

Réflexions sur la coordination des fréquences des systèmes audio multicanaux sans fil à large bande (WMAS) et des équipements sans fil à bande étroite

par Andreas Wilzeck



Andreas Wilzeck est responsable du département Réglementation et normes spectrales auprès de Sennheiser electronic GmbH & Co. KG. Il est titulaire d'un doctorat en technologie des communications sans fil de la Faculté de génie électrique et d'informatique de l'Université Gottfried Wilhelm Leibniz de Hanovre, en Allemagne. Andreas Wilzeck évolue dans le domaine de la normalisation et de la réglementation des solutions sans fil depuis plus de 10 ans en siégeant notamment au sein des comités ETSI, 3GPP, CEPT et ITU-R.

Introduction

Le spectre radio utilisé pour les microphones sans fil et les systèmes de retour intra-auriculaire (IEM) sans fil est généralement une ressource partagée. Ces applications audio professionnelles partagent le même spectre avec divers autres services et utilisateurs de radio, comme dans le cadre de la diffusion, de la radioastronomie et des opérations militaires. Le spectre TV-UHF disponible pour les microphones et les retours sans fil professionnels varie considérablement d'un lieu à un autre en fonction des services de diffusion locaux et d'autres applications. Bien que le partage du spectre des fréquences soit défini et supervisé par les autorités réglementaires nationales, la coordination des radiofréquences devant être utilisées lors d'un événement ou sur un site est effectuée dans l'intérêt mutuel de tous les utilisateurs des équipements sans fil sur place, qui doivent pouvoir compter sur le fonctionnement sans interférence de leurs appareils et outils.

Habituellement, un expert, parfois avec le soutien de toute une équipe, prend en charge la coordination des fréquences à la place de l'organisateur d'un événement ou de l'exploitant d'une salle, par exemple. Cet expert, généralement appelé « coordinateur de fréquences » ou responsable RF, est l'interlocuteur principal pour toutes les questions de fréquences relatives à un événement ou à un site. Son rôle est de communiquer, de superviser et de gérer tous les problèmes liés aux fréquences. Il collecte les demandes auprès de tous les utilisateurs, planifie et calcule les fréquences à utiliser, attribue les ressources de fréquences aux utilisateurs, surveille les niveaux d'interférence, gère tous les cas d'interférence, supervise l'utilisation de toutes les fréquences avant et pendant un événement et intervient en cas de besoin.

Le coordinateur de fréquences travaille main dans la main avec les ingénieurs du son qui s'occupent de tous les problèmes liés au son. Les ingénieurs du son prennent en charge l'installation, la balance audio, ainsi que le mixage du son en direct au niveau des haut-parleurs placés sur le devant de la scène et des retours, y compris les effets pour les concerts, les événements d'entreprise, les spectacles et les événements sportifs.

Il convient de noter que les événements deviennent plus importants et plus complexes, mais que le spectre radio disponible pour les microphones sans fil et les retours intra-auriculaires n'a cessé de diminuer en raison de décisions réglementaires. Aujourd'hui, un coordinateur de fréquences doit faire face à une demande beaucoup plus grande, alors que le nombre de ressources disponibles est plus faible et que le nombre d'interférences provenant de bandes adjacentes risque d'augmenter. Par exemple, l'utilisation de la radio mobile cellulaire dans des plages de fréquences voisines peut parfois s'apparenter à des liaisons entre microphones sans fil coordonnés et retours intra-auriculaires en ce qui concerne la distance spatiale et la séparation des fréquences.



Par rapport à un festival en plein air, la planification des fréquences pour une utilisation intérieure, par exemple dans des salles de spectacle ou des clubs, est beaucoup plus facile à gérer parce que le bâtiment lui-même fournira un certain degré de protection et d'atténuation. Par ailleurs, l'environnement RF sera plus simple à contrôler qu'à l'extérieur. Lors de la coordination des fréquences pour un studio de diffusion, par exemple, l'objectif est avant tout de planifier de façon stable les diverses fréquences pour les différents studios et les applications sans fil utilisées sur le site. Ceci étant, un festival ou un événement temporaire doit prendre en charge des attributions de fréquences pour un grand nombre d'utilisateurs différents réunis dans le cadre de cet événement et dont les intérêts peuvent diverger.

Dans les deux cas, le coordinateur de fréquences doit traiter des produits d'interférence provoqués par d'autres équipements importants pour la production, par exemple des convertisseurs de signaux vidéo ou la distribution de signaux vidéo/lumineux (splitters et coupleurs).

Petit rappel historique : la réduction des ressources du spectre radio nuit aux événements et installations de grande ampleur

Au sein de l'Union européenne, les ressources des bandes TV-UHF potentiellement disponibles en dessous de 1 GHz sont passées de 392 MHz à 233 MHz (y compris l'écart duplex de 800 MHz) en raison des dividendes numériques I et II. Pour les appareils audio sans fil professionnels, il ne reste que 59,4 % des ressources. En fait, ce pourcentage est plus faible, car toutes les stations de diffusion fonctionnant dans la plage de fréquences comprise entre 700 et 800 MHz ont également été déplacées dans la plage 470-694 MHz, ce qui explique pourquoi elles sont aujourd'hui beaucoup plus congestionnées. Le spectre TV-UHF disponible varie considérablement d'un lieu à un autre, en particulier lorsque vous êtes près des frontières d'un pays. À cet endroit, il n'y a que très peu de canaux TV libres. Il existe un risque que les ressources déjà limitées de la bande TV-UHF soient de nouveau réduites en raison de décisions réglementaires nationales après la Conférence mondiale des radiocommunications 2023 (CMR-23).

Aux États-Unis, il ne reste que la plage de fréquences entre 470 et 608 MHz, donc seulement 138 MHz. Par conséquent, certaines grandes villes n'ont pas de canal TV disponible pour l'utilisation d'équipements audio sans fil professionnels. La FCC accorde aux organisateurs d'événements majeurs et de méga-événements une autorisation temporaire spéciale pour utiliser leurs équipements dans des « plages de fréquences du passé » qui ne sont pas encore exploitées par les téléphones cellulaires.

L'introduction de microphones numériques sans fil a quelque peu soulagé le secteur, dans la mesure où ils permettent de simplifier la planification des fréquences et de déployer des fréquences de manière plus dense par le placement équidistant des liaisons sans fil. Ceci étant, il manque toujours une véritable solution permettant de gérer l'augmentation de la demande et de la complexité des événements et des productions.

Dans l'ensemble, la demande croissante en matière de spectre radio nécessite de nouveaux gains d'efficacité, des plages de fréquences appropriées supplémentaires et davantage d'efforts de coordination, en particulier pour les grands et les méga-événements.

WMAS – La solution RF qui change la donne pour les applications audio sans fil professionnelles dans le cadre des grands événements, des méga-événements et des installations de grande ampleur

Grâce à la mise en œuvre d'un système audio sans fil multicanal (WMAS), Sennheiser repense la transmission audio sans fil lors d'événements en direct, dans les salles de spectacle et dans les studios de diffusion, partout où de nombreux canaux audio doivent coexister. La solution WMAS est essentiellement une technologie bidirectionnelle sans fil à large bande qui combine des microphones, des retours intra-auriculaires et des



commandes à distance dans un seul canal radio large bande. Elle garantit des gains d'efficacité significatifs dans l'utilisation du spectre, non seulement grâce à sa technologie, mais aussi en permettant d'améliorer les flux de travail.

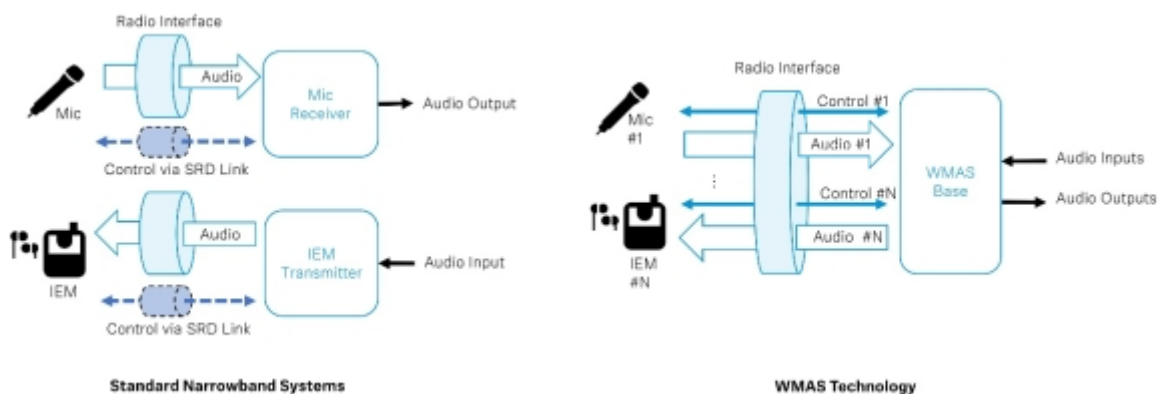


Fig. 1 : flux des signaux et des commandes dans les systèmes à bande étroite (à gauche) et avec la technologie WMAS (à droite)

La mise en œuvre radio de la solution WMAS par Sennheiser repose sur les concepts de modulation par répartition orthogonale de la fréquence (OFDM), de duplex par séparation temporelle (TDD) et d'accès multiple par répartition temporelle (TDMA).

La technique de transmission numérique utilisée est l'OFDM combinée à un codage des canaux qui permet d'exploiter la diversité des fréquences du canal RF sans fil. Le fait de pouvoir exploiter davantage la diversité rend la transmission plus fiable, que ce soit à l'intérieur ou à l'extérieur.

La technologie TDD permet une transmission bidirectionnelle en disposant d'une certaine période pour la réception et d'une autre pour la transmission. La durée des deux périodes peut être ajustée, ce qui signifie que vous pouvez utiliser n'importe quel boîtier portable (pocket) comme émetteur instrument/microphone ou bien récepteur IEM stéréo, ou encore les deux en même temps.

La technologie TDMA divise ces périodes d'émission et de réception en créneaux temporels dédiés. Un appareil WMAS peut se voir attribuer un ou plusieurs créneaux temporels. On pourrait dire que les créneaux temporels dédiés représentent la ressource fondamentale dans la solution WMAS par rapport aux fréquences dédiées des liaisons de transmission à bande étroite. Chaque appareil WMAS parle (transmet) dans son ou ses créneaux temporels dédiés et reste silencieux pendant les autres. Chaque appareil sait quand il doit écouter (recevoir). Aucun des appareils ne parle en même temps, de sorte que chacun d'eux bénéficie de son côté de la totalité de la largeur de bande du canal RF, même si ce n'est que pour un laps de temps très court.

Du point de vue de la coordination des fréquences, un système WMAS utilisera les mêmes fréquences que les systèmes à bande étroite actuels. Cependant, les retours intra-auriculaires et les microphones, qui sont divisés entre deux plages RF aujourd'hui séparées de plusieurs MHz, peuvent désormais être gérés ensemble sur un seul et même canal TV et peuvent se regrouper dans un seul bodypack. Une seule antenne est également nécessaire.

Contrairement à la diversité spatiale que l'on connaît aujourd'hui avec deux antennes, le système WMAS offrira 30 fois plus de diversité sur un canal TV de 6 MHz ou 40 fois plus sur un canal TV de 8 MHz avec une seule et même antenne. Tous les appareils récepteurs peuvent profiter de ce gain en diversité, de sorte que les



bodypack bidirectionnels combinés, y compris les retours intra-auriculaires numériques de faible latence, pourraient également en bénéficier.

L'utilisation de plusieurs antennes est possible, mais avec des objectifs différents, à savoir la redondance, l'extension de couverture et la desserte de plages de fréquences supplémentaires. La solution WMAS est disponible dans deux versions de façon à garantir un fonctionnement dans la plage TV-UHF et dans la plage comprise entre 1350 MHz et 1525 MHz.

Le système fonctionne avec une puissance d'émission totale pouvant atteindre 50 mW, soit la puissance d'un seul microphone à bande étroite actuellement, répartie sur un canal RF de 6 MHz ou de 8 MHz. Dans la limite de capacité du système, la puissance totale d'émission ne dépendra pas du nombre de liaisons déployées sur le canal TV.

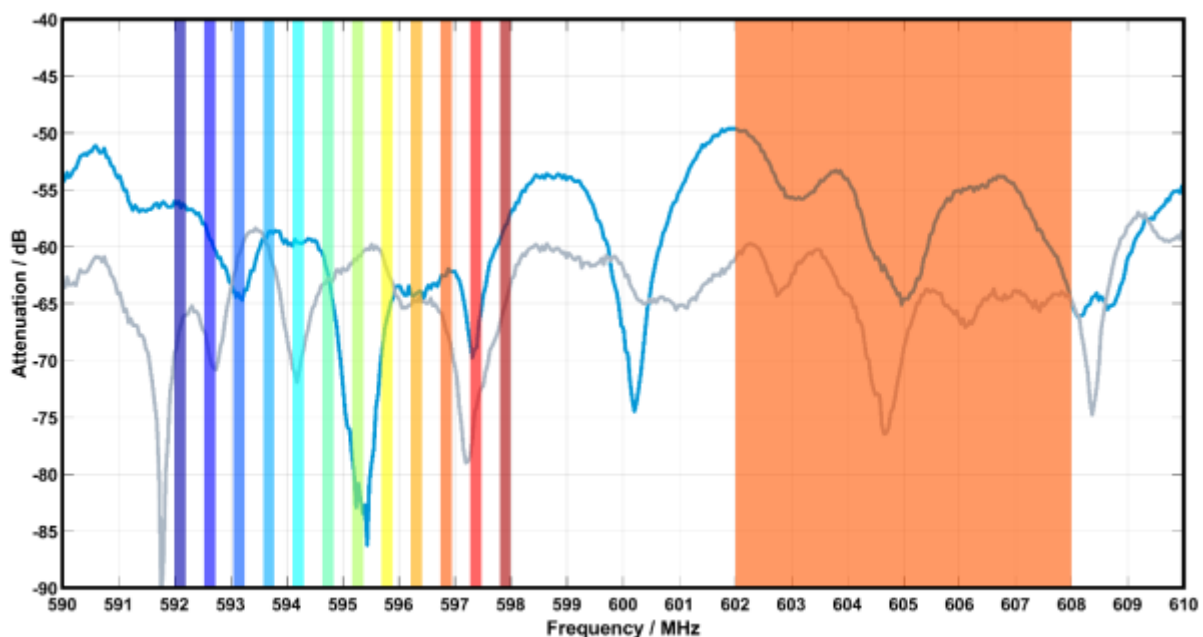


Fig 2. : alors que les liaisons de transmission représentent la ressource fondamentale dans le cadre d'une transmission à bande étroite (à gauche),

la solution WMAS utilise des créneaux temporels dédiés pour chaque appareil WMAS (à droite : un appareil utilisant la totalité de la largeur de bande RF)

Il ne sera pas nécessaire de procéder à une planification approfondie des fréquences, sauf pour sélectionner un canal RF précis à l'intérieur d'un canal TV-UHF. Dans ces 6 ou 8 MHz, les utilisateurs pourront déployer 16 ou 32 canaux audio de direction arbitraire, voire plus. Le coordinateur de fréquences attribuera un bloc de 6 MHz ou de 8 MHz avec une fréquence centrale à l'ingénieur du son pour déployer un système WMAS. Le coordinateur déterminera également les meilleurs endroits où placer l'antenne du système (ou les antennes pour l'extension de la portée).

Dans le système WMAS, l'ingénieur du son sera en mesure de sélectionner en toute flexibilité la qualité audio, la latence, la portée et l'occupation des ressources pour chaque transmission audio depuis et vers les appareils concernés. L'ingénieur du son peut organiser et modifier les ressources audio attribuées à ces appareils en fonction des besoins. Une seule station de base peut traiter 64 canaux audio (32 entrées et 32 sorties pour l'interface) dans un rack de type 19"/1U.



Le système WMAS fournirait un son de qualité numérique et faciliterait la coordination des fréquences.

Coexistence des technologies à bande étroite et WMAS – Plus de détails sur la technologie WMAS

Les systèmes à bande étroite et WMAS à large bande coexisteront sur le terrain, et la solution WMAS utilisera les mêmes fréquences que les systèmes à bande étroite actuels. Dans la technologie sans fil, la coexistence désigne le fonctionnement de différents équipements, technologies et utilisations dans une même plage de fréquences sans nuire au fonctionnement des autres. La coordination des fréquences organise essentiellement la coexistence sur un site ou un emplacement temporaire. En coordonnant les solutions à bande étroite et le système WMAS, toutes les méthodes bien établies de coordination des fréquences seront maintenues, mais la solution WMAS simplifiera et accélérera la coordination.

La technologie WMAS présente certaines caractéristiques qui facilitent la coexistence, dont, d'abord et avant tout, sa nature bidirectionnelle. Étudions ce point d'un peu plus près.

Selon le document ETSI TR 103 450, un système WMAS se compose d'une station de base WMAS et d'appareils WMAS mobiles, comme un émetteur main, ou un bodypack.

Avec la technologie WMAS, tous les appareils doivent être des émetteurs-récepteurs, car ils doivent être capables de transmettre et de recevoir des informations de contrôle pour organiser et synchroniser l'ensemble du système. Un appareil WMAS peut être un émetteur audio, un récepteur audio ou les deux. L'émission et la réception audio peuvent être destinées à un ou plusieurs canaux audio. Un appareil WMAS capable d'être un émetteur audio et un récepteur audio double canal n'a pas besoin d'assumer les deux fonctions. Tout dépend de la façon dont l'ingénieur du son a configuré l'appareil.

Une station de base WMAS peut balayer le spectre RF, de sorte que l'opérateur peut voir ce qui est diffusé sans avoir besoin d'équipement supplémentaire. L'opérateur sélectionne la fréquence porteuse WMAS unique qui lui a été attribuée par le coordinateur de fréquences et active le canal RF.

Les appareils WMAS doivent être appairés, connectés et configurés sur une station de base WMAS avant de pouvoir procéder à des transmissions audio. Il n'y a plus de risque de transmission involontaire causée par des configurations RF obsolètes ou prédéfinies.

Un appareil WMAS qui perd sa connexion à la station de base WMAS cesse de transmettre après un certain temps et cherche à rétablir la connexion de lui-même. Cette approche évite le risque d'interférence provenant d'émetteurs activés involontairement, par exemple lorsque les artistes se promènent dans la salle ou sur le site de l'événement pour discuter ou toute autre action.

Le fait qu'un système WMAS fonctionne avec une faible densité spectrale et une faible puissance d'émission est essentiel pour une bonne coexistence et lui permettre de se comporter en « bon voisin » au sein d'un spectre radio surchargé. Cela réduit les distances de séparation requises et permet des déploiements beaucoup plus denses, par exemple, dans le cadre de festivals composés de plusieurs scènes et d'installations dans des salles de spectacles et des studios. La réutilisation des fréquences nécessite encore quelques efforts de planification, mais la puissance de transmission réglable facilitera la planification avancée des sites et des fréquences.

Si les utilisateurs ne respectent pas le plan de fréquences défini par le coordinateur, cela risque de se traduire par une exploitation des systèmes à bande étroite et WMAS sur le même canal. Examinons ce scénario d'un peu plus près. Un récepteur à bande étroite de 200 kHz ne recevra qu'une petite partie (1/30 ou 1/40, selon que le canal TV couvre une largeur de 6 MHz ou de 8 MHz) des émissions d'un système WMAS, tandis que le récepteur WMAS recevra les émissions totales d'un émetteur à bande étroite.

Supposons qu'une liaison microphone à bande étroite de 200 kHz avec 50 mW de puissance d'émission soit accidentellement utilisée sur un canal WMAS de 8 MHz. Le récepteur à bande étroite sera soumis à une



puissance d'interférence inférieure à 1,25 mW dans sa bande passante de 200 kHz propre au récepteur, sans tenir compte des pertes de propagation. Par comparaison, un récepteur WMAS de 8 MHz fera l'objet d'un niveau d'interférence de 50 mW, sans tenir compte non plus des pertes de propagation. Encore quelques mots pour insister sur ce point : nous parlons d'un seul microphone à bande étroite qui émettrait sur une fréquence d'un canal d'un système WMAS, qui peut posséder 16 ou 32 canaux, voire plus.

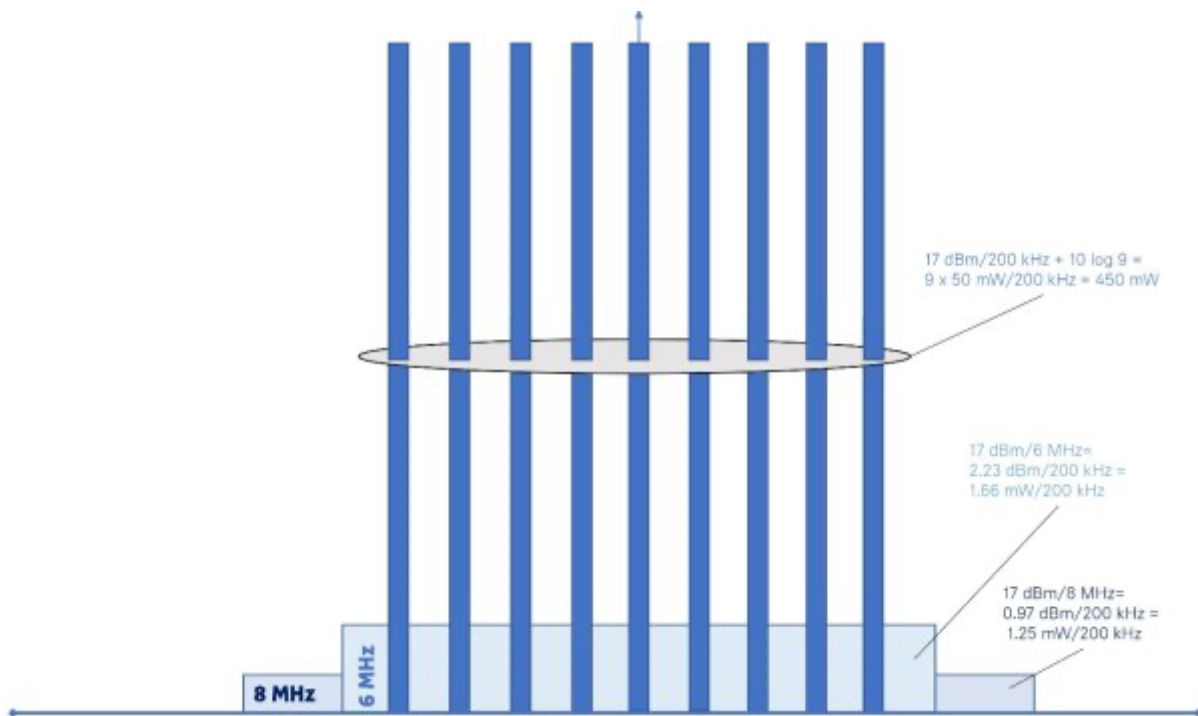


Fig. 3 : émissions d'émetteurs à bande étroite (bleu foncé) par rapport au système WMAS (bleu clair)

Comme toujours avec la transmission numérique, dans les deux cas, le rapport signal reçu/bruit déterminera si l'interférence est nuisible ou non. Une conception de système réfléchi, l'exploitation de la diversité de fréquence et un traitement de signal avancé offrent à une solution WMAS la robustesse dont elle a besoin pour continuer à fonctionner même lorsque de telles interférences de bande étroite surgissent à proximité.

Bien qu'il soit recommandé de conserver la même distance de garde minimale que celle préconisée pour les systèmes à bande étroite, le système WMAS s'est avéré extrêmement robuste lors d'un [test pratique](#) dans les locaux de Sennheiser, où il a été pris en sandwich entre un canal TV occupé par différentes liaisons de retours intra-auriculaires analogiques et un canal TV mobilisé par plusieurs liaisons de microphones numériques.

La mise en œuvre par Sennheiser du système WMAS permet à chaque appareil WMAS (émetteur main, de poche ou antenne) de contribuer à la détection distribuée des interférences pendant le fonctionnement, de sorte que l'opérateur est toujours informé du niveau d'interférence de chaque appareil. Un tel principe permet à l'opérateur de voir ce qui se passe et de prendre des décisions éclairées avant d'agir. Et comme aujourd'hui, il se concentrerait sur la recherche et l'élimination de la ou des sources d'interférences. Si ce n'est pas possible, l'opérateur WMAS peut choisir de passer sur un autre canal à large bande. Cette décision ne provoquera qu'une brève interruption, car tous les appareils sont entièrement contrôlés par la station de base.