

Avant-propos

L'objectif de cet ouvrage est de présenter de manière synthétique le déploiement de la 5G-NSA et de la 5G-SA.

Pour le mode 5G-NSA, l'établissement de la double connectivité MR-DC s'appuie sur des mesures radioélectriques permettant à la station de base maîtresse MeNB d'ajouter ou de supprimer un nœud secondaire 5G.

Pour le mode 5G-SA, le lecteur découvrira les procédures d'enregistrement et d'établissement de session PDU en prenant en compte la mobilité de l'utilisateur (*handover*).

En s'appuyant sur les spécifications 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*) correspondantes, l'ouvrage décrit l'architecture du réseau d'accès radioélectrique NG-RAN et l'interface radioélectrique 5G-NR.

L'interface radioélectrique 5G-NR a été introduite dans la *Release 15*.

L'interface radioélectrique 5G-NR est l'interface entre le mobile UE (*User Equipment*) et le réseau de mobiles 5GC (*5G Core*).

Le chapitre 1 présente l'architecture de déploiement 5G-NSA et 5G-SA. L'ouvrage décrit les entités de l'accès radioélectrique et les fonctions du cœur de réseau 5G-SA en présentant les fonctions supportées par l'accès radioélectrique et le cœur de réseau 5GC.

Afin de préparer la virtualisation du RAN, les protocoles radioélectriques de l'entité gNB sont supportés par deux unités : une unité centralisée et une unité distribuée. Cette séparation crée ainsi de nouvelles interfaces sur l'accès radioélectrique (interfaces F1).

Le chapitre 2 présente les interfaces entre les entités de l'accès radioélectrique NG-RAN. L'ouvrage décrit l'architecture protocolaire sur l'interface Xn, l'interface NG et l'interface F1 ainsi que les procédures permettant la gestion des interfaces du réseau NG-RAN.

À l'instar de l'évolution 4G CUPS (*Control User Plane Separation*), l'architecture réseau 5G sépare le plan de contrôle du plan utilisateur. Les architectures 5G-NSA et 5G-SA seront décrites en détaillant les interfaces et les applications entre les entités de l'accès radioélectrique et entre l'accès radioélectrique et le cœur réseau (interfaces NG).

Le chapitre 3 présente les procédures générales du mode 5G-NSA et 5G-SA. L'ouvrage décrit les procédures au niveau du réseau d'accès radioélectrique concernant la recherche de la cellule, l'établissement d'un support, la gestion de la mobilité, la gestion du nœud secondaire, la gestion d'un faisceau et les procédures vers le cœur de réseau comme l'attachement et l'établissement de sessions.

L'interface radioélectrique 5G NR se différencie du LTE par une gestion plus flexible du spectre radioélectrique. La flexibilité s'obtient dans le domaine temporel par une numérotique des trames et dans le domaine fréquentiel par une allocation de sous-bandes de partitionnement BWP. Dans l'objectif d'apporter le minimum de contraintes aux évolutions futures, la gestion de la bande radioélectrique est épurée. L'ouvrage décrit la correspondance des signaux de référence et des canaux physiques sur l'interface radioélectrique 5G.

L'objectif de la 5G est d'apporter un plus grand débit aux utilisateurs. La technologie des antennes actives sera présentée ainsi que les modes de transmissions. Nous présenterons dans cet ouvrage le multiplexage spatial dans les bandes radioélectriques 5G (FR1 et FR2) en détaillant des modèles de transmission sur des antennes à panneau simple et multiple, nécessitant de nouvelles mesures du canal radioélectrique CSI.

Pour obtenir un débit de 20 Gbit/s pour le sens descendant et 10 Gbit/s pour le sens montant, l'interface radioélectrique 5G-NR présente les caractéristiques suivantes :

- la bande passante maximale du canal radioélectrique est de 100 MHz pour la bande FR1 et de 400 MHz pour la bande FR2 ;
- l'agrégation de porteuses permet d'agréger 1 GHz de bande ;
- la modulation 256-QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*) ;
- le mode de transmission MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) 8×8 pour le sens descendant.

Le chapitre 4 présente la couche physique 5G-NR. L'ouvrage décrit les formes d'ondes sur le lien montant et descendant, les modes de multiplexage, les bandes de fréquences 5G et la trame radioélectrique. Les signaux de références CSI-RS, DM-RS, PT-RS, RIM-RS et les signaux physiques de synchronisation sont détaillés. Les canaux physiques pour le lien montant PRACH, PUSCH, PUCCH et descendant PBCH, PDSCH, PDCCH sont également présentés. L'ouvrage détaille également la correspondance des canaux physiques et signaux physiques sur les éléments de ressource.

Le chapitre 5 présente les mécanismes de la couche physique pour améliorer le débit et la couverture. L'ouvrage décrit le mode SUL, le mécanisme d'agrégation de porteuses et les différentes options, la double connectivité et le partage du spectre pour une co-existence 4G/5G.

Le chapitre 6 présente les mécanismes de transmission MIMO permettant d'améliorer la robustesse de la transmission (diversité), le débit (SU-MIMO, MU-MIMO) et la réduction des interférences (*beamforming*). L'ouvrage décrit l'évolution des capacités antennaires du MIMO au massive-MIMO et les mécanismes de transmission simple panneau ou multipanneau. La procédure de gestion du faisceau et l'amélioration des débits sont décrites avec l'usage du livre de code pour le lien montant et descendant.

Le chapitre 7 présente le partitionnement de la bande 5G. L'ouvrage décrit la partition de bande initiale et la commutation de bandes BWP permettant au mobile de camper sur une cellule et, sous le contrôle de la station de base, d'adapter ses capacités radioélectriques à la charge de trafic. Dans ce chapitre, l'ouvrage décrit la zone de recherche et les éléments de ressource de contrôle CORESET.

Le chapitre 8 présente la couche liaison de données. L'ouvrage décrit les différentes sous-couches SDAP, PDCP, RLC, MAC en présentant leur rôle fonctionnel et les services apportés. Pour chacune des sous-couches, l'ouvrage détaille la structure du protocole.

Le chapitre 9 présente les messages émis par la couche RRC : les informations de diffusion, la gestion de la connexion, la configuration des mesures. L'ouvrage détaille les messages MIB et SIB, les procédures d'établissement du lien radioélectrique et la mobilité du mobile ainsi que les éléments à mesurer.

Cet ouvrage est structuré en 9 chapitres résumés dans le tableau 1.

Chapitre	Thème	Contenu
1	L'architecture du réseau NG-RAN	Les modes de déploiement (NSA/SA) L'architecture générale 5G Les identités du réseau d'accès La qualité de service et le découpage du réseau
2	L'architecture protocolaire NG-RAN	L'interface radioélectrique La décomposition fonctionnelle eCPRI Les protocoles de l'interface Xn Les protocoles de l'interface NG Les protocoles de l'interface F1 Les procédures NG-RAN
3	Les procédures sur l'accès radioélectrique	La recherche de cellule L'accès aléatoire Le transfert de données L'établissement de session La gestion d'un nœud secondaire La gestion de faisceau L'attachement
4	La couche physique de l'interface 5G-NR	Le plan de fréquence La structure de multiplexage Les signaux de référence : PSS, SSS, CSI RS, PT RS, RIM RS Les signaux physiques : PSS, SSS Les canaux physiques : PBCH, PDCCH, PDSCH, PMCH, PUSCH, PUCCH, PRACH
5	Les opérations sur les bandes de fréquences	L'agrégation de porteuses Le mode SUL La double connectivité
6	L'architecture multi-antennes	SU-MIMO et MU-MIMO <i>Beamforming</i> Massive-MIMO Les ports d'antennes Les rapports de mesure du canal La gestion des faisceaux

Chapitre	Thème	Contenu
7	Le partitionnement de bande	BWP initiale CORESET#0 La commutation de BWP
8	La couche de liaison de données	Le protocole SDAP Le protocole PDCP Le protocole RLC Le protocole MAC Les structures des protocoles
9	Le protocole RRC	Les informations système Le contrôle de la connexion Les mesures Le contrôle de la diffusion

Tableau 1. Description sommaire des chapitres