

N° d'ordre : 11/2010-M/inf

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

**Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene**

**Faculté d'Electronique et d'Informatique**



**MEMOIRE**

Présenté pour l'obtention du diplôme de MAGISTER En Informatique

Spécialité : Informatique Mobile

Par : M<sup>me</sup> AOUIFI Souhila

**Sujet**

**QoS dans les réseaux  
maillés sans fil**

Soutenu publiquement le, 16 mai 2010 devant le jury composé de :

Mr- M. AHMED NACER, Professeur à l'USTHB, Président

Mr- D. TANDJAOUI, Maître de Recherche au CERIST, Directeur de mémoire

Mr- M. BENCHAIBA, Maître de conférence/ A l'USTHB, Examineur

Mr- O. NOUALI, Maître de Recherche au CERIST, Examineur

## الملخص

يمكن اعتبار الشبكات اللاسلكية المتشابكة معيار اقتصادي واحد في مجال الخدمات اللاسلكية عريضة النطاق. تتكون هذه الشبكة من عنصرين أساسيين: عقد عملاء وعقد موجهات. العقد الموجهات تشكل بنية تحتية لاسلكية وتتفاعل مع الشبكات السلكية لتوفير خدمة الاتصال بالإنترنت إلى شبكة العملاء. إن الشبكات اللاسلكية المتشابكة تتلقى العديد من التدفقات في آن واحد والتي لها احتياجات مختلفة، ولكن نظرا لمحدودية قدرة القناة اللاسلكية، تأثير التداخل والعدد الكبير للمستخدمين فان تحسين إنتاجية الشبكة ودعم جودة الخدمات يمثلان الآن مطلبين هامين في مثل هذه الشبكات.

لقد ثبت أن استخدام عدة قنوات بدلا من قناة واحدة في الشبكات اللاسلكية متعددة القفزات كفيل بتحسين مردودية الشبكة بشكل كبير، ومع ذلك تجدر الإشارة إلى أن استعمال عدة وجهات في كل عقدة يتطلب التخطيط لتوزيع القنوات، كما يجب إرضاء جميع التدفقات المتنافسة حيث ينبغي أن تقسم مورد الشبكة بكفاءة و عدالة بين جميع التدفقات. وأخيرا ينبغي أن تأخذ خوارزمية توزيع القنوات بعين الاعتبار العبء المروري في كل وصلة، هذا العبء يتأثر ببروتوكولات التوجيه.

استنادا إلى آلية توزيع القنوات و التوجيه فان المشكل المثير للاهتمام هو: إيجاد خوارزمية توجيه حيث تعمل بشكل صحيح و فعال لفئة جودة الخدمة و من ناحية أخرى تقلل من التأثيرات السلبية على الفئات الأخرى في حركة المرور.

في عملنا هذا قمنا بدراسة مشكل توزيع القنوات في الشبكة اللاسلكية متعددة الواجهات متعددة القنوات مع تمايز الخدمات، اقترحنا تحسين بروتوكول "hyacinth" لأجل دعم جودة الخدمة. مساهماتنا هي كما يلي: أولا قمنا بتصميم جديد للتوجيه قادر على موازنة حركة المرور في الشبكة. ثانيا اقترحنا بروتوكول توجيه باستعمال عدة أشجار، شجرة لكل فئة حركة مرور، يمكن لهذا البروتوكول أن يتكيف تلقائيا مع التغيرات في عبء حركة المرور. ثالثا اقترحنا وضع بروتوكول توزيع القنوات مع تمايز الخدمات و الذي يمكن له أن يتكيف بشكل حيوي مع التغيرات في الأحمال المرورية. إن تقييم أعمالنا هاته مقارنة مع البروتوكول الأساسي "hyacinth" اظهر لنا أن نهجنا أكثر كفاءة من حيث الوقت اللازم للاستجابة و الإنصاف بين التدفقات من كلتا الفئتين.

**المصطلحات:** توزيع القنوات، تفريق الخدمات، التوجيه، وجودة الخدمة.

## Résumé

Les réseaux maillés sans fil (WMNs) sont envisagés comme un paradigme économique viable et une technologie prometteuse pour l'accès ubiquitaire sans fil à haut débit. Les WMNs consistent en des nœuds clients et des nœuds routeurs, où les routeurs forment une infrastructure sans fil 'backbone' et interagissent avec les réseaux câblés pour offrir une connexion Internet sans fil multi-sauts aux nœuds clients. Les WMNs véhiculent de nombreux flux simultanés qui ont des exigences diverses. Cependant, en raison de la capacité du canal limitée et l'influence de l'interférence, l'amélioration du débit du réseau et le soutien des applications QoS sont devenus deux exigences critiques dans ce type de réseaux.

L'utilisation de canaux multiples au lieu d'un seul canal dans les réseaux sans fil multi-sauts peut améliorer significativement le débit du réseau. Cependant, il faut noter que (1) plusieurs interfaces radios dans chaque nœud exigent une planification d'attribution de canal. (2) Les flux concurrents doivent être satisfaits. Les ressources du réseau devraient être partagés de façon efficace et équitable entre tous les flux concurrents. (3) Enfin, un algorithme d'attribution de canal devrait prendre en considération la charge de trafic dans chaque lien qui est affecté par le routage. Sur la base de mécanisme d'attribution du canal et de routage, un problème intéressant est de trouver un algorithme de routage optimal tels que (1), il fonctionne correctement et efficacement pour la classe QoS, et en attendant (2) qu'il réduit les influences négatives à d'autres catégories de trafic.

Dans ce travail, nous étudions le problème d'attribution de canal dans un réseau maillé sans fil multi-radio multi-canaux avec différenciation de service. Nous proposons une amélioration du protocole 'Hyacinth' pour le soutien de la QoS. Nos contributions sont les suivantes : d'abord, nous concevons une nouvelle métrique de routages capable d'équilibrer la charge de trafic dans le réseau. En second lieu, nous proposons un protocole de routage à base de plusieurs arbres de routage, un arbre pour chaque classe de trafic, ce protocole peut s'adapter automatiquement aux changements de la charge de trafic dans chaque classe ainsi qu'aux défaillances du réseau. Troisièmement, nous présentons un nouveau protocole pour l'attribution de canal avec différenciation de service qui peut s'adapter dynamiquement avec la variation des charges de trafic. L'évaluation de performance de nos protocoles et la comparaison avec le protocole de base 'hyacinth', nous montrons que notre approche est beaucoup plus performante en terme de délai de réponse et équité entre les flux des deux classes.

**Mots clés :** Attribution du canal, Différenciation de service, routage, QoS.

## Abstract

Wireless Mesh Networking (WMN) is envisioned as an economically viable paradigm and a promising technology in providing wireless broadband services. WMNs consist of mesh clients and mesh routers, where the mesh routers form a wireless infrastructure/backbone and interwork with the wired networks to provide multihop wireless Internet connectivity to the mesh clients. The WMNs carry many flows simultaneous that have different requirements. However, Due to the limited channel capacity, the influence of interference, the large number of users and the emergence of real-time multimedia applications, improving network throughput and supporting QoS have become two critical requirements in such networks

Using multiple channels instead of a single channel in multihop wireless networks has been shown to be able to improve the network throughput dramatically. However, it is noted that (1), several radio interfaces in each node requires a planning of channel assignment. (2) Flows competitors must be satisfied. Network resources should be shared efficiently and fairly among all competing flows. (3) Finally, an algorithm for channel assignment should take into consideration the traffic load in each link is affected by routing. Based on the mechanism of channel allocation and routing, an interesting problem is to find an optimal routing algorithm such that (1), it works correctly and efficiently for QoS class, and meanwhile (2) it reduces the negative influences to other traffic categories.

In this work, we study the problem of channel assignment in a wireless mesh network multi-radio multi-channel with service differentiation. We propose an improved protocol 'Hyacinth' for support of QoS. Our contributions are as follows: First, we design a new routing metric capable of balancing the traffic load in the network. Secondly, we propose a routing protocol based on multiple routing trees, one tree for each traffic class, this protocol can automatically adapt to changes in traffic load in each class as well as network failures. Third, we present a new protocol for channel allocation with service differentiation that can adapt dynamically to changes in traffic loads. The performance evaluation of our protocols and comparison with the basic protocol 'hyacinth', we show that our approach is much more efficient in terms of response time and fairness among flows of the two classes.

**Keywords :** channel assignment, service differentiation, routing, QoS.

## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail*

- ❖ *A mes chers parents pour leur éternel amour, leurs sacrifices et leur patience*
  
- ❖ *A mon sincère mari Ali pour son soutien et ses encouragements*
  
- ❖ *A mes chers frères et sœurs qui m'ont toujours assisté*
  
- ❖ *A mes chers enfants, serine et mohamed, en lui souhaitant le succès dans leur vie.*
  
- ❖ *A tous mes amis et mes collègues*
  
- ❖ *A tous les gents pour qui le savoir est précieux*

## *Remerciements*

Mes vifs remerciements à DIEU pour tous ses dons et les bénédictions de toute ma vie.

Je remercie énormément le professeur Nadjib BADACHE, directeur du Centre de Recherche sur l'Information Scientifique et Technique (CERIST) qui m'a donnée l'opportunité de travailler dans le domaine des réseaux sans fil.

Je présente mes remerciements à Dr. Djamel Tandjaoui, qui a accepté de m'encadrer dans le cadre de mon projet de magistère et pour le sujet particulièrement intéressant.

Je remercie vivement le professeur Mohamed AHMED NACER de l'USTHB d'avoir accepté de présider le juré de ma soutenance.

Je tiens aussi à remercier les membres du jury : Dr. Mahfoud BENCHAIBA et Dr. Omar NOUALI pour le temps et l'effort investis pour juger mon travail.

Je voudrais remercier vivement tous les membres du CERIST pour leur aide. Je remercie spécialement Dr. Omar NOUALI qui m'a accueilli au sein de sa division et qui m'a permis de travailler sur des problèmes très intéressants.

J'aimerais également remercier Mr. Ashish RANIWALA pour ses explications précieuses qui m'ont permis d'enrichir mon travail et de le perfectionner.

Je suis reconnaissante à mon frère Abdelkader pour son encouragement, aide et pour sa lecture du mémoire et ses remarques constructives.

Je remercie énormément M<sup>lle</sup> Djedjiga MOUHEB pour sa disponibilité et ses encouragements tout au long de mon projet.

# Table des matières

<b>INTRODUCTION GENERALE .....</b>	<b>1</b>
<b>PARTIE 1: ETAT DE L'ART</b>	
<b>CHAPITRE 1: LES RESEAUX MAILLES SANS FIL .....</b>	<b>5</b>
1.1 INTRODUCTION.....	5
1.2 DEFINITION .....	5
1.3 TOPOLOGIES.....	6
1.4 CARACTERISTIQUES .....	8
1.5 AVANTAGES.....	8
1.6 CONTRAINTES DE BASE .....	9
1.7 APPLICATIONS.....	9
1.8 CONCLUSION.....	12
<b>CHAPITRE 2: LE ROUTAGE DANS LES RESEAUX MAILLES SANS FIL.....</b>	<b>13</b>
2.1 INTRODUCTION.....	13
2.2 METRIQUES DE ROUTAGE .....	13
2.2.1 Métriques de routage avec un seul canal.....	14
2.2.2 Métriques avec plusieurs canaux .....	16
2.3 ROUTAGE AU MIEUX .....	18
2.3.1 Protocoles réactifs.....	18
2.3.2 Protocoles pro-actifs.....	19
2.4 ROUTAGE AVEC QUALITE DE SERVICE (QoS).....	20
2.5.1 Protocoles de routage Général .....	21
2.5.2 Routage à base de localisation.....	23
2.5.3 Routage avec Différenciation de Service .....	23
2.5.4 Routage avec contraintes multiples.....	25
2.5.5 Routage avec canaux multiples .....	25
2.5.6 Routage avec multi-chemin .....	26
2.5.7 Routage avec puissance de transmission .....	26
2.5.8 Synthèse.....	27
1.5 CONCLUSION .....	28

<b>CHAPITRE 3: ATTRIBUTION DE CANAL .....</b>	<b>29</b>
3.1 INTRODUCTION .....	29
3.2 GESTION DES RESSOURCES DANS UN WMN MULTI-RADIO MULTI-CANAU .....	30
3.3 ATTRIBUTION DU CANAL DANS RESEAUX CELLULAIRES / RESEAUX MAILLES SANS FIL..	30
3.4 PRELIMINAIRES.....	32
3.4.1 <i>Le graphe de Connectivité</i> .....	32
3.4.2 <i>Le graphe de Conflit</i> .....	33
3.4.3 <i>Le graphe de Conflit Multi-radio</i> .....	35
3.5 LES CONTRAINTES ET LES DEFIS DANS L'ATTRIBUTION DE CANAL .....	35
3.6 ATTRIBUTION DE CANAL ET TOPOLOGIE DU RESEAU .....	38
3.7 ATTRIBUTION DU CANAL, CONNECTIVITE ET INTERFERENCE.....	39
3.8 CLASSIFICATION D'ATTRIBUTION DE CANAL .....	41
3.8.1 <i>Statique</i> .....	41
3.8.2 <i>Dynamique</i> .....	42
3.8.3 <i>Hybride</i> .....	42
3.8.4 <i>Résumé des stratégies d'attribution de canal</i> .....	43
3.9 TRAVAUX LIES .....	44
3.9.1 <i>MR-LQSR</i> .....	44
3.9.2 <i>Hyacinth</i> .....	44
3.9.3 <i>MCR</i> .....	45
3.9.4 <i>AODV-ST</i> .....	46
3.9.5 <i>MesTic</i> .....	47
3.9.6 <i>Attribution de canal avec QoS</i> .....	48
3.9.7 <i>Synthèse des protocoles MC-MR</i> .....	48
3.5 CONCLUSION .....	49

## **PARTIE 2: CONTRIBUTION**

<b>CHAPITRE 4: ATTRIBUTION DE CANAL AVEC DIFFERENTIATION DE SERVICE.....</b>	<b>51</b>
4.1 INTRODUCTION .....	51
4.2 MOTIVATION .....	52
4.3 ARCHITECTURE DU SYSTEME ET FORMULATION DE PROBLEME.....	54
4.3.1 <i>Architecture du système</i> .....	54



4.3.2	<i>Objectif de l'attribution de canal</i> .....	54
4.3.3	<i>Formulation de problème</i> .....	55
4.4	ALGORITHME D'ATTRIBUTION DE CANAL .....	60
4.4.1	<i>Avantage de topologie en arbre</i> .....	60
4.4.2	<i>Construction des arbres de routage et attribution de canal</i> .....	61
4.4.3	<i>Equilibrage de charge</i> .....	76
4.4.4	<i>Tolérance aux pannes</i> .....	80
4.5	CONCLUSION.....	82
<b>CHAPITRE 5: SIMULATION ET RESULTATS .....</b>		<b>83</b>
5.1.	INTRODUCTION .....	83
5.2.	PRESENTATION DU SIMULATEUR NS2.....	83
5.3.	SUPPORT DU MULTI-INTERFACE, MULTI-CANAU DANS NS2.....	84
5.4.	IMPLEMENTATION DU PROTOCOLE CA-DIFFSERV PROPOSE .....	86
5.4.1.	<i>Modélisation du protocole sous forme évènementielle</i> .....	87
5.4.2.	<i>Réalisation des testes et interprétation des résultats</i> .....	88
5.5.	EVALUATION DE PERFORMANCE.....	88
5.5.1.	<i>Métrique de construction de l'arbre de routage</i> .....	88
5.5.2.	<i>Métrique de performance</i> .....	89
5.5.3.	<i>Scénario de simulation</i> .....	90
5.5.4.	<i>Analyse des résultats</i> .....	91
5.6.	CONCLUSION .....	94
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>		<b>95</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>		<b>108</b>
<b>ANNEXES</b>		
<b>ANNEXE 1 : LE SIMULATEUR NS .....</b>		<b>104</b>
<b>ANNEXE 2 : SUPPORT DU MULTI INTERFACE DANS NS2.33 .....</b>		<b>106</b>
<b>ANNEXE 3 : DESCRIPTION DES MESSAGES ECHANGES.....</b>		<b>111</b>
<b>ANNEXE 4 : FICHER DE TRACE ET LE LANGAGE AWK.....</b>		<b>120</b>