

---

## Table des matières

---

<b>Préface</b> . . . . .	13
Patrick GÉLARD	
<b>Introduction</b> . . . . .	15
Pascal BERTHOU	
<b>Chapitre 1. Les réseaux hybrides satellites et terrestres</b> . . . . .	19
1.1. L'hybridation des réseaux satellites et terrestres . . . . .	19
1.2. Scénarios d'hybridation . . . . .	20
1.2.1. Architecture réseau : intégration des réseaux hybrides . . . . .	22
1.2.2. Intégration à fort couplage : une approche intégrée . . . . .	23
1.2.3. Intégration relai . . . . .	25
1.2.4. Intégration à faible couplage . . . . .	26
1.3. Etude de cas : intégration à faible couplage . . . . .	27
1.3.1. Cas d'utilisation, profil des utilisateurs . . . . .	27
1.3.2. Proposition de scénario. . . . .	27
1.3.3. Profil des utilisateurs mobiles. . . . .	29
1.4. Conclusion . . . . .	30
<b>Chapitre 2. La qualité de service dans les réseaux terrestres de nouvelle génération.</b> . . . . .	31
2.1. Approche IETF. . . . .	31
2.1.1. Niveau réseau . . . . .	31
2.1.1.1. Les services intégrés Intserv et le protocole de signalisation RSVP . . . . .	32

2.1.1.2. Les services différenciés Diffserv . . . . .	34
2.1.1.3. Conclusions sur la QoS au niveau IP à l'IETF . . . . .	37
2.1.1.4. MPLS : <i>Multi-Protocol Label Switching</i> pour la mise en œuvre de la qualité de service . . . . .	38
2.1.1.5. Gestion des SLA et des SLS dans le contexte de QoS défini par l'IETF. . . . .	41
2.1.2. Niveau transport. . . . .	44
2.1.2.1. UDP : <i>User Datagram Protocol</i> . . . . .	44
2.1.2.2. RTP : <i>Real-time Transport Protocol</i> . . . . .	45
2.1.2.3. TCP : <i>Transmission Control Protocol</i> . . . . .	46
2.1.2.4. Conclusion sur les protocoles TCP et UDP d'un point de vue QoS. . . . .	46
2.1.2.5. Protocoles de transport émergents de l'IETF . . . . .	47
2.1.3. Niveaux session et application . . . . .	47
2.1.3.1. SDP : <i>Session Description Protocol</i> . . . . .	47
2.1.3.2. SIP : <i>Session Initiation Protocol</i> . . . . .	49
2.1.4. Signalisation QoS . . . . .	51
2.1.4.1. NSIS . . . . .	51
2.1.4.2. COPS . . . . .	55
2.2. Approche ITU-NGN . . . . .	60
2.2.1. Principes . . . . .	60
2.2.2. Strate Transport . . . . .	62
2.2.3. Strate Service . . . . .	64
2.2.4. Plan de gestion . . . . .	64
2.3. Conclusion . . . . .	65
2.4. Bibliographie . . . . .	66

<b>Chapitre 3. La qualité de service dans les réseaux par satellite DVBS/RCS . . . . .</b>	<b>69</b>
3.1. Les systèmes satellites d'accès bidirectionnels : vue d'ensemble . . . . .	70
3.1.1. Connectivité d'accès et connectivité maillée . . . . .	72
3.1.2. Topologies étoilée et maillée . . . . .	72
3.1.3. Satellites transparent ou régénératif . . . . .	72
3.1.4. Satellites monofaisceau et multispots . . . . .	74
3.2. La norme DVB-S et le support d'IP . . . . .	75
3.2.1. La norme DVB-S . . . . .	76
3.2.1.1. Les flux de transport MPEG2-TS . . . . .	76
3.2.1.2. Paquet MPEG2-TS. . . . .	77
3.2.1.3. La signalisation DVB-S : les tables PSI/SI. . . . .	78
3.2.2. Méthode d'accès . . . . .	79

3.2.3. Méthode d'encapsulation d'IP sur DVB-S . . . . .	79
3.2.3.1. L'architecture d'encapsulation . . . . .	79
3.2.3.2. L'encapsulation MPE . . . . .	80
3.2.3.3. La signalisation . . . . .	81
3.2.3.4. L'alternative ULE ( <i>Unidirectional Lightweight Encapsulation</i> ) . . . . .	81
3.3. La norme DVB-S2. . . . .	83
3.3.1. Codages et modulations . . . . .	83
3.3.2. Encapsulation . . . . .	84
3.4. La norme DVB-RCS . . . . .	85
3.4.1. Méthode d'accès : MF-TDMA . . . . .	86
3.4.1.1. Les différents <i>bursts</i> RCS . . . . .	86
3.4.1.2. Segmentation des ressources : timeslots, trames et supertrames . . . . .	87
3.4.1.3. La pile protocolaire dans le plan de données. . . . .	88
3.4.2. La signalisation dans un système DVB-RCS/S . . . . .	89
3.4.2.1. La signalisation sur la voie aller : tables spécifiques DVB-RCS . . . . .	89
3.4.2.2. La signalisation sur la voie retour . . . . .	90
3.4.3. Les connexions . . . . .	92
3.5. DVB-RCS2. . . . .	93
3.5.1. Codages et modulations . . . . .	94
3.5.2. Techniques d'accès . . . . .	94
3.5.3. Encapsulation . . . . .	94
3.5.4. QoS Architecture et PEP. . . . .	95
3.6. Architecture de QoS dans les réseaux d'accès satellite DVB-S/RCS . . . . .	95
3.6.1. Les différents acteurs du réseau satellite . . . . .	95
3.6.2. Le modèle architectural SATLABS . . . . .	96
3.6.2.1. Architecture de QoS . . . . .	97
3.6.2.2. QoS au sein de la couche IP . . . . .	98
3.6.2.3. QoS au sein de la couche MAC . . . . .	99
3.6.2.4. VoIP dans les systèmes satellite . . . . .	100
3.6.2.5. Exemple d'architecture de QoS sur la voie retour. . . . .	101
3.6.2.6. Exemple d'architecture de QoS sur la voie aller . . . . .	102
3.6.3. Le modèle architectural BSM basé sur IP. . . . .	103
3.6.3.1. Contexte et contour . . . . .	104
3.6.3.2. Modèles de QoS . . . . .	105
3.6.3.3. Applications multimédia . . . . .	106
3.6.3.4. Scénarios de QoS. . . . .	107
3.6.3.5. Architecture de QoS BSM . . . . .	107
3.7. Conclusion . . . . .	110
3.8. Bibliographie. . . . .	111

---

<b>Chapitre 4. Intégration du satellite dans une architecture de QoS IMS</b> . . . . .	<b>113</b>
4.1. Architecture IMS . . . . .	113
4.1.1. Messages COPS et DIAMETER . . . . .	115
4.1.1.1. COPS . . . . .	115
4.1.1.2. DIAMETER . . . . .	116
4.2. Architecture de QoS IMS . . . . .	117
4.2.1. QoS IMS dans un réseau GPRS-UMTS . . . . .	119
4.2.2. QoS IMS dans un réseau ADSL . . . . .	121
4.3. Signalisation de QoS IMS . . . . .	123
4.3.1. Autorisation de ressources de QoS . . . . .	124
4.3.2. Réserve de ressources de QoS avec une politique de service locale . . . . .	126
4.3.3. Approbation des engagements de ressources autorisées . . . . .	127
4.3.4. Suppression des engagements de ressources autorisées . . . . .	128
4.3.5. Révocation d'autorisation de ressources de QoS . . . . .	128
4.3.6. Indication de suppression contexte PDP . . . . .	129
4.3.7. Autorisation de modification du contexte PDP . . . . .	130
4.4. Prise en compte de la QoS IMS dans le segment satellite . . . . .	131
4.4.1. Hypothèses « système » . . . . .	132
4.4.2. Intégration IMS satellite : approche transparente . . . . .	132
4.4.3. Intégration IMS satellite : approche intégrée étoilée . . . . .	133
4.4.4. Intégration IMS satellite : approche intégrée maillée . . . . .	134
4.5. Vers une architecture de QoS NGN unifiée . . . . .	135
4.5.1. Scénario d'intégration transparente . . . . .	135
4.5.1.1. Architecture . . . . .	135
4.5.1.2. Signalisation . . . . .	136
4.5.2. Scénario d'intégration étoilée . . . . .	142
4.5.2.1. Architecture . . . . .	142
4.5.2.2. Signalisation . . . . .	144
4.5.3. Scénario d'intégration maillée . . . . .	144
4.5.3.1. Architecture . . . . .	144
4.5.3.2. Signalisation . . . . .	146
4.6. Projet SATSIX . . . . .	148
4.7. Conclusion . . . . .	151
4.8. Bibliographie . . . . .	152
<b>Chapitre 5. La mobilité intersystèmes</b> . . . . .	<b>155</b>
5.1. Introduction . . . . .	155
5.2. Taxonomie de la mobilité . . . . .	156
5.2.1. La mobilité personnelle . . . . .	156

5.2.2. La mobilité de session . . . . .	157
5.2.3. La mobilité de service . . . . .	157
5.2.4. La mobilité de terminal . . . . .	157
5.2.5. La mobilité de réseau. . . . .	159
5.2.6. Positionnement du chapitre sur la mobilité . . . . .	159
5.3. Protocoles pour la gestion de la mobilité . . . . .	159
5.3.1. Extension de DVB-RCS pour la mobilité. . . . .	159
5.3.2. Gestion par la couche réseau : Mobile IP . . . . .	161
5.3.2.1. Mobile IPv6 . . . . .	161
5.3.2.2. FMIPv6 : <i>Mobile IPv6 Fast Handovers</i> . . . . .	166
5.3.2.3. HMIPv6 : <i>Hierarchical Mobile IPv6</i> . . . . .	170
5.3.2.4. PMIPv6 : <i>Proxy Mobile IPv6</i> . . . . .	174
5.3.2.5. Conclusion sur la mobilité de niveau réseau . . . . .	177
5.3.3. SIP comme moyen de gestion de la mobilité. . . . .	177
5.3.3.1. Gestion de la mobilité continue . . . . .	178
5.3.3.2. Limitations . . . . .	179
5.4. Mise en œuvre des solutions de mobilité dans les systèmes hybrides . . . . .	180
5.4.1. Spécification de la mobilité SIP dans un système DVB-S2/RCS . . . . .	180
5.4.1.1. Problème de réenregistrement SIP d'un MN. . . . .	181
5.4.1.2. Problème de réinitiation de session SIP dans le cas d'une mobilité continue . . . . .	184
5.4.2. Evaluations théoriques et recommandations . . . . .	186
5.4.2.1. Mobile IPv6 . . . . .	189
5.4.2.2. HMIPv6 . . . . .	191
5.4.2.3. FMIPv6 en mode prédictif . . . . .	193
5.4.2.4. FMIPv6 en mode réactif. . . . .	195
5.4.2.5. Mobilité SIP. . . . .	195
5.4.2.6. Comparaison des solutions . . . . .	198
5.4.2.7. Recommandations concernant la mobilité dans un système satellite . . . . .	199
5.5. SIP pour la gestion de la mobilité et de la QoS pour les applications interactives. . . . .	200
5.6. Evaluation des solutions de mobilité dans une architecture DVB-S2/RCS simulée . . . . .	202
5.6.1. Comparaison des temps d'interruption . . . . .	202
5.6.2. Cas courants . . . . .	203
5.6.3. Cas particuliers . . . . .	206
5.6.4. Problème d' <i>overhead</i> . . . . .	207
5.7. Conclusion sur la mobilité . . . . .	208
5.8. Bibliographie. . . . .	208

<b>Chapitre 6. La couche transport dans les réseaux hybrides . . . . .</b>	<b>211</b>
6.1. Introduction . . . . .	211
6.2. <i>Performance Enhancing Proxies</i> . . . . .	213
6.2.1. <i>Space Communications Protocol Specifications</i> . . . . .	213
6.2.1.1. SCPS-TP . . . . .	213
6.2.1.2. Les services fiabilisés de SCPS-TP . . . . .	215
6.2.2. I-PEP . . . . .	216
6.2.2.1. Objectif d'IPEP . . . . .	216
6.2.2.2. Aperçu du protocole . . . . .	218
6.2.3. Problématique des PEPs . . . . .	220
6.2.3.1. Impact sur la sécurité . . . . .	220
6.2.3.2. Impact sur la mobilité . . . . .	220
6.3. Evolutions de TCP . . . . .	221
6.3.1. Adaptations de TCP à l'environnement satellite . . . . .	222
6.3.2. Les options et mécanismes d'améliorations de TCP . . . . .	223
6.3.2.1. Options TCP . . . . .	223
6.3.2.2. Optimisations de TCP . . . . .	224
6.3.3. Nouvelles versions de TCP . . . . .	225
6.3.4. Caractéristiques du lien satellite . . . . .	227
6.3.4.1. Délai de bout en bout . . . . .	227
6.3.4.2. Limitation de bande passante . . . . .	228
6.3.4.3. Le SNR, l'atténuation du signal et l'impact des pertes . . . . .	228
6.3.4.4. L'asymétrie dans le débit entre la voie aller et retour . . . . .	228
6.3.4.5. La variation du débit (gigue) . . . . .	228
6.3.4.6. Schéma d'accès en <i>burst</i> . . . . .	228
6.3.4.7. La bande passante à la demande . . . . .	228
6.3.5. Impact sur la couche transport . . . . .	229
6.3.6. Conclusion . . . . .	230
6.4. Performance de TCP dans un réseau de type géostationnaire . . . . .	230
6.4.1. Méthodologie de mesure et d'analyse . . . . .	230
6.4.2. Configuration du système et mesures . . . . .	231
6.4.2.1. Analyse . . . . .	232
6.4.2.2. Hétérogénéité des versions de TCP . . . . .	235
6.5. TCP en contexte d'hybridation . . . . .	236
6.5.1. Problématique de l'impact de l'hybridation sur la couche transport . . . . .	236
6.5.1.1. La persistance des applications basées sur TCP . . . . .	237
6.5.2. Contrôle d'adaptation des flux au nouveau réseau . . . . .	238
6.5.3. Impacts de TCP pour un handover type <i>Break-before-Make</i> . . . . .	238
6.5.4. Impacts du TCP pour un handover type <i>Make-before-Break</i> . . . . .	239

---

6.5.5. Effet sur TCP du handover vertical avec la variation simultanée de la bande passante et du délai . . . . .	240
6.5.5.1. Configuration et mesure . . . . .	240
6.5.5.2. Analyse . . . . .	240
6.5.6. Conclusion . . . . .	242
6.6. Conclusion générale . . . . .	242
6.7. Bibliographie . . . . .	243
<b>Conclusion . . . . .</b>	<b>245</b>
<b>Liste des acronymes . . . . .</b>	<b>249</b>
<b>Index . . . . .</b>	<b>257</b>