

Communications 5G : l'avenir commence aujourd'hui

Thomas Cameron *Analog Devices, Inc.*

Thomas Cameron, directeur Technologies Sans Fil d'Analog Devices, s'est récemment exprimé à propos des solutions et des initiatives lancées par la société en faveur des technologies de communications de cinquième génération (5G), ainsi que de leur avenir.

Parlons des communications 5G et de leur avenir.

Le cycle 5G est sur la bonne voie. De multiples essais ont déjà été effectués sur le terrain, et de nombreux autres ont lieu à travers le monde. Dans son récent rapport publié sous le titre « AG Trial Snapshot », l'association des fournisseurs de technologies mobiles GSA (Global mobile Supplier Association) indique que plus de 326 essais et démonstrations 5G distincts ont été identifiés à ce jour dans le monde, et que pas moins de 134 opérateurs mobiles ont annoncé des tests 5G dans 62 pays. Si nombre de ces campagnes d'essais sont axées sur la démonstration de l'accroissement des débits, la 5G introduit une certaine flexibilité, ainsi que de nouvelles fonctionnalités qui permettent de déployer de nouveaux scénarios d'utilisation. En outre, cette technologie de 5^e génération ouvre la voie à la norme de communications sans fil qui nous accompagnera jusqu'en 2030 et au-delà.

Aucun ralentissement n'est prévu dans la génération et la consommation de données mobiles, dans la mesure où le partage de vidéos devient omniprésent à tous les niveaux de notre société. Mais l'avenir de la connectivité passe également par la connexion avec le monde qui nous entoure au moment où nous entrons dans l'ère des machines. Nous sommes sur le point d'entrer dans une phase de transformation numérique qui va transformer en profondeur notre mode de vie, notre façon de travailler et la manière dont nous nous déplaçons au quotidien. Alors que les smartphones que nous utilisons actuellement constituent une interface entre l'homme et l'information, les appareils de demain communiqueront activement entre eux, indépendamment de toute interaction humaine, et surveilleront l'environnement qui nous entoure grâce à un très dense réseau de capteurs connectés. Au cœur de cette transformation numérique annoncée se trouvent des réseaux mobiles hautement performants qui connectent tout et tout le monde avec une grande fiabilité et un temps de latence minimale.

En tant qu'ingénieurs, nous avons tendance à nous focaliser sur les spécifications émergentes comme la bande passante ou le temps de latence. Or, la flexibilité constitue l'une des bases de la 5G. Si nous observons la manière dont les spécifications sont conçues, nous voyons que les formes d'onde sont définies pour une gamme de scénarios d'utilisation envisagés à l'heure actuelle, tout en anticipant des utilisations que personne n'a encore imaginées.

La 5G a pour ambitions de permettre trois cas d'utilisation majeurs :

- ▶ le haut débit mobile amélioré eMBB (*enhanced Mobile BroadBand*)
- ▶ les communications massives entre machines mMTC (*massive Machine Type Connectivity*)
- ▶ les communications ultra-fiables à faible temps de latence uRLLC (*ultraReliable Low Latency Communications*)

Actuellement, l'industrie de la 5G se concentre dans une large mesure sur l'amélioration de la bande passante mobile (eMBB), c'est à dire vers une capacité réseau élevée et un débit supérieur en utilisant des techniques de formation de faisceaux dans les spectres de bandes passantes moyennes et supérieures. Nous commençons également à voir émerger des cas d'utilisation qui, à l'image de l'automatisation industrielle, tirent parti des fonctionnalités à faible latence de l'architecture réseau 5G.

Comment la technologie radio contribue-t-elle à la 5G ?

L'amélioration de la bande passante mobile eMBB exige une augmentation du débit et une capacité réseau accrue. La capacité des stations de base cellulaires peut être accrue grâce à trois initiatives majeures : en acquérant un nouveau spectre de bande passante ; en augmentant la densité des stations de base ; et en améliorant le rendement spectral. Alors que de nouvelles fréquences sont rendues disponibles pour une utilisation mobile à travers le monde entier et que la densité des réseaux augmente grâce à l'ajout de petites cellules, il demeure impératif d'optimiser l'utilisation du spectre disponible. Ces dernières années, les systèmes MIMO massifs (*massive Multiple Input Multiple Output*) se sont imposés, car cette technologie permet d'améliorer considérablement l'efficacité spectrale. Le MIMO massif repose sur l'utilisation de nombreux éléments d'antenne active qui peuvent être adaptés de manière cohérente pour envoyer un signal avec précision à un utilisateur prédéfini dans l'espace, tout en contrôlant les interférences avec les autres utilisateurs. Combiné à des algorithmes de traitement du signal, le nombre élevé d'antennes permet aux systèmes de réutiliser les fréquences à une microéchelle, ce qui introduit un nouveau facteur dans l'équation de réutilisation des fréquences, l'espace étant désormais utilisé pour permettre à la station de base de transmettre des flux de données indépendants à plusieurs utilisateurs en même temps et dans le même spectre. Il en résulte une amélioration significative de l'efficacité spectrale, qui améliore considérablement le débit des cellules. La Figure 1 représente ce

type de système. L'antenne se présente physiquement comme un panneau sur lequel sont montés plusieurs radiateurs (élément d'antenne), derrière lesquels se trouve une chaîne de signaux radio.

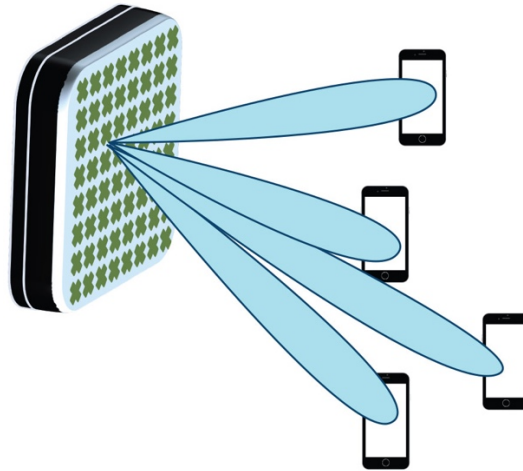


Figure 1. Système MIMO massif

Où en est la technologie MIMO massive ?

Les systèmes MIMO massifs ont montré qu'ils pouvaient multiplier par 3 à 5 le débit de transmission en données mobiles, tout en réservant d'autres améliorations potentielles. De nombreux opérateurs de téléphonie mobile à travers le monde ont mené des essais MIMO de grande envergure, et le déploiement commercial de cette technologie devrait démarrer entre 2019 et 2020 pour les tout premiers opérateurs au profit des zones les plus congestionnées de leurs réseaux. Ensuite, à mesure que la technologie MIMO massive évoluera et que de nouvelles fonctionnalités seront ajoutées aux normes sans fil 3GPP, ce format de communications radio devrait gagner les réseaux mobiles du monde entier.

Quels sont les nouveaux défis pour les ingénieurs ?

Dans les systèmes MIMO massifs, nous ajoutons de nombreux canaux radio pour passer des unités radio TDD (duplex à répartition dans le temps) classiques à 8 émetteurs/8 récepteurs (8T8R) à un système 64T64R. Les systèmes MIMO massifs permettent d'améliorer de façon significative la capacité des stations de base, mais au prix d'une augmentation de la complexité des unités radio. Les déploiements radio historiques utilisent des armoires d'antennes passives alimentées par des unités radio déportées (RRH) sur câbles. La structure physique de systèmes MIMO massifs repose sur une architecture d'antenne active où les chaînes de signaux radio actifs sont à présent intégrées dans l'ensemble antenne. Étant donné que ces systèmes radio sont généralement montés sur des pylônes ou des poteaux, la taille et le poids autorisés des systèmes d'antenne actifs sont limités. Si la taille de l'antenne est dictée par l'espacement entre les éléments de l'antenne, la consommation d'énergie en courant continu représente également un facteur clé qui influe sur le poids du système. Le concepteur radio doit ainsi relever de nombreux défis techniques pour atteindre les performances requises tout en se pliant aux contraintes de taille, de poids et de consommation d'énergie.

Comment les produits d'Analog Devices facilitent-ils le passage à la 5G ? Quelles sont les dernières solutions pour les développements radio ?

Il existe plusieurs approches pour réduire les dimensions, le poids et la consommation d'énergie du système radio, l'approche la plus courante utilisant l'intégration des circuits et la loi de Moore pour réduire les dimensions et améliorer le rendement énergétique. Pour résoudre ces problèmes majeurs, Analog Devices encourage une approche au niveau système. Si elle représente indubitablement la voie la plus directe vers une réduction des dimensions, l'intégration ne permet pas à elle seule d'atteindre les objectifs. Cependant, si nous partitionnons le système et optimisons l'architecture pour faciliter l'intégration, le résultat obtenu est impressionnant. Par exemple, si nous partons d'une architecture radio qui permet de réduire et/ou d'éliminer les filtres de grande taille et autres éléments passifs, la solution obtenue sera globalement plus performante. À titre d'exemple, l'adoption d'une architecture sans fréquence intermédiaire (zéro FI) permet de minimiser la complexité et la consommation d'énergie du système, ainsi que d'atteindre un haut niveau d'intégration des fonctions radio.

Notre gamme d'émetteurs-récepteurs radio CMOS intégrés basés sur l'architecture zéro-FI affiche un haut niveau d'intégration qui réduit de façon significative la taille, le poids et la consommation électrique de l'ensemble du système radio. Outre les émetteurs-récepteurs radio CMOS, ADI commercialise une large gamme de composants RF de haute performance pour les chaînes de signaux radio frontaux, des fonctions de surveillance et de contrôle haute précision, ainsi que des circuits de gestion d'énergie à haut rendement.

Analog Devices propose notamment les émetteurs-récepteurs [AD9375](#) et le tout récent [ADRV9009](#). En 2017, nous avons

annoncé sous la référence AD9375 le premier émetteur-récepteur RF à intégrer l'algorithme de prédistorsion numérique (DPD) spécialement conçu pour réduire la consommation d'énergie en émission pour les réseaux à petites cellules radio et les systèmes à antenne active. « *Le repartitionnement du système DPD entre le circuit logique programmable sur site (FPGA) et l'émetteur-récepteur permet de réduire de moitié le nombre de voies d'interface de données série JESD204B. Les économies d'énergie réalisées sont spectaculaires, en raison notamment de l'augmentation du nombre d'antennes par station de base* ». ¹

Récemment, ADI a poursuivi le développement de sa technologie [RadioVerse™](#) et élargi son écosystème de conception avec l'ajout de l'émetteur-récepteur RF qui opère dans la bande passante la plus large de l'industrie, l'ADRV9009, qui fournit aux concepteurs une plateforme radio unique pour accélérer le déploiement de la 5G, tout en maintenant la couverture des réseaux 2G/3G/4G et en simplifiant la conception des radars à commande de phase.

L'émetteur-récepteur RF ADRV9009 se caractérise par une bande passante deux fois plus large (200 MHz) que les circuits de précédente génération et remplace jusqu'à 20 composants, diminuant ainsi la consommation de moitié et les dimensions du boîtier jusqu'à 60 %. L'ADRV9009 intègre la synchronisation de phase multicircuits entre oscillateurs locaux (LO) internes, ce qui simplifie la conception d'antennes à formation de faisceau numérique de haute performance tout en réduisant les dimensions, le poids et la consommation d'énergie.

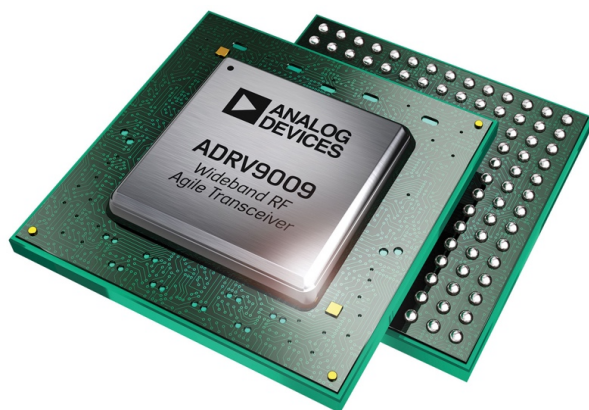


Figure 2. Opérant dans la plage de fréquence la plus large de l'industrie, cet émetteur-récepteur RF accélère le développement des stations de base et des radars à antenne à balayage électronique.

Comment la technologie sans fil RadioVerse d'Analog Devices accélère-t-elle la 5G ?

La technologie RadioVerse incarne la façon dont nous avons utilisé notre approche système pour apporter de la valeur à nos clients. Notre gamme complète de produits mixtes « numérique-radiofréquence », alliée à notre expertise au niveau système, nous permet d'être bien plus qu'un simple fournisseur et de nous positionner comme un véritable partenaire qui aide ses clients à résoudre leurs problèmes les plus complexes. Par exemple, en accédant à l'écosystème RadioVerse sur notre site Web, les clients peuvent rapidement passer du concept au prototype et, à terme, à la production.

Qu'ils utilisent nos émetteurs-récepteurs hautement intégrés ou notre gamme de convertisseurs de données et de circuits RF de pointe pour concevoir leurs projets, la technologie RadioVerse fournit à nos clients des informations techniques complètes, des topologies de référence, des logiciels et des outils qui les accompagnent tout au long du processus de conception. Grâce à la communauté d'assistance technique EngineerZone™, à ses forums d'entraide et ses blogs, les concepteurs peuvent interagir avec nos experts techniques et obtenir rapidement la solution à leurs problèmes de conception.

La topologie de référence à petites cellules AD9375 est un autre exemple de ce que propose l'écosystème RadioVerse. La topologie de référence présentée en figure 3 réunit tous les composants nécessaires pour constituer une solution radio à petites cellules, de l'interface SERDES jusqu'à l'antenne. Ce design est adapté aux petites cellules utilisées en intérieur avec une puissance de sortie de 250 mW en 2T2R par antenne. Tous les composants radio sont intégrés sur la carte — émetteur-récepteur AD9375 avec pré-distorsion numérique (DPD), amplificateur de puissance (PA) haut rendement, amplificateurs faible bruit (LNA), filtres et alimentation. Également très compacte, cette solution dont la consommation d'énergie est inférieure à 10 W tient confortablement dans la paume de la main. Une alimentation 12 V unique alimente la carte et un kit d'évaluation se connecte directement à un sous-système en bande de base pour permettre aux concepteurs de réaliser rapidement un prototype.



Figure 3. Topologie de référence.

Sur le plan commercial, où en est la 5G ?

Fin 2017, le 3GPP a publié la première spécification 5G NR (version 15). Cette spécification « non standalone », première étape d'un long processus qui mènera à la 5G, a donné aux fabricants de systèmes sur puce la possibilité de faire un pas en avant en permettant aux modems de prendre en charge la disponibilité des téléphones 5G en 2019. Récemment, une autre étape importante a été annoncée par le 3GPP concernant la finalisation de la spécification 5G NR (New Radio) « standalone », qui permettra de déployer des réseaux 5G NR de façon indépendante. Bien que le spectre disponible varie d'une région à l'autre, les déploiements 5G devraient être commercialisés en 2020, les consommateurs pouvant alors commencer à bénéficier des premiers avantages de cette technologie. Nous nous attendons à ce que les systèmes MIMO massifs 5G utilisent le spectre en moyenne bande dans de nombreuses régions, préalable aux déploiements en ondes millimétriques qui se multiplieront à mesure que cette technologie évoluera. Dans tous les scénarios de déploiement, que ce soit en bande basse, en moyenne bande ou en ondes millimétriques, ADI fournit à ses clients un portefeuille technologique solide et en constante évolution afin de leur permettre de demeurer à la pointe des possibilités en 5G.

Références

¹ [“Analog Devices Lays Foundation for 4G to 5G Migration with Expanded RadioVerse Wireless Technology and Design Ecosystem.”](#) Analog Devices, Inc., juin 2017

À propos de l'auteur

Thomas Cameron est responsable Technologie Sans Fil chez Analog Devices. À ce titre, il contribue à l'innovation dans le domaine des circuits intégrés pour stations de base cellulaires. Il travaille actuellement à la recherche et au développement de technologies radio pour les systèmes 5G dans les bandes de fréquences cellulaires et millimétriques. Avant d'occuper son poste actuel chez Analog Devices, Thomas assumait les fonctions de directeur de l'ingénierie systèmes pour la business unit Communications.

Thomas affiche plus de 30 ans d'expérience en R&D dans les technologies pour réseaux de télécommunications, telles que les stations de base cellulaires, les radios hyperfréquences et les systèmes câblés. Avant de rejoindre Analog Devices en 2006, il a dirigé le développement d'une vaste gamme de systèmes et de technologies RF chez Bell Northern Research, Nortel, Sirenza Microdevices et WJ Communications.

Thomas est titulaire d'un doctorat en ingénierie électrique du Georgia Institute of Technology. Il est l'auteur de sept brevets en technologies sans fil et a publié de nombreux articles et documents techniques.