



Systèmes hertziens à forte efficacité spectrale pour les communications mobiles multi-antennes et multi-porteuses de 4^o génération

Fabrice Portier

► **To cite this version:**

Fabrice Portier. Systèmes hertziens à forte efficacité spectrale pour les communications mobiles multi-antennes et multi-porteuses de 4^o génération. Traitement du signal et de l'image [eess.SP]. INSA de Rennes, 2007. Français. tel-00694774

HAL Id: tel-00694774

<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00694774>

Submitted on 6 May 2012

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Les travaux présentés dans cette thèse proposent des solutions à forte efficacité spectrale pour les communications mobiles multi-antennes et multi-porteuses, particulièrement optimisées pour la voie descendante des systèmes hertziens. Cette étude s'inscrit dans un contexte fortement concurrentiel pour l'accès de masse au haut-débit sans fil, et contribue à l'effort collectivement mené au sein des projets européens sur les systèmes dits de 4^e génération (4G).

La première partie du document cadre l'étude en identifiant les contraintes physiques, technologiques et financières, ainsi que les exigences des systèmes 4G en termes de services, débit et mobilité. En particulier, une complexité raisonnable au récepteur mobile est requise en voie descendante pour honorer coût et consommation. Dans un souci de réalisme, le canal de propagation radio-mobile large-bande MIMO est caractérisé. Les corrélations en temps/fréquence/espace induisent le dimensionnement du système de communication numérique proposé.

La deuxième partie du document est consacrée à l'étude des systèmes multi-porteuses, multi-utilisateurs, et multi-antennes, afin d'unifier l'approche et d'explorer plusieurs axes en utilisant au mieux les propriétés du canal. Tout d'abord, le choix de l'accès large-bande multi-utilisateurs s'est porté sur la combinaison de l'OFDM et d'étalement en accès multiple CDMA, afin de discuter du compromis diversité/orthogonalité suivant les algorithmes de chip-mapping et de détection employés. Ensuite, pour exploiter les gains de réseau d'antennes, diversité et multiplexage offerts par le canal MIMO en fonction du contexte, un état de l'art des techniques multi-antennes est dressé. La classification proposée permet d'établir une stratégie tout en conservant une faible complexité de détection. Nous détaillons les systèmes les plus réalistes en contexte mobile et en voie descendante, n'ayant pas connaissance du canal en émission. La chaîne de communication MIMO-OFDM-CDMA complète est finalement présentée en insistant sur la flexibilité des algorithmes linéaires adoptés.

La troisième partie du document s'attache à optimiser les combinaisons précédentes en contexte réaliste, et propose des techniques de codage et d'estimation temps/fréquence/espace innovantes. Tout d'abord, une approche pragmatique amène à considérer des solutions exploitant la diversité qui assurent robustesse, détection simple et compatibilité avec l'ensemble des terminaux. Nous privilégions un codage spatial de rendement unitaire, et proposons d'agir sur les trajets multiples grâce aux antennes supplémentaires. Des axes d'optimisation sont fournis au niveau codage, chip-mapping, détection et propagation de fiabilités. Comparé aux méthodes OSTBC ou CDD, des gains sont illustrés en performance, répartition de puissance, potentiel d'adaptabilité et de robustesse... Ensuite, en relâchant légèrement les contraintes de complexité et d'orthogonalité spatiale, nous proposons de nouvelles solutions en contexte plus favorable. Même avec une simple détection linéaire MMSE, ces techniques offrent un potentiel supérieur en haut-débit mobile dès que le nombre d'antennes augmente. Enfin, nous introduisons des méthodes d'estimation du canal MIMO adaptées aux systèmes précédents, utilisant des symboles pilotes répartis et éventuellement les données décodées de manière itérative afin de répondre à un ensemble de compromis sur des récepteurs variés. Les nombreux résultats obtenus démontrent la pertinence des solutions développées.

Communications numériques, Systèmes multi-antennes, MIMO, OFDM, CDMA, codage espace-temps-fréquence, détection / égalisation MMSE, estimation de canal itérative, efficacité spectrale.

"4G wireless systems : high spectral efficiency for multi-antenna and multi-carrier mobile communications"

The present work proposes solutions with high spectral efficiency for multi-antenna and multi-carrier mobile communications, optimized for the down link of wireless systems. This study arises in a competing context for the access to wireless high data rates, and contributes to the joint effort within the European projects on 4G (4th generation) systems.

The first part of the document presents the framework, identifying the physical, technological and financial constraints, as well as the requirements of 4G systems in terms of services, data-rate and mobility. Specifically, a reasonable complexity at the mobile receiver is necessary in the down link to respect cost and consumption. In a practical framework, the wideband and mobile MIMO propagation channel is described. The correlations in space/time/frequency induce the design of the proposed digital communication system.

The second part of the document is dedicated to a cohesive study of multi-carrier, multi-user and multi-antenna systems, in order to explore several options taking advantage of the channel properties. First, the wideband multi-user access relies on the combination of OFDM and CDMA, so as to discuss the diversity/orthogonality compromise related to the chip-mapping and detection algorithms considered. Next, to exploit the antenna array, diversity and multiplexing gains offered by the MIMO channel depending on the context, multi-antenna techniques are classified, and a strategy that preserves a low detection complexity is proposed. We detail the most appropriate systems in a mobile downlink context, that do not require channel knowledge at the transmitter side. Finally, the entire MIMO-OFDM-CDMA communication chain is presented insisting on the flexibility of the adopted linear algorithms.

The third part of the document optimizes the previous combinations in realistic environments, and proposes innovative techniques for coding and estimating in space/time/frequency. First, pragmatism implies the exploitation of diversity to ensure robustness, simple detection and compatibility with a wide range of terminals. We favor a spatial coding of rate 1, and propose to manage multiple paths using the additional antennas. We optimize the coding, chip-mapping, detection and reliability propagation. Compared to previous methods like OSTBC or CDD, gains are illustrated in terms of performance, power distribution, capability of adaptation and robustness... Next, moderating complexity and spatial orthogonality restrictions, we propose new solutions in more favorable contexts. Even with a simple linear MMSE detection, these techniques are promising in high data-rate mobile transmissions as soon as the number of antennas increases. Finally, we introduce proper MIMO channel estimation schemes, using scattered pilots and iterative methods with decoded data, in order to fulfil a wide range of compromises on diverse receivers. The various results obtained exhibit the relevance of the developed solutions.

Digital communications, multi-antenna systems, MIMO, OFDM, CDMA, space-time-frequency coding, detection / MMSE equalization, iterative channel estimation, spectral efficiency.