General

Le nouveau système de radio numérique DAB (Digital Audio Broadcasting, aujourd'hui souvent appelé Digital Radio) est un système de diffusion multimédia très innovant et universel qui remplacera à l'avenir les services de diffusion audio AM et FM existants dans de nombreuses régions du monde. Il a été développé dans les années 1990 par le projet Eureka 147 / DAB. Le DAB est très bien adapté à la réception mobile et offre une très grande robustesse contre la réception par trajets multiples. Il permet l'utilisation de réseaux monofréquence (SFN) pour une efficacité haute fréquence.

Outre les services audio numériques de haute qualité (mono, deux canaux ou stéréophoniques multicanaux), le DAB est capable de transmettre des données associées au programme et un multiplexe d'autres services de données (par exemple, des informations sur les déplacements et le trafic, des images fixes et animées, etc.).

Une gestion dynamique du multiplex côté réseau ouvre des possibilités de programmation flexible.

Dans plusieurs pays d'Europe et à l'étranger, les fournisseurs de réseaux et les fabricants de récepteurs vont mettre en œuvre des services de diffusion numérique utilisant le système DAB dans des projets pilotes et des services publics.

Le DAB fonctionne très différemment des systèmes de radiodiffusion conventionnels. La plupart des composants du système tels que le codage audio perceptuel, le codage et la modulation de canal, la gestion de multiplexage ou les protocoles de transmission de données sont de nouvelles solutions et généralement moins familiers à l'expert des systèmes de diffusion analogiques ou numériques existants.

Radio in the Digital Age

La radiodiffusion est l'un des médias électroniques de masse les plus répandus, comprenant des centaines de fournisseurs de programmes, des milliers d'émetteurs HF et des milliards de récepteurs dans le monde. Depuis la diffusion au début des années 1920, le marché est largement couvert par les services de diffusion audio AM et FM.

Aujourd'hui, nous vivons dans un monde de systèmes et de services de communication numérique. Ces derniers temps, des parties essentielles des processus de production dans les maisons de radio ont été remplacées par des parties numériques, à commencer par le passage de la bande audio analogique conventionnelle à l'enregistrement numérique sur bande magnétique ou sur disque dur, au traitement du signal numérique dans les tables de mixage et aux liaisons de transmission numériques dans les processus de distribution. . En outre, il existe également d'autres supports de distribution ou de stockage numériques sur un marché de la musique en croissance, comme plusieurs formats de bandes ou de disques numériques (CD, MiniDisk ou DVD), ou des formats de streaming et de téléchargement (tels que MP3) pour une distribution via Internet (voir également section 1.6.4).

Par conséquent, les systèmes de transmission de radiodiffusion ont désormais tendance à passer de la transmission analogique conventionnelle au numérique. Les premières étapes de l'introduction des services de radiodiffusion numérique ont été franchies par les systèmes NICAM 728 (Near Instantanément Companded Audio Multiplex, développé par la BBC pour le son de télévision stéréo dans les bandes VHF / UHF), DSR (Digital Satellite Radio, déjà arrêté) ), ou ADR (Astra Digital Radio), voir section 1.6.1, mais aucun n'était adapté pour remplacer complètement les services conventionnels existants, en particulier pour la réception mobile. Pour cette raison, le système de diffusion multimédia numérique universel Eureka 147 DAB a été développé et est maintenant introduit dans le monde entier. Parallèlement, d'autres systèmes de diffusion numérique tels que DRM (Digital Radio Mondiale, voir section 1.6.3) ou DVB-T (Digital Video Broadcasting,0 voir section 1.6.2) vont compléter la radio et la télévision numériques.

Normalement, il faut une période d'une génération humaine (ou au moins une période de la vie d'une génération de type récepteur, c'est-à-dire environ 10 ans) pour remplacer un système de radiodiffusion existant par un nouveau. Par conséquent, des raisons solides et des avantages très convaincants sont nécessaires pour justifier l'introduction d'un tel nouveau système.

Avantages de la famille de systèmes Eureka 147 DAB

1.3.1 Le système DAB d'origine

Comme prévu, il y aura toujours des problèmes, ou des efforts supplémentaires seront nécessaires, lors du remplacement d'une technologie existante par une nouvelle, comme:

• manque de fréquences de transmission;

• les coûts de développement et d'investissement;

• recherche de fournisseurs de nouveaux services non conventionnels (par exemple, services de données);

• résoudre le problème des poulets et des œufs (qui sera le premier - le fournisseur de services ou le fabricant du récepteur?).

Néanmoins, la famille de systèmes Eureka 147 DAB offre de nombreux avantages par rapport aux systèmes de diffusion audio conventionnels tels que la radio analogique VHF / FM ou AM, et également en partie par rapport à d'autres systèmes de diffusion numérique existants tels que DSR (plus disponible), ADR, etc. La liste suivante ne mettra en évidence que certains avantages clés; beaucoup plus de détails seront expliqués dans les sections correspondantes du livre.

Qualité de service

DAB utilise toutes les possibilités des technologies modernes de communication numérique et peut ainsi fournir un niveau de qualité de service beaucoup plus élevé, tel que:

• Qualité sonore supérieure: les utilisateurs DAB peuvent profiter d'un son pur et sans distorsion proche de la qualité CD. De nouvelles fonctionnalités telles que Dynamic Range Control (DRC) ou Music / Speech Control peuvent être utilisées individuellement par les clients pour adapter la qualité audio à leurs besoins.

• Facilité d'utilisation: plutôt que de rechercher des bandes de fréquences, les utilisateurs peuvent sélectionner toutes les stations disponibles ou les formats préférés à partir d'un simple menu texte.

• Conditions de réception parfaites: avec une simple antenne fouet non directionnelle, le DAB élimine les interférences et le problème des trajets multiples dans une voiture. Il couvre de vastes zones géographiques avec un signal uniforme et ininterrompu. Une fois les services complets opérationnels, un conducteur pourra traverser un pays entier et rester à l'écoute de la même station sans atténuation du signal et sans modification de la fréquence.

1.3.1.2 Large gamme de services à valeur ajoutée

Le DAB est tout à fait unique en ce sens que les services de musique et de données peuvent être reçus en utilisant le même récepteur. Un récepteur fait tout, comme:

• Diffusion audio typique (service principal): la musique, le théâtre, les nouvelles, l'information, etc., peuvent être reçus sous forme monophonique ou stéréophonique, comme cela est bien connu des programmes de radio conventionnels; il est également possible de transmettre des programmes audio multicanaux (format 5.1).

• Données associées au programme (PAD): les récepteurs de diffusion DAB peuvent afficher des informations textuelles beaucoup plus en détail que RDS, telles que des informations sur le contexte du programme, un menu des émissions futures et des informations publicitaires complémentaires. Les récepteurs connectés à un petit écran afficheront des informations visuelles telles que des cartes météorologiques ou des images de couverture de CD.

• Services d'information: les services provenant de sources autres que la station de radiodiffusion sont inclus dans le même canal pour que l'utilisateur y accède à volonté. Ceux-ci incluent des titres d'actualité, des informations météorologiques détaillées ou même les derniers cours de bourse.

• Services de musique ou de données ciblés: étant donné que la technologie numérique peut véhiculer une énorme quantité d'informations, des groupes d'utilisateurs spécifiques peuvent être ciblés avec une grande précision car chaque récepteur peut être adressé.

• Images fixes ou animées: les données peuvent également apparaître sous forme d'images fixes ou animées, accompagnées d'un service audio ou d'informations distinctes.

Disposition universelle du système

Le système DAB a une configuration de système assez universelle et bien standardisée qui permet des applications pour tous les supports de transmission et situations de réception connus.

• Normalisation: Le niveau de normalisation internationale de tous les principes de base et outils de transmission pour le nouveau système DAB est très élevé (bien plus de 50 normes internationales couvrent tous les détails nécessaires).

• Conception de système unique: les services DAB seront disponibles principalement sur les réseaux terrestres, mais conviennent également aux réseaux câblés et par satellite, et le même récepteur pourrait être utilisé pour fournir des programmes radio et / ou des services de données pour une couverture nationale, régionale, locale et internationale.

• Large choix de récepteurs: il est possible d'accéder aux services DAB sur une large gamme d'équipements de réception, y compris des récepteurs radio fixes (fixes), mobiles et portables, éventuellement complétés d'affichages ou d'écrans, et même d'ordinateurs personnels.

Flexibilité de la configuration multiplex

Les services DAB sont transmis dans une configuration multiplex flexible, qui peut être facilement modifiée instantanément en fonction des besoins réels des fournisseurs de contenu.

• Configuration multiplex: la disposition des services dans un multiplex DAB peut être modifiée instantanément pour correspondre aux besoins des fournisseurs de programmes ou de services de données, sans interrompre les services en cours.

• Flexibilité du débit binaire: le fournisseur de programme peut choisir un débit binaire approprié pour un certain programme audio en fonction de sa qualité, par exemple moins de 100 kbps pour un programme de parole pure, 128 kbps pour monophonique ou 256 kbps pour la musique stéréophonique; une demi-fréquence d'échantillonnage peut également être utilisée pour des services de qualité inférieure.

Ainsi, le débit binaire disponible peut être réparti de manière optimale entre les différents services d'un ensemble DAB.

Efficacité de transmission

Comparé aux systèmes de diffusion conventionnels, un investissement économique et un fonctionnement beaucoup moins importants sont nécessaires pour un système de transmission DAB.

• Coûts de transmission réduits pour les diffuseurs: le DAB permet aux diffuseurs de fournir simultanément une large gamme de programmes sur la même fréquence. Cela laisse non seulement la place à un nombre considérablement plus élevé de programmes pour augmenter le choix des utilisateurs, mais a également d'importantes implications en termes de réduction des coûts de diffusion.

• Coûts de transmission inférieurs pour les fournisseurs de réseaux d'émetteurs: pour la transmission numérique, un émetteur DAB ne nécessite qu'une fraction de l'énergie électrique par rapport à un émetteur AM ou FM conventionnel.

• Efficacité en fréquence: les réseaux d'émetteurs DAB peuvent être conçus comme des réseaux à fréquence unique (SFN), ce qui permet d'économiser beaucoup de fréquences de transmission et donc de capacité de transmission sur l'air.

Avantages du système amélioré DAB +

Dans l'intervalle, le Forum WorldDMB (WorldDAB) a développé une mise à niveau du système DAB Eureka 147 appelé DAB + afin d'améliorer l'efficacité du codage audio en utilisant les nouveaux schémas de codage de MPEG-4 HE AAC v2, voir le chapitre 3. Cela fournira avantages supplémentaires par rapport aux avantages mentionnés du système DAB d'origine

• Le dernier codec audio MPEG-4 offre une efficacité de performance exceptionnelle.

• Plus de stations peuvent être diffusées sur un multiplex, un plus grand choix de stations pour les consommateurs est disponible.

• Efficacité de fréquence plus élevée du spectre radioélectrique qu'avec le DAB conventionnel.

• Coûts de transmission inférieurs pour les stations numériques qu'avec le DAB conventionnel.

• Les nouveaux récepteurs sont rétrocompatibles avec les émissions MPEG Audio Layer II existantes, y compris les services de défilement de texte et multimédia.

• Les services MPEG Audio Layer II actuels ne sont pas affectés.

• Diffusion audio plus robuste qu'avec le DAB conventionnel.

• Optimisé pour la radio diffusée en direct.

• Les diffuseurs / régulateurs peuvent sélectionner différentes normes audio soit MPEG-2 Audio Layer II, soit le nouveau codage audio MPEG-4, ou les deux, en fonction de leur pays.

• Temps de réponse de re-réglage rapide du récepteur (faible retard de zapping).

• La transmission du MPEG Surround est possible, avec des débits binaires inférieurs à ceux du DAB conventionnel.

(plusieurs de ces avantages sont valables pour le DMB)

Histoire des origines de DAB

1.4.1 Étapes de développement

Au début des années 80, les premiers systèmes de radiodiffusion sonore numérique offrant une qualité audio de type CD ont été développés pour la diffusion par satellite. Ces systèmes utilisaient les bandes de radiodiffusion dans la région de 10 à 12 GHz, employaient très peu de compression des données sonores et n'étaient pas destinés à la réception mobile. Ainsi, il n'a pas été possible de servir une grande majorité d'auditeurs, comme ceux qui voyagent en voiture. De plus, une autre caractéristique de la radio FM bien établie ne pouvait pas être fournie par satellite, à savoir les «services locaux». Par conséquent, la radiodiffusion sonore numérique terrestre était considérée comme un moyen de diffusion essentiel pour atteindre tous les auditeurs.

Dans un premier temps, des recherches ont été lancées par des instituts de recherche radio pour étudier la possibilité d'appliquer des schémas de modulation numérique dans les bandes FM. Cependant, l'utilisation directe de la modulation par impulsions codées (PCM) dans les parties supérieures de la bande FM a généré des interférences intolérables dans la plupart des récepteurs FM existants et était spectralement très inefficace. La réception mobile n'a jamais été tentée et n'aurait pas réussi. Une approche beaucoup plus sophistiquée était définitivement nécessaire.

En Allemagne, le ministère fédéral de la Recherche et de la Technologie (BMFT, maintenant BMBF) a lancé une initiative de recherche pour évaluer la faisabilité de la radiodiffusion sonore numérique terrestre comprenant des méthodes plus efficaces de compression des données sonores et une utilisation efficace du spectre radioélectrique. Une étude achevée en 1984 a indiqué que des résultats prometteurs pouvaient être attendus d'activités de recherche très exigeantes. Un nouveau système de radiodiffusion sonore numérique ne pouvant être mis en œuvre avec succès que par un large accord international, BMFT a confié à son agence de gestion de projet au DLR (German Aerospace Center) la tâche de former un consortium européen composé d'industriels, de diffuseurs, de fournisseurs de réseaux, de centres de recherche et d'universités. pour le développement d'un nouveau système de diffusion audio numérique. Vers la fin de 1986, un consortium de 19 organisations de France, d'Allemagne, des Pays-Bas et du Royaume-Uni avait signé un accord de coopération et demandé à être notifié en tant que projet Eureka.

Lors de la réunion de décembre 1986 des représentants de haut niveau des États partenaires d'Eureka à Stockholm, le projet, désormais appelé «Digital Audio Broadcasting, DAB», a été notifié sous le nom d'Eureka 147. Des bourses nationales de recherche ont été accordées à ce projet en France, en Allemagne et aux Pays-Bas. Cependant, en raison des procédures d'octroi, les travaux officiels sur le projet ne pouvaient pas commencer avant le début de 1988 et devaient durer quatre ans.

Il faut également rendre hommage à l'Union européenne de radio-télévision (UER), qui a lancé des travaux sur la diffusion par satellite de la radiodiffusion sonore numérique vers les mobiles dans la gamme de fréquences comprise entre 1 et 3 GHz, en attribuant un contrat de recherche au Centre Commun d'Etudes de Télédiffusion et Télécommunications (CCETT) à Rennes, France, avant la constitution du consortium DAB. Le CCETT ayant également rejoint

Projet DAB, les travaux déjà entamés pour l'UER sont devenus partie intégrante des activités du DAB et l'UER est un allié proche et un promoteur actif du DAB. Plus tard, cela s'est avéré très important et utile dans les relations avec l'Union internationale des télécommunications (UIT-R) et le processus de normalisation avec l'Institut européen des normes de télécommunications (ETSI).

Dès le début, les objectifs fixés pour le projet étaient très exigeants et difficiles à atteindre. Une réception mobile parfaite était l'objectif global. En détail, la liste des exigences à respecter comprenait les éléments suivants:

• qualité audio comparable à celle du CD;

• réception mobile intacte dans une voiture, même à grande vitesse;

• utilisation efficace du spectre de fréquences;

• capacité de transmission des données auxiliaires;

• faible puissance d'émission;

• options de livraison terrestre, par câble et par satellite;

• récepteurs faciles à utiliser;

• Normalisation européenne ou meilleure mondiale.

Codage audio

Le DAB représente l'une des applications les plus importantes du schéma générique de codage audio MPEG-1 Layer II [IS 11172]. L'utilisation de cette norme de codage ISO / CEI est recommandée par l'UIT-R dans [BS.1115], et certainement dans la spécification DAB [EN 300401]. Le DAB est également conçu pour transmettre du son MPEG-2 Layer II [IS 13818], par exemple pour une transmission à demi-fréquence de qualité inférieure ou des programmes audio multicanaux, voir également [ES 201755]. Pour l'utilisation avec les systèmes DAB + ou DMB, de nouveaux schémas de codage tels que HE-AAC ou SBR ont été normalisés, voir le chapitre 3.

D'autres normes spécifient les procédures et testent les flux binaires pour les tests de conformité audio DAB [TS 101757], ou les interfaces audio pour la transmission dans la région du studio [IEC 60958], [IEC 61937]

SYSTEMES CONCEPTS

Dans le système de transmission DAB, plusieurs techniques avancées sont mises en œuvre, telles que la modulation multiporteuse OFDM, les codes convolutionnels perforés (RCPC) à débit compatible et l'entrelacement temps-fréquence. Dans le contexte du développement du DABþ (voir section 3.4.2) et du DMB (voir chapitre 9), la technique de concaténation des codes RCPC avec Reed-Solomon (RS) - Codes a été adoptée. Ici, nous ne donnons qu'un bref aperçu des techniques appliquées dans le système de transmission DAB. Une discussion plus détaillée de ces sujets en mettant l'accent sur les systèmes OFDM (y compris DAB) peut être

trouvé dans [Schulze, 2005]. Nous nous référons en outre aux manuels complets sur la transmission numérique [Benedetto, 1999], [Proakis, 2008], [Kammeyer, 2008].

Modulation multiporteuse

Pour faire face au problème des interférences intersymboles provoquées par de longs échos, le DAB utilise le type de modulation multiporteuse appelé OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex). L'idée simple derrière la modulation multiporteuse est de diviser le flux de données à haut débit en K flux de données parallèles à faible débit et de moduler chacun d'eux séparément sur sa propre (sous-) porteuse. Cela conduit à une augmentation

de la durée du symbole TS par un facteur K. Pour un K suffisamment élevé, il est possible de maintenir TS significativement plus longtemps que la durée de l'écho et de rendre le système moins sensible aux interférences intersymboles.

L'OFDM est un type de modulation multi-porteuses spectralement très efficace, car il minimise la séparation de fréquence entre les porteuses individuelles en permettant un certain chevauchement spectral contrôlé entre les porteuses, sans provoquer d'interférence de canal adjacent (ACI). Cela remonte à la propriété mathématique de l'orthogonalité qui a donné le nom à OFDM.

Il est facile de comprendre un signal OFDM s (t) comme une sorte de synthèse de signal par une série de Fourier finie définie par (voir expression)

Il est défini sur un intervalle (période de Fourier) de longueur T. Les coefficients de Fourier complexes zk portent les informations codées numériquement. Pour chaque intervalle de temps de longueur T, un autre ensemble de K + 1 informations portant des coefficients peut être transmis. Dans de nombreux systèmes pratiques

y compris DAB, le coefficient DC pour k = 0 ne sera pas utilisé (c'est-à-dire est mis à zéro) pour des raisons de mise en œuvre matérielle. La synthèse de Fourier peut être interprétée comme une modulation de chaque symbole de modulation complexe zk sur une onde porteuse complexe exp (j2pkt / T) de fréquence k / T (k = - 1, - 2,..., - K / 2). Le signal s (t) est le signal de bande de base complexe et doit être converti en un signal RF au moyen d'un modulateur en quadrature. Du côté du récepteur, l'analyse de Fourier du signal de bande de base complexe converti vers le bas produira les symboles complexes en utilisant la formule bien connue qui résulte de l'orthogonalité des ondes porteuses. L'analyse et la synthèse de Fourier seront mises en œuvre numériquement par les algorithmes FFT (Fast Fourier Transform) et IFFT (Inverse FFT). La chaîne de transmission est illustrée à la figure 2.4.

La partie du signal OFDM qui transmet les K coefficients complexes zk est appelée symbole OFDM.

Pour rendre la transmission plus robuste contre les échos longs, la période de symbole OFDM TS sera rendue plus longue que la période de Fourier T par un soi-disant préfixe cyclique ou intervalle de garde de longueur D simplement par suite cyclique du signal. Une erreur de synchronisation inférieure à D ne conduira alors qu'à un déphasage dépendant de la fréquence mais constant

Les échos sont des superpositions de signaux mal synchronisés et ne causeront aucune interférence intersymbole, mais un phaseur constant, tant que les retards sont plus petits que D.Pour le DAB, la modulation différentielle en quadrature (DQPSK) est utilisée pour que cette phase constante s'annule au démodulateur.

La longueur de TS est limitée par l'exigence que les fluctuations de phase doivent être faibles (équation 2.3).

En revanche, les échos longs nécessitent un long intervalle de garde et un TS long. Pour garder le système flexible pour différentes situations physiques, quatre modes de transmission (TM) avec différents jeux de paramètres ont été définis, voir le tableau 2.3.

FRAME STRUCTURE

Pour chaque mode de transmission, une trame de transmission est définie au niveau du signal physique comme une structure à répétition périodique de symboles OFDM qui remplissent certaines tâches pour le flux de données. C'est une caractéristique importante du système DAB (et contrairement au système DVB) que les périodes de temps au niveau physique et au niveau logique (données) correspondent à la transmission audio. La période TF de la trame de transmission est soit la même que la longueur de trame MPEG-1 et MPEG-2 Audio Layer II de 24 ms ou un multiple entier de celle-ci. Par conséquent, le flux de données audio n'a pas besoin de sa propre synchronisation. Cela garantit une meilleure stabilité de synchronisation, en particulier pour la réception mobile.

La structure de TM II est la plus simple et sera donc décrite en premier. La longueur de la trame de transmission est de 24 ms. Ses deux premiers symboles OFDM constituent le canal de synchronisation (SC). Les trois symboles OFDM suivants transportent les données du Fast Information Channel (FIC) qui contient des informations sur la structure du multiplex et les programmes transmis. Les 72 symboles OFDM suivants transportent les données du canal de service principal (MSC). Le MSC.. transporte des informations utiles, telles que des données audio ou d'autres services. La figure 2.5 montre la structure de la trame de transmission. Il est également valable pour les MT I et IV.

Tous ces symboles OFDM dans une trame de transmission de TM II ont la même durée TS = 312 ms, à l'exception du premier. Ce soi-disant symbole nul de longueur TNull 324 ms doit être utilisé pour la synchronisation en temps approximatif. Le signal est mis à zéro (ou presque à zéro) pendant ce temps pour indiquer physiquement le début d'une trame de transmission. Le deuxième symbole OFDM du SC est appelé le symbole TFPR (Time Frequency – Phase Reference). Les coefficients de Fourier complexes zk ont ​​été choisis de manière sophistiquée pour que ce symbole serve de référence de fréquence ainsi que d'estimation de canal pour le réglage fin de la synchronisation temporelle. De plus, c'est la phase de démarrage de la modulation de phase différentielle. Chacun des symboles OFDM suivants porte 384 symboles DQPSK correspondant à 768 bits (y compris la redondance pour la protection contre les erreurs, voir ci-dessous). Les trois symboles OFDM du FIC portent 2304 bits. Parce qu'ils sont hautement protégés avec un code de taux 1/3, il ne reste que 768 bits de données. Les données FIC de chaque trame de transmission peuvent être décodées immédiatement sans référence aux données d'autres trames de transmission, car ces informations les plus importantes ne doivent pas être retardées. Les 72 symboles OFDM du MSC transportent 55 296 bits, y compris la protection contre les erreurs. Cela correspond à un débit de données (brut) de 2,304 Mbps. La capacité de données de 55 296 bits dans chaque

La période de 24 ms est organisée en unités dites de capacité (UC) de 64 bits. Dans le MSC, de nombreux programmes audio et autres services de données utiles sont multiplexés ensemble. Étant donné que chacun d'eux a sa propre protection contre les erreurs, il n'est pas possible de définir un débit de données net fixe du système DAB.

Les trames de transmission des TM I et IV ont exactement la même structure. Etant donné que les symboles OFDM sont plus longs d'un facteur de 4 ou 2, respectivement, la longueur de trame de transmission est de 96 ms ou 48 ms. Le nombre de bits dans le FIC et le MSC augmente du même facteur, mais le débit de données est toujours le même.

Pour TM III, la durée de trame est TF = 24 ms. Huit symboles OFDM portent le FIC et 144 symboles OFDM portent le MSC. Le débit de données du FIC est plus élevé d'un facteur 4/3 par rapport aux autres modes. Le MSC a toujours le même débit de données.

Pour les quatre modes de transmission, le MSC transporte 864 UC en 24 ms. Il existe une trame de données de 864 UC = 55 296 bits communs à tous les modes de transmission, appelée trame entrelacée commune (CIF). Pour les TM II et III, il y a exactement un CIF à l'intérieur de la trame de transmission. Pour TM I, il y a quatre CIF dans une trame de transmission de 96 ms. Chacun d'eux occupe 18 symboles OFDM ultérieurs du MSC. Le premier est situé dans les 18 premiers symboles, etc. Pour TM IV, il y a deux CIF dans une trame de transmission de 48 ms. Chacun d'eux occupe 36 symboles OFDM ultérieurs du MSC.

Codage des canaux

2.2.3.1 Codage convolutionnel des trames logiques

Le système DAB permet une grande flexibilité dans le choix de la protection contre les erreurs appropriée pour différentes applications et pour différents canaux de transmission physiques. En utilisant des codes convolutionnels perforés compatibles avec le débit (RCPC) introduits par [Hagenauer, 1988], il est possible d'utiliser des codes de redondance différente sans avoir besoin de décodeurs différents. On a une famille de codes RCPC provenant d'un code convolutionnel de bas débit qui est appelé le code mère. Les codes filles seront générés en omettant des bits de redondance spécifiques. Cette procédure est appelée perforation.

Le récepteur doit savoir quels bits ont été perforés. Un seul décodeur Viterbi pour le code mère est nécessaire. Le code mère utilisé dans le système DAB est défini par les générateurs (133,171,145,133) en notation octale. Le codeur est représenté sous forme de diagramme à registre à décalage sur la figure 2.6.

Codage des canaux

2.2.3.1 Codage convolutionnel des trames logiques

Le système DAB permet une grande flexibilité dans le choix de la protection contre les erreurs appropriée pour différentes applications et pour différents canaux de transmission physiques. En utilisant des codes convolutionnels perforés compatibles avec le débit (RCPC) introduits par [Hagenauer, 1988], il est possible d'utiliser des codes de redondance différente sans avoir besoin de décodeurs différents. On a une famille de codes RCPC provenant d'un code convolutionnel de bas débit qui est appelé le code mère. Les codes filles seront générés en omettant des bits de redondance spécifiques. Cette procédure est appelée perforation.

Le récepteur doit savoir quels bits ont été perforés. Un seul décodeur Viterbi pour le code mère est nécessaire. Le code mère utilisé dans le système DAB est défini par les générateurs (133,171,145,133) en notation octale. Le codeur est représenté sous forme de diagramme à registre à décalage sur la figure 2.6.

Le code mère a le débit de code R c = 1/4, c'est-à-dire que pour chaque bit de données ai, l'encodeur produit quatre bits codés x0, i, x1, i, x2, i et x3, i. Par exemple, la sortie du codeur correspondant aux huit premiers bits de données peut être donnée par quatre trains de bits parallèles écrits dans la matrice suivante (premier bit sur le côté gauche):

Un code de taux 1/3 ou 1/2, respectivement, peut être obtenu en omettant la dernière ou les deux dernières lignes de la matrice. Un code de taux 2/3 (= 8/16) peut être obtenu en omettant les deux dernières colonnes et tous les deux bits dans la deuxième colonne. Si nous ombrons chaque bit omis (perforé), nous obtenons la matrice:

Le côté diffusion

Cette section explique le côté diffusion du DAB sans aborder la question de la livraison du signal aux différents sites de transmission du réseau, car elle a été traitée dans le chapitre précédent. Les réseaux de transmission DAB peuvent avoir des réseaux nationaux, régionaux ou locaux

couverture. En fonction des besoins nationaux, géographiques et financiers spécifiques, des fréquences de bande III ou de bande L peuvent être utilisées pour ces réseaux.

Le reste de ce chapitre est structuré comme suit: la section 7.2 donne une introduction aux réseaux DAB, mettant en évidence les principales différences entre les réseaux DAB et les réseaux FM conventionnels et expliquant le concept d'un réseau monofréquence (SFN). Les particularités des SFN sont ensuite décrites dans la section 7.3. Les équipements nécessaires sur le site de l'émetteur pour configurer les SFN et les spécificités associées sont présentés dans la section 7.4. La section 7.5 traite des limitations des canaux de transmission dues à la propagation du signal RF, illustre

raisons du choix de la bande passante de 1,5 MHz pour le système DAB et décrit le modèle de propagation utilisé avec le système DAB. La section 7.6 suivante traite des aspects à prendre en compte lors de la planification de réseaux avec une couverture SFN et la section 7.7 traite des questions d'évaluation et de surveillance de la couverture pour les SFN. Enfin, les aspects de la gestion des fréquences et de l'attribution des fréquences pour les réseaux DAB sont traités au point 7.8.

Introduction aux réseaux DAB

7.2.1 Différence entre les réseaux FM et DAB

La planification des réseaux de transmission pour la radiodiffusion FM est basée sur le concept de réseaux multifréquences (MFN). Dans un MFN, les émetteurs adjacents rayonnent le même programme mais fonctionnent sur des fréquences différentes pour éviter les interférences des signaux

les zones de couverture de différents émetteurs se chevauchent. Les récepteurs FM de base ne peuvent pas faire face aux signaux parasites provenant d'autres émetteurs du même réseau utilisant les mêmes fréquences ou des fréquences proches. La planification de la couverture d'un réseau FM nécessite une planification des fréquences pour les différents sites d'émetteurs, afin d'optimiser l'utilisation de la ressource rare: les fréquences RF.

Le DAB, en revanche, autorise les réseaux à fréquence unique (SFN), où tous les émetteurs du réseau transmettent exactement les mêmes informations sur la même fréquence. La condition principale pour un SFN fonctionnel est que tous les émetteurs soient synchronisés les uns aux autres en fréquence et respectent certaines exigences de retard qui seront expliquées plus loin dans

ce chapitre. La planification de la couverture d'un réseau DAB nécessite une planification des délais entre les différents émetteurs au lieu d'une planification des fréquences comme dans le cas de la FM.

La capacité SFN du DAB permet une couverture complète de très grandes régions sans que le récepteur doive se régler sur une fréquence différente tout en se déplaçant dans la zone.

Contrairement à la radiodiffusion FM, DAB transmet généralement cinq à sept programmes différents dans un seul ensemble sur une fréquence et tous les programmes contenus dans ce multiplex partagent la même zone de couverture. Une distinction par zone de couverture n'est donc pas possible pour les stations de radio dont les programmes partagent le même multiplex.

Bien que cela soit possible en principe, il n'est pas conseillé dans un SFN d'introduire des fenêtres locales, c'est-à-dire des zones où certains émetteurs du SFN rayonnent un multiplex légèrement différent pour obtenir une variation de programme locale. Les fenêtres locales provoquent des problèmes pour le récepteur dans la zone de chevauchement des différents programmes du multiplex car il ne peut pas déterminer le programme à sélectionner. Le gain de flexibilité dans la planification des programmes locaux ne compenserait pas la perte globale de couverture du réseau.

La radio doit sûrement être le plus durable et le plus fiable de tous les médias électroniques. Non seulement elle a survécu à l'introduction de la télévision, mais elle a prospéré et s'est développée. Plus récemment, il a dû faire face à la concurrence d'Internet et du divertissement mobile sur les téléphones portables et les lecteurs MP3. Et pourtant, la radio survit et fleurit! Cela ne me surprend pas du tout. Pourquoi? Parce que la radio est une proposition simple, elle est disponible partout, elle ne coûte rien, tout ce que vous faites est de l'allumer et cela fonctionne. Pas de licences, pas de téléchargement, pas de choix compliqués, c'est live, toujours pertinent et engageant.

Va-t-il continuer à survivre? Mon point de vue - en tant qu’ingénieur radio, en tant que programmeur et en tant que diffuseur - est un «oui» très clair. Mais il doit passer au numérique pour offrir une expérience plus riche aux auditeurs qui en veulent plus, et travailler aussi bien ou mieux pour ceux qui sont satisfaits de la radio telle qu'ils la connaissent. Passer au numérique n'a pas été une voie facile, et certains pays ont sans aucun doute connu des difficultés tandis que d'autres ont connu un grand succès. Cependant, ce n'est pas un reflet de la technologie (sinon cela n'aurait pas fonctionné au Royaume-Uni, au Danemark ou en Corée, par exemple) mais est dû à la réglementation locale, à la politique et aux modèles commerciaux, qui doivent tous être adaptés à la radio à prospérer.

La famille DAB est désormais bien établie et la technologie sous-jacente s'est avérée robuste et flexible. Mais la technologie ne s'arrête pas et la famille de normes, collectivement dénommée «Eureka 147», comprend désormais la télévision mobile DMB et DAB + avec un codage audio AAC très efficace, sans parler des nouvelles technologies multimédias et des options de métadonnées mises à jour. Cela a permis à la radio numérique de suivre l'évolution des attentes des consommateurs et l'impact de la convergence des médias.

L'expérience traditionnelle d'un type de média consommé sur un appareil spécifique a disparu depuis un certain temps au point que nous nous attendons maintenant à voir du contenu télévisé sur presque tout avec un écran, qu'il s'agisse d'un téléviseur, d'une console de jeux, d'un lecteur MP4 ou un ordinateur. Ce changement dans la façon dont les gens s'attendent à consommer des médias a un effet profond sur les radiodiffuseurs et l'industrie des communications, et que WorldDMB et ses membres ont pu aborder.

DAB et DAB + offrent une expérience client identique centrée sur la radio, avec du texte, un diaporama, un EPG et d'autres fonctionnalités multimédias. DAB offre huit à dix services radio dans un multiplex de 1,5 MHz tandis que DAB + (utilisant HE AACv2) peut accueillir 20 à 30 services radio dans le même spectre. DMB est principalement une plate-forme de télévision mobile, partageant la même structure de multiplexage et de porteuse que DAB, mais il peut être utilisé pour un service de radio visuelle avec des propriétés multimédias similaires à DAB et DAB +.

Étant donné que toute combinaison de services DAB, DAB + et DMB peut coexister sur un ou plusieurs multiplexes, la famille Eureka 147 est désormais considérée comme une solution très rentable pour de nombreux diffuseurs qui souhaitent améliorer leurs services avec du contenu multimédia.

Les services sont désormais disponibles dans le commerce en Belgique, en Chine, au Danemark, en Allemagne, à Malte, en Norvège, à Singapour, en Corée du Sud, en Espagne, en Suisse et au Royaume-Uni. Pendant ce temps, l'Australie, la République tchèque, la France, le Ghana, Hong Kong, la Hongrie, l'Indonésie, l'Irlande, Israël, l'Italie, le Koweït, la Malaisie et le Vietnam diffusent déjà ou sont sur le point de démarrer des services sous licence à temps plein, avec de nombreux autres pays engagés dans la réussite

phases d'essai. Cette approbation de la technologie par tant de pays témoigne de la force de la technologie et des avantages convaincants qu'elle offre par rapport à d'autres options.

Bien entendu, il existe également d'autres moyens de transmettre la radio aux consommateurs, notamment Internet et les chaînes audio via la télévision numérique, mais pour une plate-forme gratuite de grande diffusion, la «famille Eurêka 147» reste le système de choix.

Le développement le plus passionnant depuis la dernière publication de ce manuel est peut-être la croissance remarquable des récepteurs grand public pour DAB et DMB, qui sont désormais nombreux et bon marché. Le marché compte déjà environ 250 modèles de récepteurs DMB différents, de toutes formes et de toutes tailles, de simples clés USB aux téléphones portables et même aux systèmes de navigation.

Il existe 1 000 récepteurs radio numériques différents de centaines de fabricants avec des prix à la consommation aussi bas que 25 $. Radios numériques offrant de nouvelles fonctionnalités telles que «pause et rembobinage», guides de programmes électroniques, images et

et le texte pour compléter l'audio est en train de devenir populaire, et il n'y a pas d'obstacles à l'intégration de la technologie dans d'autres appareils tels que les PMP et les téléphones portables grâce aux chipsets basse consommation avancés disponibles. C'est toujours la marque d'une technologie réussie et mature.

Le moteur de la croissance de la «famille Eureka 147» a été la demande des consommateurs de contenus multimédias interactifs et innovants. Aucune autre technologie ne peut offrir la combinaison unique de flexibilité de contenu requise par les diffuseurs, d'avantage de coût et d'évolutivité des réseaux de transmission, et la maturité des récepteurs, comme en témoignent le choix disponible et le faible coût de l'appareil. Les radiodiffuseurs et les fabricants répondent avec de nouvelles fonctionnalités et services, de nouvelles façons passionnantes d'utiliser la radio et de profiter de son contenu. La radio évolue rapidement pour devenir un mélange de contenu passif et actif, audio et multimédia, écouter en direct ou écouter plus tard, même un centre de réseautage social où les auditeurs peuvent partager la même expérience ensemble!

Tout radiodiffuseur qui souhaite vraiment interagir avec son public, quels que soient son âge, ses attentes et les demandes des médias, trouvera que la radio numérique reste, comme la radio traditionnelle, l'un des moyens les plus puissants d'atteindre les gens, quoi qu'ils fassent, où qu'ils se trouvent . Et la grande chose au sujet de la famille Eureka 147 est. . . «Ça fonctionne».