

Temps de test courts pour mesures sur émetteurs WLAN-MIMO en production

Pour augmenter la vitesse de transmission, la technologie WLAN utilise – outre les ressources classiques de bande passante, de temps et de codage – l'espace (radioélectrique) comme un composant de l'interface air. Cela implique plusieurs antennes coté émission et coté réception – à savoir des systèmes complexes ayant leurs propres exigences en matière de test. L'option R&S®CMW-KM652 pour les testeurs R&S®CMW500 / R&S®CMW270 couvrant entièrement ces tests en production, aucun matériel supplémentaire n'est requis

Exigences de mesure différentes en développement et en production

Pour les appareils WLAN-MIMO, il convient de vérifier aussi bien les caractéristiques d'émetteur traditionnelles que les paramètres spécifiques MIMO (cf. notions de base WLAN et MIMO, encadré à partir de la page 2). Sont nécessaires à cet effet, selon la profondeur de mesure désirée, un ou plusieurs analyseurs de signaux vectoriels et des générateurs de signaux vectoriels ou bien un testeur de radiocommunication à un ou plusieurs canaux.

Lors du développement et de la conception de dispositifs WLAN-MIMO, l'utilisation de plusieurs analyseurs et générateurs permet également de déterminer, outre les mesures de puissance et de spectre, les caractéristiques de l'émetteur telles que le vecteur d'erreurs (EVM), le décalage de la fréquence porteuse, la fuite de porteuse et la planéité spectrale

(Carrier Leakage et Spectral Flatness) ainsi que des paramètres spécifiques MIMO. Ces derniers sont notamment la diaphonie de canal et/ou l'isolement, lesquels prévalent lors de la transmission simultanée sur plusieurs antennes d'émission et se manifestent dans les différents éléments de la matrice de canal H.

Un tel déploiement de matériel et les coûts associés sont certes justifiés en développement mais ne le sont pas pour les besoins spécifiques en production. Si l'on prend en considération le temps de test, les coûts d'acquisition et la profondeur de mesure nécessaire, l'utilisation d'un appareil de mesure à un seul canal s'avère ici suffisante. En effet, en production, il s'agit en premier lieu de vérifier si les signaux transmis sont conformes aux normes correspondantes et si les caractéristiques physiques se situent dans les tolérances spécifiées pour assurer un fonctionnement sans faille.

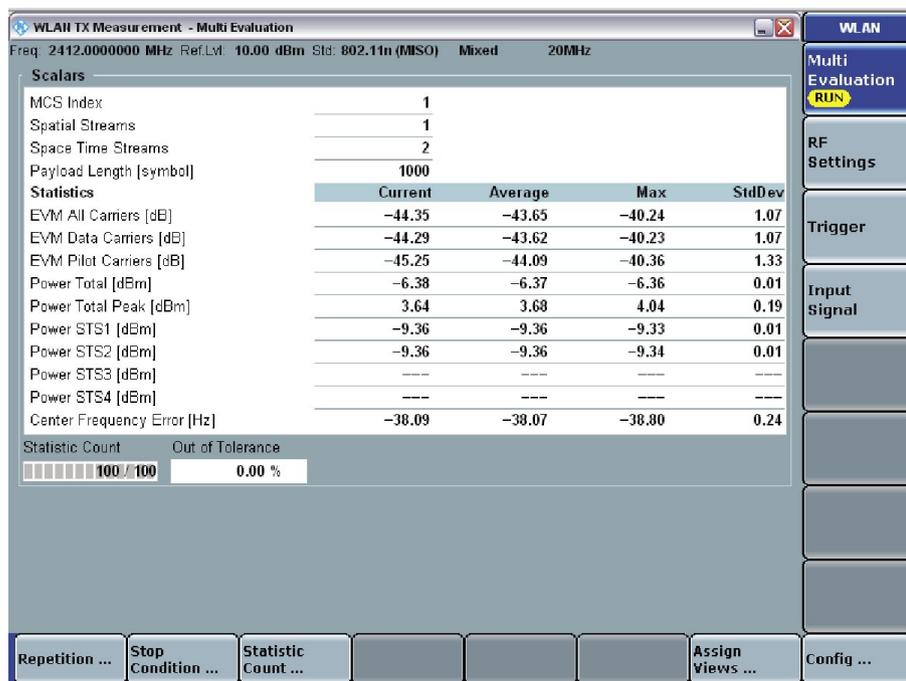


Fig. 1 Avec une seule mesure, l'option R&S®CMW-KM652 détermine – à partir d'une somme de signaux d'un maximum de quatre antennes d'émission – tous les résultats de mesure TX nécessaires en production. En plus du vecteur d'erreurs et de la fréquence de la porteuse, il s'agit également de la puissance de sortie de l'ensemble des Space Time Streams. C'est ainsi qu'en production notamment les éventuels défauts de contact d'antennes sont immédiatement détectés.

Option sur mesure pour la production

L'option R&S®CMW-KM652 (fig. 1) permet de réaliser des mesures multi-émetteurs sur des appareils WLAN-MIMO avec un testeur mono-canal R&S®CMW500 ou R&S®CMW270. Il est ainsi même possible de tester la configuration maximale, à savoir le fonctionnement simultané d'un maximum de quatre antennes d'émission. Les testeurs évaluent à cet effet la somme des signaux constituée par les différents signaux d'émission, par exemple lors de leur transmission via l'interface air ou en utilisant un combineur de puissance. La profondeur de mesure et les résultats obtenus sont de ce fait adaptés aux exigences en production.

La distribution homogène de la puissance totale des signaux sur toutes les antennes d'émission est un des éléments déterminants permettant d'obtenir un bon fonctionnement du MIMO. Pour cela, la condition préalable consiste à s'assurer en production que les contacts des antennes d'émission ainsi que leur montage sont correctement réalisés. L'option R&S®CMW-KM652 peut révéler d'éventuels défauts de contacts d'antennes et déterminer la puissance de toutes les antennes d'émission. En outre, elle calcule l'erreur de la fréquence centrale et la valeur EVM des séquences pilotes. Concernant la méthode 2x1 MIMO (= MISO – Multiple Input Single Output), en mode de diversité d'émetteur selon le procédé Alamouti, le flux de données à transmettre est diffusé simultanément via deux antennes d'émission. Dans ce cas, l'option R&S®CMW-KM652 fournit des résultats de mesure EVM, lesquels comprennent non seulement les pilotes mais également la totalité du signal OFDM, y compris toutes les porteuses de données.

Composite EVM

En production, on s'intéresse particulièrement à la précision de modulation de la totalité du signal. La mesure EVM regroupe l'ensemble des erreurs de phase et d'amplitude et constitue généralement un bon indicateur de la qualité du signal d'un émetteur. La mesure appelée « composite EVM » réalisée avec l'option R&S®CMW-KM652 se rapporte à la somme des signaux de l'ensemble des émetteurs reçus simultanément et non à un seul signal en particulier. Cette mesure est pratique, optimisée pour la production et assure des temps de cycle de test courts.

Conclusion

Compte tenu des temps de test très courts et de sa bonne couverture de test, l'option KM 652-R&S®CMW est parfaitement adaptée aux exigences de mesure sur les émetteurs des dispositifs WLAN-MIMO en production – et globalement avantageuse en termes de coût du fait qu'elle ne nécessite aucun matériel supplémentaire.

Thomas A. Kneidel

Notions de base WLAN et MIMO

Propagation par trajets multiples

Les ondes électromagnétiques se propagent dans le canal radio à partir de l'antenne d'émission jusqu'à l'antenne de réception et ce, non seulement par la voie directe mais aussi - en raison des réflexions et diffractions – par des voies indirectes. La technologie WLAN utilise cette propagation par trajets multiples pour augmenter le débit de transmission de données et améliorer le rapport signal/bruit. On obtient ainsi des débits de données plus élevés et une meilleure qualité de transmission, sans nécessité d'augmenter la bande passante ou la puissance d'émission.

La technologie MIMO

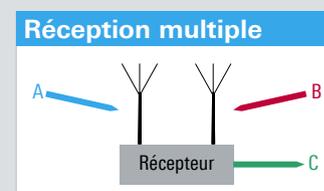
Comparée aux systèmes conventionnels SISO (Single Input Single Output) avec une seule antenne d'émission et une seule antenne de réception, la technologie MIMO (Multiple Input Multiple Output) – avec laquelle sont utilisées simultanément plusieurs antennes d'émission et de réception – apporte des gains significatifs. Un système MIMO avec M antennes d'émission et N antennes de réception est également désigné sous le terme Système $M \times N$.

En général, dans un système MIMO, le canal radio peut être décrit avec une matrice de canal H. Les éléments de la diagonale principale représentent les trajets de transmission directs entre les antennes d'émission et de réception, les autres correspondent à ceux des produits de mélange. Grâce à une pondération et un codage appropriés, les signaux à transmettre sont ajustés de manière adaptative aux caractéristiques correspondantes du canal de propagation et distribués aux antennes d'émission. Côté récepteur, les signaux de la propagation par trajets multiples sont traités de façon à ce que la diaphonie soit compensée au mieux, que les signaux soient séparés et que la transmission de données se déroule idéalement sans erreur.

Réception multiple

Lorsque la disposition et la configuration appropriées des antennes de réception permettent de capter des signaux sur des trajets de transmission indépendants (fig. 2), de

Fig. 2 Dans le cas idéal, des signaux sont reçus via différentes antennes qui atteignent le récepteur via des trajets de transmission différents et de la façon la plus indépendante possible.



MRC

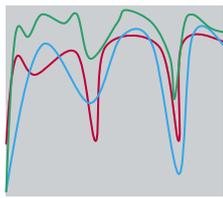


Fig. 3 Maximum Ratio Combining dans un récepteur à deux antennes. En additionnant les signaux perturbés reçus, le plus dé-corrélés possible, de brusques évanouissements peuvent être généralement compensés et la qualité de réception s'en trouve globalement améliorée.

brusques évanouissements simultanés sur tous les canaux sont alors peu probables et pourraient le cas échéant être compensés. Les signaux reçus via les différentes antennes sont additionnés de manière pondérée et combinés pour former un signal global. Le procédé Maximum Ratio Combining permet d'obtenir une augmentation significative du rapport signal/bruit, lequel s'améliore avec chaque trajet de transmission indépendant supplémentaire (fig. 3).

Diversité d'émission et multiplexage spatial

Dans les systèmes MIMO – côté émetteur, on fait la distinction entre la diversité d'émission (Diversity Mode) et le multiplexage spatial (Spatial Division Multiplexing).

Diversité d'émission

Dans la diversité d'émission, un signal est pondéré et codé en fonction des conditions prévalant dans le canal puis transmis via plusieurs antennes d'émission à une (seule) antenne

de réception. Plus la connaissance de canal côté émission et le codage de canal correspondant sont optimisés, plus le rapport signal/bruit obtenu dans le récepteur est élevé. Etant donné qu'une connaissance de canal complète au niveau de l'émetteur entraîne un investissement important, une méthode ne nécessitant pas cette connaissance est utilisée en technologie WLAN : le Space Time Block Coding selon Alamouti. Avec cette méthode, les symboles d'un flux de données se suivant dans le temps sont transmis simultanément et répartis sur deux antennes, en une séquence modifiée et avec un encodage différent (fig. 4). Après un traitement approprié du signal composite reçu via une seule antenne, on obtient un meilleur rapport signal/bruit qu'avec les systèmes SISO. Cela renforce la fiabilité, étend la portée du réseau, facilite l'utilisation de procédés de modulation plus élevés et augmente ainsi indirectement le débit de données pouvant être atteint.

Multiplexage spatial

Le procédé de multiplexage spatial permet d'obtenir une augmentation encore plus significative de la capacité de transmission. A cet effet, plusieurs antennes d'émission transmettent simultanément des flux de données différents à plusieurs antennes de réception (fig. 5). Dans de très bonnes conditions de canal, on obtient – ici par exemple avec un système 2 x 2 MIMO – un débit de transmission doublé par rapport à un système SISO classique.

WLAN avec 4 x 4 MIMO

Pour le WLAN selon IEEE 802.11n, en mode de fonctionnement MIMO, jusqu'à quatre antennes d'émission et quatre antennes de réception sont spécifiées (4 x 4 MIMO). Dans ces limites, la diversité de transmission et le multiplexage spatial peuvent être du côté émetteur combinés librement (fig. 6).

Diversité d'émission

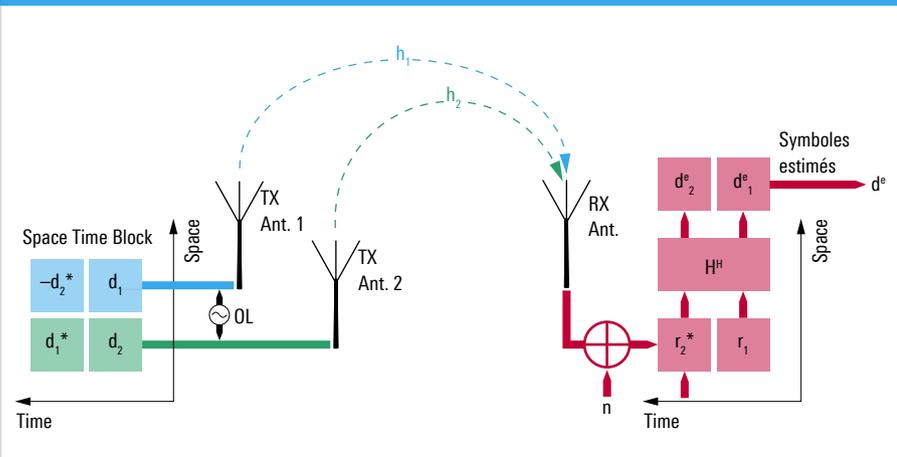
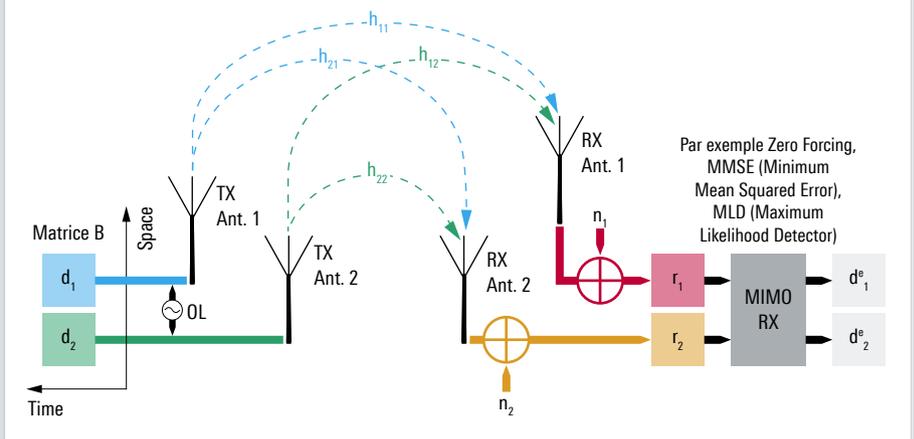


Fig. 4 DISO (Dual Input Single Output) avec Space Time Block Coding selon Alamouti. Un flux binaire est transmis simultanément via deux antennes, avec chacune un codage différent. Cela apporte une amélioration du rapport signal/bruit avec les avantages d'une plus grande portée ainsi que la possibilité d'utiliser un procédé de modulation plus important et par conséquent, avec un taux de transmission de données plus élevé.

Fig. 5 Avec le multiplex spatial, différents flux binaires sont transmis simultanément via leurs propres antennes d'émission et de réception. Cela augmente le débit de données de l'ensemble du système et améliore l'exploitation de la bande passante. Par rapport à un système SISO classique, on obtient dans des conditions idéales, par exemple dans un système 2×2 MIMO avec deux antennes d'émission et deux antennes de réception, un doublement du taux de transmission des données.

Multiplex spatial



Modèle en bande de base pour le WLAN n

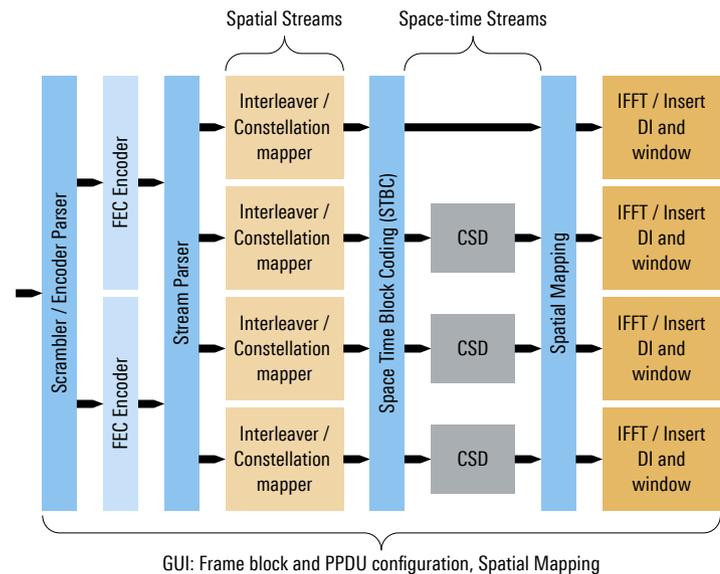


Fig. 6 Le WLAN IEEE 802.11n spécifie l'utilisation d'un maximum de quatre antennes d'émission et de quatre antennes de réception. Diversité d'émission et multiplexage spatial peuvent alors être combinés au choix. Les différentes combinaisons sont déterminées par les « Modulation Coding Schemes » (MCS).

OFDM

Le procédé OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex) constitue la base pour des applications MIMO en WLAN. Il utilise, contrairement aux systèmes mono-porteuses, de nombreuses porteuses orthogonales modulées séparément. Son implémentation impose des exigences plus strictes, notamment en termes d'offset de fréquence et de bruit de phase. Même de faibles écarts de la fréquence de l'oscillateur local de l'émetteur et du récepteur conduisent à des décalages de

l'instant d'échantillonnage et donc à des interférences entre les sous-porteuses. Sur la base d'un préfixe transmis avec des séquences d'apprentissage connues, le récepteur se synchronise et réalise au début de la transmission une estimation du canal. En outre, la fréquence et la phase sont ensuite réajustées par des séquences de référence sur 4 d'un total de 52 sous-porteuses désignées sous le nom de pilotes.

Thomas A. Kneidel