

# Multiple-antenna communication systems: An emerging technology

## Systèmes de communications multi-antennes : une technologie émergente

Paul Goud Jr., Christian Schlegel, Witold A. Krzymień, and Robert Hang

A recent development in wireless communications is the application of multiple-input multiple-output (MIMO) systems to radio communications via use of multiple antennas. In order to investigate the technology's potential, an experimental MIMO system containing two four-element antenna arrays ( $4 \times 4$ ) has been developed at the University of Alberta. The system is used to obtain MIMO channel measurements in a typical indoor office environment in the ISM band (902–928 MHz). Measurement campaigns have been performed using different antenna spacings and two different types of antenna: half-wavelength ( $\lambda/2$ ) centre-fed dipoles and dual-polarized patches. The measurements are used to calculate channel capacities for an indoor  $4 \times 4$  MIMO system. The measurements confirm the high capacity potential of a MIMO channel, with ergodic capacity of approximately 21 bits per channel use available with either antenna type at a signal-to-noise ratio of 20 dB if the antenna element separation is  $\lambda/2$  or larger. An introduction to basic MIMO theory, a discussion of the University of Alberta wireless MIMO testbed, and observations regarding the measured indoor MIMO channel are presented in the paper.

Un développement récent dans les communications sans fil est l'application des systèmes multi-antennes à l'émission et à la réception (MIMO ou *multiple-input multiple output*) dans les communications radio. Afin d'évaluer le potentiel de cette technologie, un système expérimental MIMO, doté de deux ensembles de quatre antennes ( $4 \times 4$ ), a été développé à l'Université de l'Alberta (University of Alberta). Le système est utilisé pour obtenir des mesures du canal MIMO, dans un environnement intérieur typique, dans la bande de fréquences ISM (902–928 MHz). Des séries de mesures ont été prises avec différents espacements entre les antennes et deux types d'antennes différentes: dipôles de demi longueur d'onde ( $\lambda/2$ ) alimentés au centre et antennes patch en polarisation double. Ces mesures ont été utilisées pour calculer la capacité d'un système MIMO  $4 \times 4$  dans un environnement intérieur. Les mesures confirment le potentiel de capacité élevée d'un canal MIMO. Une capacité ergodique disponible d'approximativement 21 bits par utilisation du canal est obtenue avec les deux types d'antennes mentionnées et un rapport signal à bruit de 20 dB, pourvu que l'espacement entre les antennes soit d'au moins  $\lambda/2$ . Une introduction aux bases de la théorie MIMO, une discussion du banc de test MIMO de l'Université de l'Alberta et des observations sur le canal intérieur MIMO mesuré sont présentées dans cet article.