

Table des matières

Avant-propos	1
Chapitre 1. Le réseau NG-RAN : l'architecture fonctionnelle	7
1.1. Les modes de déploiement	7
1.1.1. L'option 3	10
1.1.2. L'option 4	11
1.1.3. L'option 7	12
1.2. La description du réseau NG-RAN	13
1.2.1. Le réseau d'accès radioélectrique NG-RAN	14
1.2.2. La fonction AMF	16
1.2.3. La fonction SMF	17
1.2.4. La fonction UPF.	18
1.3. La séparation fonctionnelle entre l'interface radioélectrique NG-RAN et le cœur réseau 5G	18
1.3.1. Les identités du mobile UE	20
1.3.1.1. L'identité du mobile UE au niveau de la fonction AMF	20
1.3.1.2. L'identité du mobile UE au niveau de l'accès radioélectrique NG-RAN.	22
1.3.2. La mobilité du mobile UE.	23
1.3.2.1. La mobilité du mobile UE en mode veille	23
1.3.2.2. La mobilité du mobile UE en mode inactif.	24
1.3.2.3. La mobilité du mobile UE en mode connecté	24
1.4. L'ordonnancement et la qualité de service	26
1.4.1. L'ordonnancement	26
1.4.2. La prise en charge de la qualité de service sur le lien radioélectrique	27

1.5. L'architecture de sécurité.	31
1.6. Le découpage du réseau : <i>Network Slicing</i>	33
1.7. Spécifications techniques.	36
Chapitre 2. Le réseau NG-RAN : l'architecture protocolaire	37
2.1. L'architecture protocolaire de l'interface radioélectrique.	37
2.1.1. La pile protocolaire sur l'interface Uu.	38
2.1.2. L'architecture protocolaire sur l'interface Xn	41
2.1.2.1. Les fonctions du plan de contrôle	43
2.1.2.2. Les fonctions du plan utilisateur	43
2.1.3. L'architecture protocolaire sur l'interface F1	44
2.1.3.1. Les fonctions du plan de contrôle F1-C.	48
2.1.3.2. Les fonctions du plan utilisateur F1-U	49
2.1.4. La pile protocolaire sur l'interface NG	49
2.1.4.1. L'interface NG-C.	51
2.1.4.2. L'interface NG-U.	52
2.2. Les procédures sur le réseau d'accès radioélectrique	52
2.2.1. Les procédures XnAP	52
2.2.1.1. Les procédures de mobilité	53
2.2.1.2. La double connectivité.	54
2.2.1.3. Les procédures globales	55
2.2.2. Les procédures sur l'interface F1.	55
2.2.2.1. Les procédures de gestion de l'interface F1	57
2.2.2.2. La double connectivité.	57
2.2.2.3. Les procédures globales.	57
2.2.3. Les procédures NG-AP	57
2.2.3.1. Les procédures de gestion de la session PDU	60
2.2.3.2. Les procédures de gestion de contexte du terminal	60
2.2.3.3. Les procédures de mobilité	60
2.2.3.4. Les procédures de notification	61
2.2.3.5. Les procédures de transport de messages NAS	62
2.2.3.6. Les procédures globales	62
2.3. Les identités des protocoles d'applications XnAP et NG-AP	63
2.4. Spécifications techniques.	63
Chapitre 3. Le réseau NG-RAN : les procédures.	65
3.1. Les procédures générales du mode non autonome 5G-NSA	65
3.1.1. La procédure de recherche de cellule LTE	66

3.1.2. La procédure d'accès aléatoire au canal	68
3.1.2.1. L'accès aléatoire avec collision	68
3.1.2.2. L'accès aléatoire sans collision dans le cas de changement de cellule.	70
3.1.3. Le transfert des données	72
3.1.3.1. La procédure d'établissement de session sur le réseau d'accès radioélectrique 4G	72
3.1.3.2. L'établissement de la double connectivité – option 3x	74
3.1.3.3. Le changement d'un nœud secondaire	75
3.1.4. Le retrait d'un nœud secondaire	77
3.2. Les procédures générales du mode autonome 5G-SA	78
3.2.1. La procédure d'accès aléatoire initiale et de gestion du faisceau	78
3.2.2. L'établissement de la connexion radioélectrique	82
3.2.3. La demande d'enregistrement.	83
3.2.3.1. L'identification et authentification mutuelle	83
3.2.3.2. L'accès aux services et enregistrement	84
3.2.3.3. La description de la procédure d'enregistrement	85
3.2.3.4. La procédure de ré-allocation de la fonction AMF	90
3.2.4. La procédure d'établissement d'une session PDU	94
3.2.4.1. La procédure d'établissement de session	95
3.2.4.2. La continuité de service de session	97
3.3. Spécifications techniques.	99

Chapitre 4. L'interface radioélectrique 5G-NR :

la couche physique	101
4.1. L'interface radioélectrique 5G-NR	101
4.1.1. La forme d'onde OFDM	101
4.1.2. Les bandes de fréquences et les modes de duplexage	103
4.1.3. La numérologie de trame	105
4.1.4. La trame temporelle	106
4.2. Les configurations en mode TDD.	108
4.2.1. La configuration statique de la transmission associée à la cellule	109
4.2.2. La configuration statique de la transmission spécifique au mobile	110
4.2.3. La configuration dynamique de la transmission pour un groupe de mobiles	110
4.3. Les ressources physiques.	111
4.3.1. La grille de ressources	111
4.3.2. Le bloc de ressources et le partitionnement de bande BWP	112
4.4. Les signaux et canaux physiques	114

4.4.1. Les signaux physiques et les signaux de référence	114
4.4.2. Les canaux physiques	115
4.4.2.1. Le sens descendant	115
4.4.2.2. Le sens montant	116
4.5. La transmission dans le sens descendant	116
4.5.1. Les signaux de synchronisation	116
4.5.1.1. Le signal physique PSS	117
4.5.1.2. Le signal physique SSS	118
4.5.1.3. Le canal physique PBCH	118
4.5.1.4. Le mappage du bloc SSB	119
4.5.2. Les signaux physiques de référence	120
4.5.2.1. Le signal physique CSI-RS	120
4.5.2.2. Les signaux physiques DM-RS et PT-RS	124
4.5.2.3. Le signal physique PRS	130
4.5.2.4. Le signal physique RIM-RS	133
4.5.3. Les canaux physiques de contrôle et de données	134
4.5.3.1. Le canal physique PDCCH	134
4.5.3.2. Le canal physique PDSCH	138
4.6. La transmission dans le sens montant	142
4.6.1. Les signaux physiques de référence	143
4.6.1.1. Le signal physique SRS	143
4.6.1.2. Le signal DM-RS associé au canal PUSCH	144
4.6.1.3. Le signal DM-RS associé au canal PUCCH	146
4.6.1.4. Le signal physique PT-RS	148
4.6.2. Les canaux physiques	149
4.6.2.1. Le canal physique PRACH	149
4.6.2.2. Le canal physique PUCCH	152
4.6.2.3. Le canal physique PUSCH	154
4.7. Spécifications techniques	154

Chapitre 5. L'interface radioélectrique 5G-NR : les opérations sur les bandes de fréquences 157

5.1. Les opérations sur les bandes de fréquences	157
5.2. L'agrégation de porteuses	159
5.2.1. L'agrégation de porteuses dans la bande FR1	163
5.2.1.1. Les classes de la bande passante de l'agrégation de porteuses	163
5.2.1.2. L'agrégation de porteuses intrabande contiguës	165
5.2.1.3. L'agrégation de porteuses intrabande non contiguës	166
5.2.1.4. L'agrégation de porteuses interbandes	167

5.2.2. L'agrégation de porteuses dans la bande FR2	168
5.2.2.1. Les classes de la bande passante de l'agrégation de porteuses	168
5.2.2.2. L'agrégation de porteuses intrabande contiguës.	171
5.2.2.3. L'agrégation de porteuses intrabande non contiguës	172
5.3. Le lien montant supplémentaire (SUL)	172
5.4. La synchronisation sur la cellule secondaire	173
5.4.1. La procédure d'agrégation de porteuses.	173
5.4.1.1. L'activation et la désactivation de la cellule secondaire . . .	173
5.4.1.2. La procédure H-ARQ	176
5.4.2. La procédure SUL	177
5.5. Spécifications techniques.	178

Chapitre 6. L'interface radioélectrique 5G-NR : le MIMO

et la formation des faisceaux	179
6.1. Les techniques de multiplexage	179
6.1.1. Le mécanisme MIMO	179
6.1.2. La formation de faisceaux en bande de base	181
6.1.3. Les antennes actives et le massive-MIMO	181
6.1.4. Le système antenne	186
6.2. Les ports d'antennes	191
6.2.1. Le sens descendant	192
6.2.1.1. Le signal physique CSI-RS	193
6.2.1.2. Le signal physique MBSFN-RS	193
6.2.1.3. Le signal physique DM-RS	194
6.2.1.4. Le signal physique PRS	194
6.2.2. Le sens montant	194
6.2.2.1. Le signal physique SRS	195
6.2.2.2. Le signal physique DM-RS sur le lien montant	195
6.2.2.3. Le signal physique PRACH	195
6.3. Les informations UCI.	195
6.4. La transmission PDSCH	197
6.4.1. Les méthodes de transmission <i>Single-CSI</i> et <i>Multiple-CSI</i>	197
6.4.2. La configuration du livre de code	200
6.5. La transmission PUSCH	204
6.6. Les procédures de gestion du faisceau	206
6.6.1. Le <i>burst</i> SSB : <i>beam sweeping</i>	206
6.6.2. La procédure de sélection et la re-sélection de cellule	207
6.6.3. La procédure de gestion du faisceau	209
6.7. Spécifications techniques.	212

Chapitre 7. L'interface radioélectrique 5G-NR : le partitionnement de bande BWP	215
7.1. Le partitionnement de bande.	215
7.2. Le CORESET	217
7.2.1. La configuration du CORESET#0	218
7.2.2. La configuration du CORESET	224
7.3. La procédure de commutation BWP	225
7.4. Spécifications techniques.	228
Chapitre 8. L'interface radioélectrique 5G-NR : la couche de liaison de données	229
8.1. Le protocole SDAP	229
8.1.1. Les opérations	233
8.1.1.1. Les opérations côté UE	234
8.1.1.2. Les opérations côté gNB	235
8.1.2. La structure du protocole	235
8.2. Le protocole PDCP	236
8.2.1. Les procédures.	237
8.2.1.1. La compression des en-têtes	237
8.2.1.2. La perte des trames pendant le <i>handover</i> .	238
8.2.1.3. La suppression de paquets (<i>PDCP discard</i>)	239
8.2.1.4. La séparation de support (<i>Split Bearer</i>).	239
8.2.1.5. La duplication de PDU	240
8.2.2. Les opérations	241
8.2.2.1. Les opérations relatives au support SRB	241
8.2.2.2. Les opérations relatives au support DRB.	243
8.2.3. La structure du protocole	245
8.3. Le protocole RLC	246
8.3.1. Les opérations	247
8.3.1.1. Le mode TM	247
8.3.1.2. Le mode UM	248
8.3.1.3. Le mode AM	249
8.3.2. La structure du protocole	250
8.3.2.1. Le mode UM	250
8.3.2.2. Le mode AM	251
8.3.2.3. Le message de contrôle	252
8.4. Le protocole MAC	254
8.4.1. Les opérations	254
8.4.1.1. Les opérations côté gNB	254

8.4.1.2. Les opérations côté UE	256
8.4.2. La structure du protocole	257
8.4.3. Les éléments de contrôle.	262
8.4.3.1. L'élément de contrôle BSR	262
8.4.3.2. L'élément de contrôle C-RNTI.	263
8.4.3.3. L'élément de contrôle DRX	263
8.4.3.4. L'élément de contrôle UE CRI.	263
8.4.3.5. L'élément de contrôle TA.	264
8.4.3.6. L'élément de contrôle PHR.	264
8.4.3.7. L'élément de contrôle MSI	264
8.4.3.8. L'élément de contrôle ADM	264
8.5. Spécifications techniques.	265

Chapitre 9. L'interface radioélectrique 5G-NR : les procédures sur l'accès radioélectrique 267

9.1. Les informations système	267
9.1.1. Le message MIB	268
9.1.2. Le message SIB1	270
9.1.3. Le message SIB2	273
9.1.4. Le message SIB3	274
9.1.5. Le message SIB4	274
9.1.6. Le message SIB5	274
9.1.7. Le message SIB6	275
9.1.8. Le message SIB7	275
9.1.9. Le message SIB8	276
9.1.10. Le message SIB9	276
9.1.11. Synthèse.	277
9.2. La gestion de la connexion.	277
9.2.1. Le <i>paging</i>	277
9.2.2. L'établissement de la connexion	278
9.2.3. L'activation de la sécurité	281
9.2.4. La reconfiguration de la connexion	282
9.2.5. Le rétablissement de la connexion	283
9.2.6. La libération de la connexion	284
9.3. La configuration des mesures	285
9.3.1. Les objets.	286
9.3.2. Les évènements	287
9.3.2.1. L'évènement A1	287
9.3.2.2. L'évènement A2	287
9.3.2.3. L'évènement A3	288

- 9.3.2.4. L'évènement A4 289
- 9.3.2.5. L'évènement A5 289
- 9.3.2.6. L'évènement A6 289
- 9.3.2.7. L'évènement B1 290
- 9.3.2.8. L'évènement B2 290
- 9.3.3. Le filtrage des mesures. 291
- 9.4. Spécifications techniques. 291

Bibliographie 293

Index 297