



N° d'ordre : 19/2016

THESE DE DOCTORAT

Présentée par :

Mr : MAHFOUDI Mohammed

Spécialité : Télécommunications

Sujet de la thèse :

Contribution à l'amélioration de la qualité de service pour les flux voix et vidéo sur LTE (4G).

Thèse présentée et soutenue le : 28 Mai 2016 devant le jury composé de :

Nom Prénom	Titre	Etablissement	
Pr. QJIDAA Hassan	PES	Faculté des Sciences Dhar El Mehraz. Fès.	Président
Pr. ELKOUCH Rachid	PES	Directeur adjoint de l'Institut National des Postes et des Télécommunications. Rabat.	Rapporteur
Pr. RIFI Mounir	PES	Directeur de l'Ecole Supérieure de Technologie. Casablanca.	Rapporteur
Pr. OUREMCHI Rabah	PES	Ecole Supérieur de Technologies. Fès	Rapporteur
Pr. HAQIQ Abdelkrim	PES	Faculté des Sciences et Techniques. Settat.	Examineur
Pr. ELGHAZI Mohammed	PH	Ecole Supérieur de Technologies. Fès.	Examineur
Pr. ELBEKKALI Moulhime	PES	Ecole Nationale des Sciences Appliquées. Fès. Vice-président de l'USMBA. Fès.	Directeurs de Thèse
Pr. NAJID Abdellah	PES	Institut National des Postes et des Télécommunications. Rabat	Co-directeur de Thèse

Etablissement :

- ✓ Ecole Supérieure de Technologie. Fès.
- ✓ Institut National des Postes et des Télécommunications. Rabat.

Laboratoire d'accueil :

- ✓ Laboratoire de Transmission et de Traitement de l'Information (LTTI). Fès.
- ✓ Laboratoire de recherche en Systèmes de Télécommunications, Réseaux et Services (STRS).Rabat.





Résumé de la thèse

Pour tous les opérateurs et pour de nombreuses années, les appels vocaux étaient parmi les sources de bénéfice, la demande de données mobiles a été lente au départ, mais à partir de l'année 2010 et grâce à la découverte des téléphones intelligents, Les clients sont devenus assez exigeants, ils recommandent de nouveaux aspects avec une meilleure qualité de service (QoS). LTE (Long Term Evolution) a été émergé comme une solution prometteuse qui permet de répondre aux exigences des clients. La mise en œuvre du LTE est en train de se développer dans plusieurs pays à travers le monde dont le Maroc fait partie.

Une fonctionnalité clé du réseau LTE est l'adoption d'un certain nombre de procédures avancées de gestion des ressources radio en guise d'améliorer les performances du système et de subvenir les besoins des utilisateurs en termes de qualité de service surtout pour les flux temps réel à savoir la voix et la vidéo. Les mécanismes d'ordonnancement de paquets en particulier jouent un rôle fondamental du fait qu'ils sont responsables de choisir, minutieusement et dans un temps précis, comment distribuer les ressources radio entre les différentes stations en prenant en compte les conditions du canal et les exigences de QoS. Les standards du 3GPP (3rd Generation Partnership Project) n'ont pas encore spécifiés l'algorithme d'allocation des ressources radio du réseau d'accès. Ce qui constitue une voie de recherche pour les développeurs et les institutionnels.

La principale contribution de ce travail de thèse s'étale sur deux parties, la première a pour but de prouver lequel des algorithmes, les plus connus dans les réseaux radio mobiles, justifie de bonnes performances pour chaque type de flux temps réel, notamment pour les flux VoIP et Vidéo, et pour des cas de scénarios extrêmes, alors que pour la deuxième partie, l'objectif est de développer puis d'évaluer les performances d'un nouvel algorithme d'ordonnancement, dont nous comparons les performances avec celles d'algorithmes bien connus, déjà implémentés dans les stations de base eNodeB et qui ont été choisis comme étalons grâce à leurs performances dans les réseaux radio mobiles. Notre évaluation des performances est menée en considérant différents cas de scénarios d'étude, dans un environnement de simulation, au moyen du simulateur LTE-Sim. Les critères de performance choisis sont le délai de transmission de paquets, le taux de perte de paquets (PLR), le débit de paquets et l'efficacité spectrale.

Mots clés : LTE, qualité de service (QOS), gestion des ressources radio (RRM), ordonnancement, optimisation, VoLTE.

Table des matières :

Résumé	8
Abstract	9
Liste des figures :	10
Liste des tableaux :	14
Liste des abréviations	15
INTRODUCTION GENERALE.....	19
Chapitre I : Généralité sur les réseaux radio mobiles.....	22
Introduction :	22
1. Evolution des systèmes cellulaires :	22
1.1. Première génération de téléphonie cellulaire : 1G.....	22
1.2. Deuxième génération de téléphonie cellulaire : 2G.....	24
1.3. Troisième génération de téléphonie cellulaire : 3G.....	30
2. Evolution du secteur de Télécommunication.	35
2.1. Croissance du nombre d'abonnés mobiles au Maroc.	35
2.2. Croissance du nombre des Smartphones vendus :.....	36
2.3. Evolution des services :	37
2.4. Au-delà de la 3G!	39
3. Etude de la technologie LTE.	39
3.1. Caractéristiques et motivations pour la technologie LTE (4G).....	39
3.2. Architecture du réseau LTE.....	41
3.3. Schéma de transmission radio sur LTE.....	44
3.4. Mécanismes de support de la voix sur LTE.	48
4. 2015, l'année de la 4G au Maroc :	53
Conclusion :	54
CHAPITRE II: Qualité de service et gestion des ressources radio sur LTE.....	55
1. Qualité de service (QoS) sur le réseau LTE	55
1.1. Paramètres de QOS sur LTE.	56
1.2. Gestion de la qualité de service.	58
2. Structure et gestion des ressources de l'interface radio LTE.	59
2.1. Architecture et structure de l'interface radio sur LTE.....	59
2.1.1. Architecture en couche de l'interface radio LTE.	59
2.1.2. Architecture protocolaire de l'interface radio.	61
2.1.3. Canaux de communication de l'interface radio LTE.....	62
2.1.4. Informations de contrôle échangées sur l'interface radio LTE.	64
2.2. Gestion des ressources radio (RRM).....	65
2.2.1. Contrôle d'admission :	66
2.2.2. Adaptation de lien et ordonnancement :	66

2.2.3.	Équilibrage de charge :.....	69
2.2.4.	Gestion d'interférences.....	70
3.	Ordonnancement en mode Downlink	75
3.1.	Scheduling en mode downlink dans l'interface radio LTE	75
3.1.1.	Processus de scheduling en mode downlink.....	75
3.1.2.	Principe d'allocation des ressources radio.....	76
3.1.3.	Critères de classification des algorithmes d'ordonnancement.....	78
3.2.	Stratégies d'ordonnancement dans les systèmes LTE en mode downlink	79
3.2.1.	Algorithmes classiques.....	80
3.2.2.	Algorithmes équitables.....	81
3.2.3.	Algorithmes opportunistes.....	83
	Conclusion :	85
	CHAPITRE III : Evaluation des performances des algorithmes opportunistes.	87
1.	Critères d'évaluation et choix du simulateur.	87
1.1.	Critères d'évaluation.	87
1.2.	Choix du simulateur.	90
1.3.	Présentation du simulateur LTE-SIM.....	92
1.3.1.	Présentation générale.....	92
1.3.2.	Fonctionnalités.	92
1.3.3.	Structure du LTE-Sim	93
1.3.4.	Présentation des différentes étapes de création de scénarios.....	93
1.4.	Modèle de simulation.	94
1.5.	Modèle du canal.	95
2.	Evaluation des performances des ordonnanceurs radio.	95
2.1.	Scénario de la haute mobilité.	95
2.1.1.	Formulation et justification de problématique.....	95
2.1.2.	Scénario d'étude et paramètres de simulation.	96
2.1.3.	Résultats de simulation.....	97
2.1.4.	Bilan :	102
2.2.	Scénario de la haute congestion.	103
2.2.1.	Formulation de problématique et justification.....	103
2.2.2.	Scénario d'étude et paramètres de simulation.	103
2.2.3.	Résultats de simulation.....	105
2.2.4.	Bilan	109
2.3.	Scénario avec des cellules femto.....	110
2.3.1.	Formulation de problématique et justification.....	110
2.3.2.	Scénario d'étude et paramètres de simulation.	110
2.3.3.	Résultats de simulation.....	111

2.3.4. Bilan :	115
Conclusion :	116
CHAPITRE IV : Evaluation des performances de l'algorithme proposé.	117
1. Algorithme d'ordonnement proposé.	118
1.1. Principe de fonctionnement de l'algorithme proposé.	118
1.2. Implémentation de la nouvelle métrique dans le simulateur LTE-SIM.	120
1.3. Modèle du trafic et du canal de simulations.	121
2. Présentation et interprétation des résultats de simulation.	122
2.1. Scénario d'une mobilité normale.	122
2.1.1. Formulation de problématique et justification.	122
2.1.2. Scénario et paramètres de simulation.	123
2.1.3. Résultats de simulation.	124
2.1.4. Bilan :	128
2.2. Scénario de la haute congestion.	128
2.2.1. Formulation de problématique et justification.	128
2.2.2. Scénario et paramètres de simulation.	129
2.2.3. Résultats de simulation.	129
2.2.4. BILAN :	134
2.3. Scénario de la haute mobilité.	134
2.3.1. Formulation et justification de problématique.	134
2.3.2. Scénario et paramètres de simulation.	134
2.3.3. Résultats de simulation.	135
2.3.4. Bilan.	140
2.4. Scénario avec des cellules femto.	140
2.4.1. Formulation de problématique et justification.	140
2.4.2. Scénario et paramètres de simulation.	140
2.4.3. Résultats de simulation.	141
2.4.4. Bilan.	146
Conclusion :	146
Conclusion générale et perspectives.	147
Liste des publications :	150
Liste des références	151
ANNEXE I.	156