

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 Informatique



THÈSE

Présentée pour l'obtention du grade de DOCTEUR

EN: INFORMATIQUE
Spécialité : Programmation et Systèmes

par **Houda ZEGHILET**

Intitulée

Le Routage dans les Réseaux de Capteurs Multimédia

Soutenue publiquement le 8 décembre 2013, devant le jury composé de:

Mme S. MOUSSAOUI	Professeur,	à l'USTHB	Présidente
M. N. BADACHE	Professeur,	à l'USTHB	Directeur de thèse
M. F. LEPAGE	Professeur,	à l'U Lorraine	Co-Directeur de thèse
M. C. PHAM	Professeur,	à l'U Pau	Examinateur
Mme M. MAIMOUR	Maître de Conférences,	à l'U Lorraine	Examinatrice
M. M. BENCHAIBA	Maître de Conférences/A,	à l'USTHB	Examinateur

Abstract

Nowadays, the proliferation of inexpensive hardware such as CMOS cameras and microphones that are able to ubiquitously capture multimedia content has led to the emergence of wireless multimedia/video sensor networks (WMSN/WVSN). As a consequence, a wide spectrum of applications can be projected in many areas and everyday life. Compared to traditional WSNs, WVSNs introduce unique challenges due mainly to the big amount of data to be captured and transmitted over a constrained network. A WVSN may require a certain level of quality of service in terms of delay, bandwidth, jitter, reliability, quality of video perception, etc.

In this work, we aim to deal with the problem of routing video content in a wireless sensor network. Many routing protocols targeted to WSNs have been proposed in the literature and can be qualified from a network organization perspective either as flat or hierarchical. In a flat topology, nodes have same functionalities and each of them can take part in the routing process. However, in a hierarchical architecture, the sensors are organized in clusters allowing for more scalability, less consumed energy and thus longer lifetime for the whole network.

Few of the existing routing protocols considered specifically the transmission of intensive data such as video. In this work, we first propose a cluster-based (hierarchical) routing protocol called ELPC (Energy Level Passive Clustering) where the main objective is to enhance the network lifetime while handling video applications. This is achieved thanks to a load balancing feature where the role of clusterheads is alternated among candidate nodes depending on their energy level.

The second contribution consists in a multipath routing protocol with interference awareness. In fact, by allowing concurrent multiple flows, the end-to-end delay gets reduced and the application needs in terms of bandwidth can be satisfied. Instead of completely suppressing interferences, our multipath routing protocol tries to minimize them through a simple algorithm without extra overhead. Multiple paths are built at once while minimizing their inter-path interferences thanks to some additional information on neighboring nodes piggy-backed on the route request messages. In addition to interference awareness, we propose a multiqueue multipriority scheme where the influence of data type in a video is considered. Simulation results show that using less interfering paths combined to a multiqueue multipriority scheme allows for better video quality.

Résumé

Aujourd'hui, la prolifération de matériel peu coûteux tels que les caméras et les microphones capables de capturer du contenu multimédia de façon ubiquitaire a conduit à l'émergence des réseaux de capteurs sans fil multimédia/vidéo (RCSFM /RCSFV). En conséquence, un grand éventail d'applications peuvent être projetées dans de nombreux domaines de la vie de tous les jours. Par rapport aux réseaux de capteurs traditionnels (RCSF), les RCSFVs présentent des défis uniques principalement en raison de la grande quantité de données à capturer et à transmettre au-dessus d'un réseau contraint en ressources. Un certain niveau de qualité de service peut être exigé en termes de délai, bande passante, gigue, fiabilité, qualité de perception de la vidéo, etc.

Dans ce travail, nous visons le problème du routage de données vidéo dans un RCSF. De nombreux protocoles de routage ont été proposés dans la littérature. Ils peuvent être qualifiés de *plat* ou *hiérarchique* en vue de l'organisation du réseau. Dans une topologie plate, tous les noeuds ont les mêmes fonctionnalités où chacun peut participer au processus de routage. Cependant, dans une architecture hiérarchique, les capteurs sont organisés en groupes (clusters) permettant une plus grande évolutivité, moins d'énergie consommée et donc une plus longue vie pour l'ensemble du réseau.

Parmi les protocoles de routage existants, peu considèrent spécifiquement la transmission de données intensives comme la vidéo. Dans ce travail, nous avons d'abord proposé un protocole de routage hiérarchique appelé ELPC (Energy Level Passive Clustering) dont l'objectif principal est d'améliorer la durée de vie du réseau en présence de flux vidéo. Ceci est obtenu grâce à l'équilibrage des charges au moment de la construction de la topologie où le rôle de tête de groupe est alterné entre les noeuds candidats en fonction de leur niveau d'énergie.

La deuxième contribution consiste en un protocole de routage multichemin qui prend les interférences inter-chemin en considération. En effet, en permettant la transmission de plusieurs flux concurrents, le délai de bout en bout se trouve réduit et les besoins de l'application en termes de bande passante peuvent être satisfaits. Au lieu de supprimer complètement les interférences, notre protocole de routage multichemin tente de les minimiser en se basant sur l'ajout d'informations supplémentaires sur les noeuds voisins dans les messages de construction de la topologie. De plus, nous proposons un schéma de files d'attente priorités multiples où l'influence des types de données dans une vidéo est considérée. Les résultats des simulations montrent que l'utilisation de chemins moins interférents combinée à un régime de multipriorité permet une meilleure qualité vidéo.

Acknowledgement

No words can express my gratitude to my parents *Hemama Bounebirat* and *Messaoud Zeghilet*. I am forever grateful to them for their love, support, prayers, encouragement, sacrifices, and help throughout my life.

I would like to thank Profs. Nadjib Badache and Francis Lepage, my supervisors for their invaluable support, guidance, and encouragement throughout these years. I feel very privileged to have had the opportunity to learn from, and work with them. I hope I managed to adopt some of their professional attitude and integrity.

I also would like to thank my co-advisor Dr. Moufida Maimour for her support, guidance, and patience. Throughout our work on my Ph.D., Moufida was more than a co-advisor. She taught me how to do research through creative, critical thinking, hard work, and perseverance. Working with her was an immense academic and human experience.

I am very much honored by and grateful to Prof. Samira Moussaoui, Dr. Mahfoud Benchaiba, Prof. Congduc Pham my committee members, for their kind willingness to judge this work.

This work could not have been achieved without the unlimited support and continuous encouragement of my husband. He helped me go through all the tough times. I thank him for all what he did for me. My thanks also go to my sisters and brothers for their support and patience. These have been the driving force behind my accomplishments.

Contents

Abstract	i
Résumé	iii
Acknowledgement	v
1 Introduction	1
2 Routing in Wireless Sensor Networks	5
2.1 Introduction	5
2.2 Flat Routing	6
2.2.1 Data-centric Routing	6
2.2.2 Location-based Routing	9
2.2.3 Multipath Routing	10
2.2.4 Quality of Service Routing	12
2.3 Hierarchical Routing	12
2.3.1 Clustering and Routing	12
2.3.2 Clustering Algorithms Taxonomy	16
2.3.3 Pre-established Cluster-based Routing Algorithms	17
2.3.4 On-demand Cluster-based Routing Algorithms	19
2.4 Conclusion	21
3 Routing Multimedia in Wireless Sensor Networks	23
3.1 Introduction	23
3.2 Wireless Multimedia Sensor Networks	24
3.3 QoS Routing Techniques	26
3.3.1 Sufficient Bandwidth Provision	27
3.3.2 Reliability Support	29
3.3.3 Latency Constrained/Real-time Routing	33
3.3.4 Multiple QoS Metrics Routing	34
3.4 Clustering and Routing in WMSNs	37
3.4.1 Heterogeneous Organization	37
3.4.2 Distributed Processing	40

3.5	Conclusion	40
4	Energy Level-based Passive Clustering	43
4.1	Introduction	43
4.2	Energy Level-based Passive Clustering (ELPC)	44
4.2.1	ELPC Description	45
4.2.2	ELPC and Network Lifetime	49
4.3	Simulation Results	50
4.3.1	Scalar Data Transport	52
4.3.2	Video Data Transport	58
4.4	Conclusion	69
5	Multipath Routing with Interference Awareness in WMSNs	73
5.1	Introduction	73
5.2	Interferences and Multipath Routing	74
5.2.1	Interference Modeling	75
5.2.2	Taxonomy of Multipath interference-aware Routing in WSNs	75
5.3	Multipath Routing with Interference Awareness	78
5.3.1	Preliminaries and Assumptions	78
5.3.2	Protocol Overview	79
5.3.3	Paths Discovery Phase	79
5.3.4	Intra-path Interferences	80
5.3.5	Data Transmission Phase	81
5.3.6	Illustrative Example	82
5.4	Evaluation and Simulation Results	83
5.4.1	Preliminary Simulation Results	83
5.4.2	Video Transport Evaluation	84
5.5	Multiqueue Multipriority Scheme	88
5.6	Conclusion	93
6	Conclusion	95