le présent numéro spécial reflète cette diversité. Il fait suite à deux journées scientifiques organisées par le CNFRS (JS06, Paris, 28–29 mars 2006) qui ont réuni de nombreux spécialistes du domaine et ont donné lieu à des débats animés. Les travaux présentés constituent une avancée dans la progression vers des moyens de communications plus efficaces, plus conviviaux et plus respectueux des ressources naturelles et de l'environnement.

President Maurice Bellanger
CNFRS/URSI,
Académie des sciences,
23, quai de Conti,
75006 Paris, France
URL: <http://cnfrs.get-telecom.fr>

Professor Bernard Fino
CNAM
292, rue Saint-Martin,
75141 Paris cedex 03, France
E-mail address: fino@cnam.fr

Available online 29 September 2006