



Le Routage à Qualité de Service dans les Réseaux Mobiles Ad Hoc

Patrick Sondi

► To cite this version:

Patrick Sondi. Le Routage à Qualité de Service dans les Réseaux Mobiles Ad Hoc. Informatique [cs].
Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambresis, 2010. Français. NNT: . tel-00551243v1

HAL Id: tel-00551243

<https://theses.hal.science/tel-00551243v1>

Submitted on 1 Mar 2011 (v1), last revised 17 Aug 2011 (v2)

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Thèse de Doctorat

Le Routage à Qualité de Service dans les Réseaux Mobiles Ad Hoc

Présentée par

Patrick SONDI OBWANG

Pour obtenir le grade de

**Docteur de l'Université de Valenciennes
et du Hainaut-Cambresis**

Ecole Doctorale Sciences Pour l'Ingénieur Université Lille Nord-de-France-072

Spécialité : Automatique et Informatique des Systèmes Industriels et Humains

Discipline : Informatique

Soutenue publiquement le 10 décembre 2010 devant le jury :

Rapporteur	Pascale Minet, INRIA Rocquencourt
Rapporteur	Amir Qayyum, M. A. Jinnah University
Examineur	Anis Laouiti, Télécom SudParis
Examineur	Sidi-Mohamed Senouci, Université de Bourgogne
Président du jury	Eric Gressier-Soudan, Conservatoire National des Arts et Métiers
Directeur de thèse	Sylvain Lecomte, Université de Valenciennes
Co-Encadrant	Dhavy Gantsou, Université de Valenciennes

*The most exciting phrase to hear in science, the one that heralds new discoveries, is not
‘Eureka!’, but ‘That is funny ...’*

[Isaac Asimov]

Résumé de la thèse

Conçus à l'origine pour le trafic best-effort, les réseaux mobiles ad hoc (MANET) sont de plus en plus amenés à acheminer le trafic des applications imposant des contraintes de qualité de service (QoS).

Les solutions pour le routage à QoS dans les MANET ont généralement été proposées comme des extensions optionnelles des protocoles best-effort. Par exemple, la symétrie des liaisons y est encore définie au sens de la connectivité, alors que les liaisons ne sont évidemment pas symétriques au sens de la QoS. De plus, dans les solutions proposées dans le cadre du protocole proactif Optimized Link State Routing (OLSR), l'effort algorithmique pour la QoS se fait souvent au détriment de l'optimisation de la diffusion qui est pourtant une des activités les plus consommatrices de ressources.

L'approche proposée dans cette thèse consiste à intégrer les aspects liés à la QoS dans la représentation des MANET dès la conception du protocole de routage. Prenant pour cible le protocole OLSR, nous proposons une formulation du problème de la sélection des relais multipoints (MPR) sous forme de programme mathématique pour permettre à la fois l'optimisation de la diffusion et la prise en compte des paramètres de la qualité de service. Une heuristique proposée pour réaliser la sélection des MPR indépendamment du nombre et du type de métriques est également proposée. L'heuristique appliquée à quatre métriques ainsi que les autres mécanismes proposés sont ensuite intégrés dans OLSR. Les évaluations ciblant une application à fortes contraintes de qualité de service en établissent les performances aussi bien en environnement ouvert qu'en agglomération.

Mots clés : réseaux mobiles ad hoc, qualité de service, OLSR, routage multicritère.

Remerciements

Je remercie Dieu.

Je remercie mon père Barthelemy SONDI à qui je dédie ce travail. Philosophe, Théologien et Ingénieur Agronome, il a été, à la fois en tant que modèle de curiosité scientifique, de travailleur assidu et d'incitateur à aller toujours plus loin, le guide qui m'a conduit inexorablement à cette thèse de doctorat.

Je remercie ma mère, Marie-Thérèse Mubwanga, Biochimiste, qui m'a toujours rappelé que le plus important dans la vie d'un homme est de vivre heureux et en bonne santé ; et n'a eu de cesse de m'inviter à me ménager.

Je remercie Roger et Chantal Larribe, ainsi que Nicole Gareau pour leurs contributions décisives à la réalisation de mon projet de reprise d'études.

Je remercie Sylvain Lecomte et Dhavy Gantsou, respectivement pour la Direction et l'encadrement scientifique de mes travaux au cours de cette thèse. Je remercie particulièrement Dhavy Gantsou pour sa perspicacité et la confiance qu'il m'a témoignée en me proposant des projets sur les réseaux mobiles ad hoc dès mes premières années d'études à l'Université de Valenciennes. Ce travail de préparation dans la durée a eu un impact majeur sur l'aboutissement de ma thèse.

Je remercie tous les membres de mon jury pour l'intérêt qu'ils témoignent à mon travail par la lecture de mon manuscrit et leur présence à la soutenance publique de ma thèse de doctorat. Je tiens à remercier particulièrement Pascale Minet et Amir Qayyum qui ont accepté de rapporter mon mémoire. Leurs questions ainsi que leurs remarques ont beaucoup contribué à son amélioration.

Je remercie enfin ma compagne, mon fils, ma famille, mes ami(e)s, mes collègues, en particulier J-M Raviart et P. Dos Santos, ainsi que toutes les personnes qui ont eu un jour une pensée, une parole ou une action en faveur de ma thèse.

Veillez tous et toutes trouver dans l'accomplissement de cette thèse le témoignage de ma gratitude pour votre confiance et votre soutien.

TABLE DES MATIERES

1	INTRODUCTION.....	8
1.1	MOTIVATIONS ET BUT DE LA THESE.....	9
1.2	CONTEXTE DE LA THESE.....	12
1.3	ORGANISATION DU MEMOIRE.....	15
2	ETAT DE L'ART.....	18
2.1	LES METRIQUES DANS LES MANET.....	18
2.1.1	<i>Les métriques caractérisant les stations.....</i>	<i>20</i>
2.1.2	<i>Les métriques caractérisant les liaisons.....</i>	<i>21</i>
2.2	MODELISATION ET REPRESENTATION DES MANET.....	22
2.2.1	<i>Le modèle Unit Disk Graph (UDG).....</i>	<i>22</i>
2.2.2	<i>Les modèles non géométriques aléatoires.....</i>	<i>23</i>
2.2.3	<i>Le modèle LogNormal Shadowing (LNS).....</i>	<i>23</i>
2.3	STRUCTURATION DU MANET AVEC LES RELAIS MULTIPOINT (MPR).....	24
2.3.1	<i>Notations.....</i>	<i>26</i>
2.3.2	<i>Les MPR pour optimiser la diffusion.....</i>	<i>26</i>
2.3.3	<i>Les MPR pour la qualité de service.....</i>	<i>31</i>
2.4	CALCUL DE ROUTES A QUALITE DE SERVICE.....	33
3	REPRESENTATION DES MANET POUR LA QUALITE DE SERVICE.....	36
3.1	REPRESENTATION GENERIQUE DES MANET POUR LA QOS.....	36
3.1.1	<i>Formalisation de la notion de métrique.....</i>	<i>37</i>
3.1.2	<i>Représentation générique d'un MANET caractérisé par n métriques.....</i>	<i>40</i>
3.1.3	<i>Concepts et opérations dans $G(V,E,M)$.....</i>	<i>42</i>
3.2	FORMULATIONS DU PROBLEME DE LA SELECTION DES MPR.....	46
3.2.1	<i>Les MPR pour optimiser la diffusion.....</i>	<i>46</i>
3.2.2	<i>Les MPR pour la qualité de service.....</i>	<i>49</i>
3.3	CONCLUSION.....	51
4	UNE HEURISTIQUE GENERIQUE POUR LA SELECTION MULTICRITERE DES MPR.....	53
4.1	UNE HEURISTIQUE GENERIQUE POUR LA SELECTION DES MPR.....	53
4.1.1	<i>Objectifs, contraintes et options.....</i>	<i>53</i>
4.1.2	<i>Présentation de l'heuristique QH.....</i>	<i>55</i>
4.1.3	<i>Contribution à l'amélioration de MAXP.....</i>	<i>60</i>
4.2	EVALUATION DE L'HEURISTIQUE QH.....	62
4.2.1	<i>Le contexte des évaluations.....</i>	<i>63</i>
4.2.2	<i>Evaluation comparative de QH.....</i>	<i>67</i>
4.2.3	<i>Evaluation de l'efficacité de QH.....</i>	<i>78</i>
4.3	CONCLUSION.....	81
5	UNE VERSION DU PROTOCOLE OLSR POUR LA QUALITE DE SERVICE.....	83
5.1	UNE VERSION D'OLSR POUR LA QUALITE DE SERVICE Q-OLSR.....	83
5.1.1	<i>Fonctionnement d'OLSR natif.....</i>	<i>83</i>
5.1.2	<i>Estimation et dissémination des valeurs des métriques.....</i>	<i>87</i>
5.1.3	<i>Sélection des relais multipoints (MPR).....</i>	<i>95</i>
5.1.4	<i>Calcul des routes.....</i>	<i>95</i>
5.2	EVALUATION DE Q-OLSR.....	96
5.2.1	<i>L'Outil de l'évaluation: l'OPNET Modeler.....</i>	<i>96</i>
5.2.2	<i>Implémentation de Q-OLSR dans OPNET.....</i>	<i>100</i>
5.2.3	<i>Scenarios utilisés pour les évaluations.....</i>	<i>103</i>
5.2.4	<i>Résultats des évaluations.....</i>	<i>107</i>
5.3	CONCLUSION.....	130
6	CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	133
6.1	CONCLUSION.....	133
6.2	PERSPECTIVES.....	136
7	PUBLICATIONS	
8	BIBLIOGRAPHIE	

TABLE DES FIGURES

FIGURE 1.1	EXEMPLE D'UN RESEAU AD HOC	8
FIGURE 3.1	ILLUSTRATION DES VARIABLES POUR LA SELECTION DES MPR	48
FIGURE 4.1	EXEMPLE POUR DECRIRE L'ETAPE 1 DE QH	58
FIGURE 4.2	EXEMPLE POUR DECRIRE LES ETAPES 2 ET 3 DE QH	59
FIGURE 4.3	EXEMPLE POUR ILLUSTRER L'AMELIORATION DE MAXP	61
FIGURE 4.4	400 NŒUDS SUIVANT UNE DISTRIBUTION UNIFORME	65
FIGURE 4.5	400 NŒUDS SUIVANT UNE DISTRIBUTION NORMALE	66
FIGURE 4.6	400 NŒUDS SUIVANT UNE DISTRIBUTION STATIONNAIRE	66
FIGURE 4.7	TEMPS D'EXECUTION POUR MOINS DE 1000 NŒUDS	69
FIGURE 4.8	TEMPS D'EXECUTION DES ALGORITHMES LENTS	70
FIGURE 4.9	TEMPS D'EXECUTION DES ALGORITHMES RAPIDES	70
FIGURE 4.10	NOMBRE DE MPR SELECTIONNES	71
FIGURE 4.11	NOMBRE DE MPR SELECTIONNES PAR SG ET QH	72
FIGURE 4.12	DEBIT MOYEN OBTENU PAR LES MPR SELECTIONNES	73
FIGURE 4.13	DELAI MOYEN OBTENU PAR LES MPR SELECTIONNES	73
FIGURE 4.14	PROBABILITE DE RECEPTION CORRECTE DES MESSAGES	74
FIGURE 4.15	PROBABILITE DE RECEPTION CORRECTE POUR DISTRIBUTION NORMALE	75
FIGURE 4.16	WILLINGNESS MOYEN AVEC LES MPR SELECTIONNES	76
FIGURE 5.1	ENVOI DE MESSAGES HELLO	84
FIGURE 5.2	FORMAT D'UN MESSAGE HELLO DANS OLSR NATIF	84
FIGURE 5.3	FORMAT D'UN MESSAGE TC DANS OLSR NATIF	86
FIGURE 5.4	FORMAT D'UN MESSAGE HELLO POUR LA QoS	88
FIGURE 5.5	EXEMPLE POUR ILLUSTRER LE PROBLEME DES VALEURS LOCALES	89
FIGURE 5.6	FORMAT D'UN MESSAGE TC POUR LA QoS	91
FIGURE 5.7	EXEMPLE POUR ILLUSTRER LE PROBLEME DE LA SYMETRIE	92
FIGURE 5.8	INTERFACE DU MODELER 16.0 ET MODULE D'AIDE A L'UTILISATEUR	97
FIGURE 5.9	ASSISTANT DE DEPLOIEMENT DE RESEAU SANS-FIL	98
FIGURE 5.10	DEFINITION DE TOPOLOGIE ET DE TRAJECTOIRES PERSONNALISEES	98
FIGURE 5.11	CONFIGURATION ET DEPLOIEMENT D'APPLICATIONS	99
FIGURE 5.12	SELECTION DES VALEURS STATISTIQUES	100
FIGURE 5.13	CONFIGURATION DE LA SIMULATION	100
FIGURE 5.14	MODELE D'UNE STATION DE TRAVAIL EQUIPEE D'UNE CARTE SANS FIL	101
FIGURE 5.15	PROCESS MODEL DU PROTOCOLE OLSR DANS OPNET	102
FIGURE 5.16	ENVIRONNEMENT OUVERT ET ENVIRONNEMENT URBAIN	104
FIGURE 5.17	CARACTERISTIQUES DES TRAFICS BEST-EFFORT	105
FIGURE 5.18	CARACTERISTIQUES DES TRAFICS BEST-EFFORT	107
FIGURE 5.19	CARACTERISTIQUES DE L'APPLICATION VIDEOCONFERENCE	107
FIGURE 5.20	APPLICATION DE SUIVI DE TROUPES EN TEMPS REEL	108
FIGURE 5.21	TRAFIC POUR 50 NŒUDS FIXES EN MILIEU A) OUVERT ET B) URBAIN	109
FIGURE 5.22	TRAFIC POUR 50 PIETONS EN MILIEU A) OUVERT ET B) URBAIN	110
FIGURE 5.23	TRAFIC POUR 50 VEHICULES EN MILIEU A) OUVERT ET B) URBAIN	110
FIGURE 5.24	TRAFIC POUR 100 NŒUDS FIXES EN MILIEU A) OUVERT ET B) URBAIN	111
FIGURE 5.25	TRAFIC POUR 100 PIETONS EN MILIEU A) OUVERT ET B) URBAIN	111
FIGURE 5.26	TRAFIC POUR 100 VEHICULES EN MILIEU A) OUVERT ET B) URBAIN	111
FIGURE 5.27	TRAFIC MOYEN POUR 50 NŒUDS EN MILIEU A) OUVERT ET B) URBAIN	112
FIGURE 5.28	TRAFIC MOYEN POUR 100 NŒUDS EN MILIEU A) OUVERT ET B) URBAIN	112
FIGURE 5.29	DEBIT MOYEN POUR 50 NŒUDS EN MILIEU A) OUVERT ET B) URBAIN	113
FIGURE 5.30	DEBIT MOYEN POUR 100 NŒUDS EN MILIEU A) OUVERT ET B) URBAIN	113
FIGURE 5.31	DELAI MOYEN POUR 50 NŒUDS EN MILIEU A) OUVERT ET B) URBAIN	113
FIGURE 5.32	DELAI MOYEN POUR 100 NŒUDS EN MILIEU A) OUVERT ET B) URBAIN	114
FIGURE 5.33	NOMBRE DE SAUTS MOYEN POUR 50 NŒUDS EN MILIEU A) OUVERT ET B) URBAIN	115
FIGURE 5.34	NOMBRE DE SAUTS MOYEN POUR 100 NŒUDS EN MILIEU A) OUVERT ET B) URBAIN	115
FIGURE 5.35	TAUX DE RECEPTION DES MAILS POUR 50 NŒUDS EN MILIEU A) OUVERT ET B) URBAIN	115
FIGURE 5.36	TAUX DE RECEPTION DES MAILS POUR 100 NŒUDS EN MILIEU A) OUVERT ET B) URBAIN	116

FIGURE 5.37	DELAI MOYEN DE TELECHARGEMENT DE MAILS DU SERVEUR POUR 50 NOEUDS EN MILIEU A) OUVERT ET B) URBAIN	116
FIGURE 5.38	DELAI MOYEN DE TELECHARGEMENT DE MAILS DU SERVEUR POUR 100 NOEUDS EN MILIEU A) OUVERT ET B) URBAIN	117
FIGURE 5.39	DELAI MOYEN D'ENVOI DE MAILS VERS LE SERVEUR POUR 50 NOEUDS EN MILIEU A) OUVERT ET B) URBAIN	117
FIGURE 5.40	DELAI MOYEN D'ENVOI DE MAILS VERS LE SERVEUR POUR 100 NOEUDS EN MILIEU A) OUVERT ET B) URBAIN	117
FIGURE 5.41	TAUX DE RECEPTION DE FICHIERS PAR FTP POUR 50 NOEUDS EN MILIEU A) OUVERT ET B) URBAIN	118
FIGURE 5.42	TAUX DE RECEPTION DE FICHIERS PAR FTP POUR 100 NOEUDS EN MILIEU A) OUVERT ET B) URBAIN	118
FIGURE 5.43	DELAI MOYEN DE TELECHARGEMENT DE FICHIERS DU SERVEUR POUR 50 NOEUDS EN MILIEU A) OUVERT ET B) URBAIN	119
FIGURE 5.44	DELAI MOYEN DE TELECHARGEMENT DE FICHIERS DU SERVEUR POUR 100 NOEUDS EN MILIEU A) OUVERT ET B) URBAIN	119
FIGURE 5.45	DELAI MOYEN D'ENVOI DE FICHIERS DU SERVEUR POUR 50 NOEUDS EN MILIEU A) OUVERT ET B) URBAIN	120
FIGURE 5.46	DELAI MOYEN D'ENVOI DE FICHIERS DU SERVEUR POUR 100 NOEUDS EN MILIEU A) OUVERT ET B) URBAIN	120
FIGURE 5.47	NOMBRE DE SAUTS MOYEN POUR 50 NOEUDS EN MILIEU A) OUVERT ET B) URBAIN	121
FIGURE 5.48	NOMBRE DE SAUTS MOYEN POUR 100 NOEUDS EN MILIEU A) OUVERT ET B) URBAIN	121
FIGURE 5.49	RECEPTION POUR 50 NOEUDS EN MILIEU A) OUVERT ET B) URBAIN.....	122
FIGURE 5.50	RECEPTION POUR 100 NOEUDS EN MILIEU A) OUVERT ET B) URBAIN.....	122
FIGURE 5.51	DELAI MOYEN POUR LA VIDEOCONFERENCE POUR 50 NOEUDS EN MILIEU A) OUVERT ET B) URBAIN	122
FIGURE 5.52	DELAI MOYEN POUR LA VIDEOCONFERENCE POUR 100 NOEUDS EN MILIEU A) OUVERT ET B) URBAIN	123
FIGURE 5.53	GIGUE MOYENNE POUR LA VIDEOCONFERENCE POUR 50 NOEUDS EN MILIEU A) OUVERT ET B) URBAIN.....	123
FIGURE 5.54	GIGUE MOYENNE POUR LA VIDEOCONFERENCE POUR 100 NOEUDS EN MILIEU A) OUVERT ET B) URBAIN.....	123
FIGURE 5.55	NOMBRE DE SAUTS MOYEN ET TAUX DE RECEPTION POUR LA VIDEOCONFERENCE AVEC 50 NOEUDS EN MILIEU URBAIN (1 SAUT)	124
FIGURE 5.56	NOMBRE DE SAUTS MOYEN ET TAUX DE RECEPTION POUR LA VIDEOCONFERENCE AVEC 100 NOEUDS EN MILIEU URBAIN (1 SAUT).....	125
FIGURE 5.57	GIGUE ET DELAI POUR LA VIDEOCONFERENCE AVEC 50 NOEUDS EN MILIEU URBAIN (1 SAUT)	125
FIGURE 5.58	GIGUE ET DELAI POUR LA VIDEOCONFERENCE AVEC 100 NOEUDS EN MILIEU URBAIN (1 SAUT)	125
FIGURE 5.59	NOMBRE DE SAUTS MOYEN ET TAUX DE RECEPTION POUR LA VIDEOCONFERENCE AVEC 50 NOEUDS EN MILIEU URBAIN (2 SAUTS)	126
FIGURE 5.60	NOMBRE DE SAUTS MOYEN ET TAUX DE RECEPTION POUR LA VIDEOCONFERENCE AVEC 100 NOEUDS EN MILIEU URBAIN (2 SAUTS).....	126
FIGURE 5.61	GIGUE ET DELAI POUR LA VIDEOCONFERENCE AVEC 50 NOEUDS EN MILIEU URBAIN (2 SAUTS).....	126
FIGURE 5.62	GIGUE ET DELAI POUR LA VIDEOCONFERENCE AVEC 100 NOEUDS EN MILIEU URBAIN (2 SAUTS).....	127
FIGURE 5.63	NOMBRE DE SAUTS MOYEN ET TAUX DE RECEPTION POUR LA VIDEOCONFERENCE AVEC 50 NOEUDS EN MILIEU URBAIN (3 SAUTS)	127
FIGURE 5.64	NOMBRE DE SAUTS MOYEN ET TAUX DE RECEPTION POUR LA VIDEOCONFERENCE AVEC 100 NOEUDS EN MILIEU URBAIN (3 SAUTS).....	128
FIGURE 5.65	GIGUE ET DELAI POUR LA VIDEOCONFERENCE AVEC 50 NOEUDS EN MILIEU URBAIN (3 SAUTS).....	128
FIGURE 5.66	GIGUE ET DELAI POUR LA VIDEOCONFERENCE AVEC 100 NOEUDS EN MILIEU URBAIN (3 SAUTS).....	128
FIGURE 5.67	SCENARIO POUR LA TROISIEME SERIE D'EVALUATIONS	129

8 Bibliographie

- [1] Corson, M. S. and Macker, J. (1999), “Mobile ad hoc networking (MANET): Routing protocol performance issues and evaluation considerations”, IETF, RFC 2501 (1999)
- [2] Johnson, D., Hu, Y. and Maltz, D. (2007), “The dynamic Source Routing Protocol (DSR) for Mobile Ad Hoc Networks for IPv4”, IETF, RFC 4728 (2007)
- [3] Perkins, C., Belding-Royer, E. and Das, S. (2003), “Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing”, IETF, RFC 3561 (2003)
- [4] Clausen, T., and Jacquet, P. (2003), “Optimized Link State Routing Protocol (OLSR)”, IETF, RFC 3626 (2003)
- [5] Ogier, R., Templin, F. and Lewis, M. (2004), “Topology Dissemination Based on Reverse-Path Forwarding (TBRPF)”, IETF, RFC 3684 (2004)
- [6] Roy, A. and Chandra, M. (2010), “Extensions to OSPF to Support Mobile Ad Hoc Networking”, IETF, RFC 5820 (2010)
- [7] Hanzo, L. and Tafazolli, R. (2007), “A survey of QoS routing solutions for Mobile ad hoc Networks”. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 9(2), pp. 50-70 (2007)
- [8] Qin, L. and Kunz, T. (2004) “Survey on Mobile Ad Hoc Network Routing Protocols and Cross-Layer Design” in Technical Report of Carleton University, Aug. (2004)
- [9] Srivastava, V. and Motani, M. (2005) “Cross-layer design: A survey and the road ahead,” IEEE Communications Magazine, vol. 43, no. 12, pp. 112-119 (2005)
- [10] Mangold, S., Choi, S., May, P., Klein, O., Hiertz, G. and Stibor, L. (2002), “IEEE 802.11e Wireless LAN for Quality of Service”, Proc. of European Wireless (2002)
- [11] Jiang, D. and Delgrossi, L. (2008), “IEEE 802.11p: Towards an international standard for wireless access in vehicular environments”, In Proc. IEEE Vehicular Technology Conference (VTC), pages 2036-2040 (2008)
- [12] IEEE 802.11n-2009—Amendment 5: Enhancements for Higher Throughput, doi:10.1109/IEEESTD.2009.5307322 (2009)
- [13] Royer, E. M. and Toh, C.-K. (1999), “A Review of Current Routing Protocols for Ad Hoc Mobile Wireless Networks”, IEEE Personl Communications, pp. 46-55 (1999)
- [14] Abolhasan, M., Wysocki, T. and Dutkiewicz, E. (2004), “A Review of Routing Protocols for Mobile Ad Hoc Networks”, Ad Hoc Networks (Elsevier) Journal, (2) pp.1-22(2004)
- [15] Aggelou, G. and Tafazolli, R. (1999), “RDMAR: A bandwidth-efficient routing protocol for mobile ad hoc networks”, In Proc. 2nd ACM International Workshop on Wireless Mobile Multimedia (WoWMoM’99), p. 26–33 (1999)
- [16] Perkins, C. E. and Bhagwat, P. (1994), “Highly dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector routing (DSDV) for mobile computers”, In Proc. of ACM SIGCOMM’94, pp. 234-244, London, UK (1994)
- [17] Pei, G., Gerla, M. and Chen, T.-W. (2000), “Fisheye State Routing: A Routing Scheme for Ad Hoc Wireless Networks”, In Proc. of ICC 2000, New Orleans, LA, USA (2000)

Bibliographie

- [18] Basagni, S., Chlamtac, I., Syrotiuk, V. R. and Woodward, B. A. (1998), "A Distance Routing Effect Algorithm for Mobility (DREAM)", In Proc. of ACM/IEEE MobiCom'98, pp. 76-84, New York (1998)
- [19] Chroboczek, J. (2010), "The BABEL routing protocol", IETF draft (2010)
- [20] Haas, J. (1997), "A new routing protocol for the reconfigurable wireless networks", Proc. of IEEE 6th International Conference on Universal Personal Communications 97, pp. 562-566 (1997)
- [21] Park, V. D. and Corson, M. S. (1997), "A highly adaptive distributed algorithm for mobile wireless networks", in Proc. of INFOCOM, April (1997)
- [22] Patel, S., Elleithy, K. and Rizvi, S. S. (2009), "Hierarchically Segmented Routing (HSR) Protocol for MANET", 6th International Conference on Information Technology: New Generations ITNG 2009, Las Vegas, Nevada, USA, April 27-29 (2009)
- [23] Theoleyre, F. and Valois, F. (2005), "Virtual Structure Routing in Ad hoc Networks", Proc. of International Conference on Communications, Seoul, Corée (2005)
- [24] Ko, Y. B. and Vaidya, N. H. (1998), "Location-Aided Routing in Mobile Ad hoc Networks", Proc. of ACM/IEEE MobiCom, pp. 66-75 (1998)
- [25] Karp, B. and Kung, H. T. (2000), "GPSR: Greedy Perimeter Stateless Routing for Wireless Networks", Proc. of the 6th International Conference on Mobile Computing and Networking, pp. 243-254, Boston, Massachussets, USA (2000)
- [26] Cheung, S. Y., Ammar, M. H. and Ahamad, M. (1990), "The Grid Protocol: A High Performance Scheme for Maintaining Replicated Data", Proc. of the 6th International Conference on Data Engineering, pp. 438-445 (1990)
- [27] Lebedev, D. (2006), "Modélisation analytique des réseaux dynamiques", Thèse de Doctorat de l'Ecole Polytechnique (2006)
- [28] Tseng, Y.-C., Ni S.-Y., Chen Y.-S. and Sheu J.-P. (2002), "The broadcast storm problem in a mobile ad hoc network", Wireless Networks, vol. 8, pp. 153-167 (2002)
- [29] Feeney, L. M. and Nilsson, M. (2001), "Investigating the energy consumption of a wireless network interface in an ad hoc networking environment". In IEEE Conf on Computer Communications (Infocom'01), April (2001)
- [30] Qayyum, A., Laouiti, A. and Viennot, L. (2000), "Multipoint Relaying: An Efficient Technique for Flooding in Mobile Wireless Networks", INRIA RR-3898 (2000)
- [31] Baccelli, E., Jacquet, P., Nguyen, D. and Clausen, T. (2009), "OSPF Multipoint Relay (MPR) Extension for Ad Hoc Networks", RFC 5449, IETF (2009)
- [32] Cordero, J. A., Clausen, T. and Baccelli, E. (2010), "MPR+SP: Towards a Unified MPR-based MANET Extension of OSPF", RR 7319, INRIA (2010)
- [33] Beasley, J. E. (1987), "An algorithm for set covering problem", European Journal of Operational Research, Volume 31, Issue 1, July (1987)
- [34] Garey, M.R. and Johnson, D.S. (1979), "Computers and intractability. A guide to the theory of NP-Completeness", Freeman, Oxford, UK (1979)
- [35] Wang, Z. and Crowcroft, J. (1996), "Quality of Service Routing for Supporting Multimedia Applications". IEEE Journal of Selected Areas in Communications, vol. 14, n° 7 (1996)

- [36] Ge, Y., Kunz, T. and Lamont, L. (2003), "Proactive QoS Routing in Ad Hoc Networks". 2nd International Conference on Ad Hoc networks, LNCS 2865, Springer, Berlin (2003)
- [37] Badis, H. and Al Agha, K. (2005), "QOLSR, QoS routing for Ad Hoc Wireless Networks Using OLSR". In European Transactions on Telecommunications, vol. 15, n° 4 (2005)
- [38] Nguyen, D-Q. and Minet, P. (2007), "Quality of Service Routing in a MANET with OLSR". Journal of Universal Computer Science, vol. 13, n° 1, pp. 56-86 (2007)
- [39] Crawley, E., Nair, R., Rajagopalan, B. and Sandick, H. (1998) "A Framework for QoS-based Routing in the Internet", RFC 2386, IETF, August (1998)
- [40] Cavalli A. (*Sous la direction de*) (2001), "Ingénierie des protocoles et qualité des services", collection IC2 Réseaux et Télécoms, Paris, Hermès, 2001.
- [41] Chaudet C. (2005), "Protocole IEEE 802.11: qualité de service", Techniques de l'ingénieur, Télécoms A. 2005, vol. TEA2, n° TE7379 (2005)
- [42] Singh, S., Woo, M. and Raghavendra, C. S. (1998), "Power-aware routing in mobile ad hoc networks". in Proc. of Mobile Computing and Networking, pp. 181-190 (1998)
- [43] Toh, C.-K. (2001), "Maximum battery life routing to support ubiquitous mobile computing in wireless ad hoc networks", IEEE Trans. Commun., vol. 39, no. 6, pp. 138-147 (2001)
- [44] Misra, A. and Banerjee, S. (2002), "MRPC: Maximizing network lifetime for reliable routing in wireless environments" in Proc. IEEE Wireless Communications and Networking Conf., Orlando, Florida (2002)
- [45] Djenouri, D. and Badache, N. (2006), "New power-aware routing protocol for mobile ad hoc networks". Int. J. Ad Hoc and Ubiquitous Computing, Vol. 1, N° 3, 126-136 (2006)
- [46] Patnaik, P. K. and Mall R. (2007), "Power and Battery Aware Routing in Mobile Ad hoc Networks". Icfai Journal of Computer Sciences, Vol. 1, N° 1 (2007)
- [47] Sheng, M. Li, J. and Shi, Y. (2003), "Routing protocol with QoS guarantees for ad-hoc network". Electronics Letters, vol. 39, pp. 143.145 (2003)
- [48] Nikaein, and N. Bonnet, C. (2001), "Hybrid ad hoc routing protocol –HARP", in Proc. Int. Symp. Telecommunications (2001)
- [49] Yawut, C., Paillassa, B. and Dhaou, R. (2007), "Mobility versus Density Metric for OLSR Enhancement". 3rd AINTEC, LNCS Volume 4866, Springer, Berlin (2007)
- [50] Lin, C. R. and Liu, J.-S. (1999), "Qos routing in ad hoc wireless networks", IEEE J. Select. Areas Commun., vol. 17, pp. 1426-1438, (1999)
- [51] Nguyen, D-Q. and Minet, P., Adjih, C., and Plesse, T. (2009), "Implementation and performance evaluation of a quality of service support for OLSR in a real MANET". SimuTools (2009)
- [52] Chen, S. and Nahrstedt, K. (1999), "Distributed quality-of-service routing in ad hoc networks". IEEE J. Select. Areas Commun., vol. 17, pp. 1488-1505 (Aug. 1999)
- [53] Bashandy, A. R. Chong, E. K. P. and Ghafoor, A. (2005), "Generalized quality-of-service routing with resource allocation". IEEE J. Select. Areas Commun., vol. 23, pp. 450-463, (2005)

- [54] Wang, M. and Kuo, G.-S. (2005), "An application-aware QoS routing scheme with improved stability for multimedia applications in mobile ad hoc networks". In Proc. IEEE Vehicular Technology Conf., pp. 1901-1905, (2005)
- [55] Benaissa, M. and Lecuire, V. (2004), "A New Smoothing Jitter Algorithm for Voice over Ad Hoc Networks". MWCN 2004: 167-178 (2004)
- [56] Barolli, L. Koyama, A. and Shiratori, N. (2003), "A QoS routing method for ad-hoc networks based on genetic algorithm". in Proc. 14th Int. Wksp. Database and Expert Systems Applications, pp. 175-179, (Sept. 2003)
- [57] Abdrabou, A. and Zhuang, W. (2006), "A position-based qos routing scheme for UWB mobile ad hoc networks". IEEE J. Select. Areas Commun., vol. 24, pp. 850-856, (2006)
- [58] Rubin, I. and Liu, Y.-C. (2003), "Link stability models for QoS ad hoc routing algorithms". In Proc. 58th IEEE Vehicular Technology Conf., vol. 5, pp. 3084-3088, (2003)
- [59] Clark, B.N., Colbourn, C. J. and Johnson, D. S. (1990), "Unit Disk Graphs", Discrete Mathematics, vol. 86, no. 1-3, pp. 165-177, 1990.
- [60] Huson, M.L. and Sen, A. (1995), "Broadcast scheduling algorithms for radio networks". Military Communications Conference, IEEE MILCOM'95, vol. 2, pp. 647-651 (1995)
- [61] Erdős, P. and Rényi, A. (1959), "On random graphs", Publicationes Mathematicae (Debrecen), Vol 6, pp 290-297 (1959)
- [62] Stojmenovic, I., Nayak, A. and Kuruvila, J. (2005), "Design Guidelines for Routing Protocols in Ad Hoc and Sensor Networks with a realistic Physical layer". IEEE Communication Magazine 43 (3), pp. 101 – 106 (2005)
- [63] Ingelrest, F. and Simplot-Ryl, D. (2006), "Maximizing the Probability of Delivery of Multipoint Relay Broadcast Protocol in Wireless Ad Hoc Networks with a Realistic Physical Layer". LNCS Vol.4325, Springer-verlag, Berlin (2006)
- [64] Guo, S. and Yang, O. (2007), "Localized operations for distributed minimum energy multicast algorithm in mobile ad hoc networks", IEEE Transactions on parallel and distributed systems, Vol. 18, n° 2, february (2007)
- [65] Călinescu, G., Măndoiu, I., Wan, P.-J. and Zelikovsky A. (2001), "Selecting forwarding neighbors in wireless Ad Hoc networks", Proceedings of the 5th international workshop on Discrete algorithms and methods for mobile computing and communications, p.34-43, Rome, Italy, july (2001)
- [66] Adjih, C., Jacquet, P. and Viennot, L. (2002), "Computing connected dominated sets with multipoint relays", in INRIA Rapport de Recherche n° 4597, INRIA Rocquencourt, France (2002)
- [67] Stojmenovic, I., Seddigh, M. and Zunic J., "Dominating Sets and Neighbor Elimination Based Broadcasting Algorithms in Wireless Networks". IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, vol. 13, n° 1 pp. 14-25 (2002)
- [68] Ingelrest, F., Simplot-Ryl, D. and Stojmenovic, I. (2007), "Smaller Connected Dominating Sets in Ad Hoc and Sensor Networks based on Coverage by Two-Hop Neighbors", in COMSWARE 2007, january (2007)
- [69] Härri, J., Bonnet, C. and Filali, F. (2005), "OLSR and MPR: mutual dependences and performances", Med-Hoc-Net 2005, The 4th IFIP Mediterranean Ad-Hoc Networking Workshop, Île de Porquerolles, France, June 21-24 (2005).

- [70] Mans, B. and Shrestha, N. (2004), "Performance Evaluation of Approximation Algorithms for MPR Selection". Med-Hoc-Net'04, Bodrum, Turkey, June 27-30 (2004)
- [71] Chvátal, V. (1979), "A Greedy Heuristic for the Set-Covering Problem", Mathematics of Operations Research, Vol. 4, No. 3, pp. 233-235 (Aug., 1979).
- [72] Costa, L. H. M. K., Fdida, S. and Duarte, O. C. M. B. (2002), "Developing scalable protocols for three-metric QoS routing", Computer networks (Elsevier) Journal, Vol. 39, n° 6, pp. 713-727 (2002)
- [73] Badis, H. and Al Agha, K. (2003), "Distributed Algorithms for Single and Multiple-Metric Link State QoS Routing", In IFIP MWCN'03: International Workshop On Mobile and Wireless Communications Networks, Singapore, October (2003)
- [74] Martins, E.Q.V (1984), "On a multicriteria shortest path problem", European Journal of Operational Research, Vol. 16 pp:236-245 (1984)
- [75] Paschos, V. and Demange, M. (1994), "Approximation algorithms for minimum set covering problem: a survey", Foundations of Computing and Decision Sciences 19(3), (1994)
- [76] Gantsou, D., Sondi, P. and Hanafi, S. (2009), "Revisiting Multipoint Relay Selection in Optimized Link State Routing Protocol". Int. J. Communication Networks and Distributed Systems, vol. 2, n° 1, pp. 4-15 (2009)
- [77] Nemhauser, G. L. and Wolsey, L. A. (1999), "Integer and combinatorial optimization", Wiley-Interscience, New York (1999)
- [78] Ilog (2003), "Ilog Cplex 7.0. Reference manual", Collectif Ilog, (2003)
- [79] Ehrgott, M. (2005), "Multicriteria optimization". Springer (2005)
- [80] Gantsou, D. and Sondi, P. (2007), "Efficient Selection of Multipoint Relays in Wireless Ad Hoc Networks with Realistic Physical Layer". 3rd AINTEC, LNCS Volume 4866, Springer (2007)
- [81] Rice, J. A. (1994), "Mathematical Statistics and Data Analysis", Second Edition, Duxbury Press, pp. 96-97 (1994)
- [82] Broch, J., Maltz D.A., Johnson, D.B., Hu Y.-C. and Jetcheva J. (1998), "A performance comparison of multi-hop wireless ad hoc network routing protocols", In Proc. of ACM/IEEE Conference on Mobile Computing and Networking (1998)
- [83] Navidi, W. and Camp, T. (2004), "Stationary Distributions for the Random Waypoint Mobility Model", IEEE Transactions on Mobile Computing 3(1), pp. 99-108 (2004)
- [84] Dijkstra, E. W. (1971), "EWD316: A Short Introduction to the Art of Programming", T. H. Eindhoven, The Netherlands, Aug. (1971)
- [85] Leguay, J., Conan, V. and Friedman, T. (2006), "QoS Routing in OLSR with Several Classes of Service", Proc. IEEE PerCom Workshop on Pervasive Wireless Networking, (2006)
- [86] Pillay-Esnault, P. and Lindem, A. (2008), "OSPFv3 Graceful Restart", RFC 5187, IETF (2008)
- [87] Sondi, P. and Gantsou, D. (2009), "Voice Communication over Mobile Ad Hoc Networks: Evaluation of a QoS Extension of OLSR using OPNET", AINTEC'09, Bangkok, ACM Digital Library (2009)

Bibliographie

- [88] Sondi, P., Gantsou, D. and Lecomte, S. (2010) “Performance Evaluation of Multimedia Applications over an OLSR-Based Mobile Ad Hoc Network Using OPNET”, Proc. Of UKSIM, pp.567-572, 12th ICCMS (2010)
- [89] Sondi, P., Gantsou, D. and Lecomte, S. (2010), “Mobile Ad Hoc Network-based Monitoring of Battlefields or Rescue Operations in Urban Scenarios”, Proc. of 4th European Modelling Symposium, Pise, Italie (2010)
- [90] Nguyen, D.-Q., Minet, P. (2007), “Scalability of the OLSR Protocol with the Fish Eye Extension”, Proc. of the Sixth International Conference on Networking, April (2007)