AIN SHAMS UNIVERSITY

FACULTY OF ENGINEERING

Electronics Engineering and Electrical Communications Department

Development of Routing Protocols in Wireless Sensor Networks for Monitoring Applications

A Thesis submitted in partial fulfillment of the requirements of

Degree of Master of Science in Electrical Engineering

(Electronics Engineering and Electrical Communications)

by

Eng. Mohamed Ibrahim Gaber Tawfik

B.Sc. of Electronics & Communications Engineering

(Electronics Engineering and Electrical Communications Department)

Faculty of Electronic Engineering, Menoufia University, 2008

Supervised By

Prof. Dr. Abdelhalim Abdelnaby Zekry

Prof. Dr. Imbaby Ismail Mahmoud

Prof. Dr. Usama Seddik Abdelghafar

Cairo, 2016

AIN SHAMS UNIVERSITY

FACULTY OF ENGINEERING

Electronics Engineering and Electrical Communications Department

Development of Routing Protocols in Wireless Sensor Networks for Monitoring Applications

by

Eng. Mohamed Ibrahim Gaber Tawfik

B.Sc. of Electronics & Communications Engineering

(Electronics Engineering and Electrical Communications Department)

Faculty of Electronic Engineering, Menoufia University, 2008

Examiners' Committee

Name and affiliation	**Signature**
Prof. Dr. Abdelhalim Abdelnaby Zekry Electronics Engineering and Electrical Communications Department Faculty of Engineering, Ain Shams University.	……..
Prof. Dr. Hadia Mohamed Elhennawy Electronics Engineering and Electrical Communications Department Faculty of Engineering, Ain Shams University.	……..
Prof. Dr. Nabeel Mohamed Abdelfattah Aiad Nuclear Reactors Department Nuclear Research Center, Atomic Energy Authority.	……..

Date: 18 / 04/ 2016

AIN SHAMS UNIVERSITY

FACULTY OF ENGINEERING

Electronics Engineering and Electrical Communications Department

Development of Routing Protocols in Wireless Sensor Networks for Monitoring Applications

by

Eng. Mohamed Ibrahim Gaber Tawfik

B.Sc. of Electronics & Communications Engineering

(Electronics Engineering and Electrical Communications Department)

Faculty of Electronic Engineering, Menoufia University, 2008

Supervisors' Committee

Name and affiliation	**Signature**
Prof. Dr. Abdelhalim Abdelnaby Zekry Electronics Engineering and Electrical Communications Department Faculty of Engineering, Ain Shams University.	……..
Prof. Dr. Imbaby Ismail Mahmoud Engineering and Scientific Instruments Department Nuclear Research Center, Atomic Energy Authority.	……..
Prof. Dr. Usama Seddik Abdelghafar Experimental Nuclear Physics Department Nuclear Research Center, Atomic Energy Authority.	……..

Date: 18 / 04/ 2016

Statement

This dissertation is submitted to Ain Shams University in partial fulfillment of the degree of Master of Science in Electrical Engineering (Electronics and Communications Engineering).

The work included in this thesis was carried out by the author at the Electronics and Communications Engineering Department, Faculty of Engineering, Ain Shams University, Cairo, Egypt.

No part of this thesis was submitted for a degree or a qualification at any other university or institution.

Name: Mohamed Ibrahim Gaber

Signature:

Date: 18/04/ 2016

Researcher Data

Name: Mohamed Ibrahim Gaber Tawfik

Date of Birth: 11/01/1987

Place of Birth: Egypt

Nationality: Egyptian

Last Academic Degree: B.Sc of Electronics Engineering and communications, Faculty of electronic Engineering, Menoufia University

Field of specialization: Communication Engineering

University issued the degree: Menoufia University

Date of issued degree: May 2008

Current job: Demonstrator of Electronics Engineering and communications, Nuclear Research Center, Atomic Energy Authority.

Acknowledgment

Mohamed Ibrahim Gaber Tawfik
Electronics Engineering and Electrical Communications Department
Faculty of Engineering
Ain Shams University
Cairo, Egypt
2016

I would like to express my deep gratitude to Prof. Dr. Imbaby Mahmoud, Prof. Dr. Abdelhalim Zekry and Prof. Dr. Usama Seddik for their strong encouragement, valuable and continuous guidance, constructive advices and valuable support during my work and in the writing of the dissertation.

I would like to express my especial gratitude to Prof. Dr. Imbaby Mahmoud for his greet efforts that had a great influence on my scientific research life. Also, I would like to express my gratitude to my family for their never ending encouragement, patient and time support during the preparation of this thesis.

The part of interference study is conducted under IAEA coordinated research project I31028 entitled ‘Application of Wireless Technologies in Nuclear Power Plant Instrumentation and Control Systems’ - RA No: 18572/R0.

جامعة عين شمس

كلية الهندسة

قسم هندسة الإلكترونيات والإتصالات الكهربيه

تطوير بروتوكولات التوجيه في شبكات الإستشعار اللاسلكيه لأغراض المراقبه

رسالة مقدمه

للحصول علي درجة ماجستير العلوم في الهندسة الكهربية

هندسة الإلكترونيات والإتصالات الكهربيه

مقدمة من

المهندس/ محمد إبراهيم جابر توفيق

بكالوريوس هندسة الإلكترونيات والإتصالات الكهربيه

قسم هندسة الإلكترونيات والإتصالات الكهربيه

كلية الهندسة الالكترونيه- جامعة المنوفيه - 2008

تحت إشراف

أستاذ دكتور/ عبدالحليم عبدالنبي ذكري

أستاذ دكتور/ إمبابي إسماعيل محمود

أستاذ دكتور/ أسامة صديق عبدالغفار

القاهره - 2016

جامعة عين شمس

كلية الهندسة

قسم هندسة الإلكترونيات والإتصالات الكهربيه

رسالة ماجستير

الباحث : محمد إبراهيم جابر توفيق

الرسالة : تطوير بروتوكولات التوجيه في شبكات الإستشعار اللاسلكيه لأغراض المراقبه

الدرجة : ماجستير العلوم في الهندسة الكهربية

القسم : قسم هندسة الإلكترونيات والإتصالات الكهربيه

لجنة التحكيم

الاسم	التوقيع
أ.د/ عبدالحليم عبدالنبي ذكري قسم هندسة الالكترونيات والاتصالات الكهربيه كلية الهندسه – جامعة عين شمس	.....
أ.د/ هاديه محمد الحناوي قسم هندسة الالكترونيات والاتصالات الكهربيه كلية الهندسه – جامعة عين شمس	.....
أ.د/ نبيل محمد عبدالفتاح عياد قسم المفاعلات الذريه مركز البحوث النوويه - هيئة الطاقه الذريه	.....

تحريرا" في 18 /04/ 2016م

جامعة عين شمس

كلية الهندسة

قسم هندسة الإلكترونيات والإتصالات الكهربيه

رسالة ماجستير

الباحث : محمد إبراهيم جابر توفيق

عنوان الرساله : تطوير بروتوكولات التوجيه في شبكات الإستشعار اللاسلكيه لأغراض المراقبه

اسم الدرجه : ماجستير العلوم في الهندسة الكهربية

القسم : قسم هندسة الإلكترونيات والإتصالات الكهربيه

لجنة الإشراف

أ.د/ عبدالحليم عبدالنبي ذكري .....

أستاذ بقسم هندسة الالكترونيات والاتصالات الكهربيه

كلية الهندسه – جامعة عين شمس

أ.د/ إمبابي إسماعيل محمود .....

أستاذ بقسم الهندسة والاجهزه العلميه

مركز البحوث النوويه- هيئة الطاقه الذريه

أ.د/ أسامه صديق عبدالغفار .....

أستاذ بقسم الطبيعه النوويه التجريبيه

رئيس مركز البحوث النوويه- هيئة الطاقه الذريه

الدراسات العليا

ختم الإجازة **أجيزت الرسالة**

موافقة مجلس الكلية **موافقة مجلس الجامعة**

جامعة عين شمس
كلية الهندسة
قسم هندسة الإلكترونيات والإتصالات الكهربيه

تعريف بمقدم الرسالة

إسم الباحث : محمد إبراهيم جابر توفيق

تاريخ ومحل الميلاد : مصر 11-01-1987

الدرجة العلمية : بكالوريوس هندسة الإلكترونيات والإتصالات الكهربية

الجهة المانحة لها : كلية الهندسة الالكترونية بمنوف

تاريخ المنح :مايو 2008

إسم مقدم البحث : محمد إبراهيم جابر توفيق

التوقيع :

التاريخ :

مستخلص الرسالة

أسم الطالب : محمد إبراهيم جابر توفيق

عنوان الرساله : تطوير بروتوكولات التوجيه في شبكات الإستشعار اللاسلكيه لأغراض المراقبه

اسم الدرجه : ماجستير العلوم في الهندسة الكهربية

أدي التطور السريع لتكنولوجيا وخدمات الشبكات اللاسلكيه لظهور شبكات الإستشعار اللاسلكيه التي تتميز بقدرتها علي التعامل مع الخواص الفيزيائيه المختلفه لتطبيقات المراقبه والتحكم الالي في المجالات المختلفه ومنها التطبيقات النوويه من خلال شبكات المراقبه الاشعاعيه والتطبيقات العسكريه والطبيه والزراعيه والصناعيه والعديد من التطبيقات الأخري.

لذا، كان من الضروري دراسة طرق وبروتوكولات توجية معلومات الإستشعار بين وحدات الإستشعار للحصول علي شبكات إستشعار لاسلكيه تستخدم اقل طاقه وبأقل تكلفه وبأستخدامات عديده في تطبيقات مختلفه.

تقدم الرساله دراسة وافيه لأداء ثلاثة بروتوكولات توجيه في شبكات الإستشعار اللاسلكيه وهي :

- Ad hoc On-demand Distance Vector (AODV)
- Dynamic Source Routing (DSR)
- Optimized Link State Routing (OLSR)

وقد تمت الدراسه من خلال عمل نموذج محاكاه لشبكة إستشعار لاسلكيه تتكون من وحدات إستشعار متحركه ووحده مركزيه تربط الشبكه بأنظمة معالجة وتخزين بيانات عن طريق شبكة الانترنت.

ثم تم عمل محاكاه ودراسة للنتائج عن طريق برنامج محاكاة الشبكات اللاسلكيه

(OPNET Modeler Simulator) .

بالإضافه الي ذلك، فقد تم تقديم نموذج لدراسة تأثيرالتداخل الرديوي والشوشره علي شبكات الإستشعار اللاسلكيه نظرا لتأثيرهم البالغ علي توجيه معلومات الإستشعار بالاضافه الي تقديم الحل لمعالجته .نتائج المحاكاه تبين التأثير القوي للتداخل علي اداء شبكات الإستشعار اللاسلكيه، ففي البدايه تم رصد التداخل وتحديد تأثيره عن طريق أستخدام نموذج محاكاه للتداخل يعتمد علي Hidden Markov Model (HMM) لحساب معامل إتاحية قناة الاتصال (CAM) وذلك لاختيار افضل قناة اتصال ذات اعلي معامل من بين قنوات الاتصال المتاحه.

للتغلب علي مشكلة الشوشره ،تم أستخدام طريقة تبديل قناه الاتصال لتجنب قناة الاتصال المعرضه للشوشره. التداخل قد يكون نتيجة مصدر تشويش او نتيجة استخدام قناة الاتصال من مستخدم اخر. نتائج المحاكاه توضح اهمية استخدام طريقة تبديل قناة الاتصال لتحسين اداء شبكة الإستشعار اللاسلكيه من خلال تحسين كل عوامل قياس اداء الشبكه.

وتشمل الاعمال المستقبليه، توصيف لكيفية عمل برتوكول توجيه يتجنب تأثير التداخل والشوشره لتحسين اداء شبكات الإستشعار اللاسلكيه.

تتكون الرسالة من خمسة فصول، الفصل الاول ويحتوي علي مقدمة عامه تعرض موضوع الرسالة.

الفصل الثاني ، ويحتوي علي شرح وافي عن شبكات الاستشعار اللاسلكيه من ناحية التكوين الفيزيائي والبناء الداخلي للشبكات وعوامل التصميم والتطبيقات المختلفه.

الفصل الثالث ، ويحتوي علي شرح وافي لتصنيف بروتوكولات التوجيه في شبكات الإستشعار اللاسلكيه والهدف منها وكيفية استخدام برنامج المحاكاه لدراسة بروتوكولات التوجيه المختاره وهي (AODV, DSR, OLSR) بالاضافه الي عرض نتائج الدراسه والمحاكاه.

الفصل الرابع ، ويحتوي علي دراسه لتأثير التداخل والشوشره علي شبكات الإستشعار اللاسلكيه من خلال استخدام نموذج محاكاه لحساب معامل إتاحية قناة الاتصال Channel Availability Metric (CAM) وذلك لاختيار افضل قناة اتصال ذات اعلي معامل من بين قنوات الاتصال المتاحه. ثم تم شرح طريقة اكتشاف الشوشره في شبكات الإستشعار اللاسلكيه من خلال سيناريوهات عديده عن طريق العلاقه بين شدة الاشاره ونسبة حزم البيانات المستقبله بنجاح. للتغلب علي تأثير الشوشره تم استخدام طريقة تبديل قناه الاتصال وذلك لتجنب قناة الاتصال المعرضه للشوشره.

وأخيرا الفصل الخامس يحتوي علي ملخص ما تم تقديمه خلال هذه الرسالة والتطويرات المستقبليه المقترحة لموضوع هذه الرسالة.

Published Paper

Journal Paper:

Mohamed I. Gaber, Imbaby I. Mahmoud, Abdelhalim Zekry, and Osama Seddik, “ Comparison of Routing Protocols in Wireless Sensor Networks for Monitoring Applications”, International Journal of Computer Applications, March 2015, pp 1-7.

Contents

Contents i

List of Figures v

List of Tables viii

Abbreviations ix

Symbols xi

Thesis Summary xii

1 Chapter 1: Introduction…….……..……..……...…...…….…..…....1

1.1 Motivations and Contributions……..……..……...…….....……..…2

1.2 Network Simulation Tool…….……..…….....…….……..…..4

1.3 Thesis Outline…….…….…….....……6

2 Chapter 2: Wireless Sensor Networks…….…….....7

2.1 Introduction…….……..…….……...…7

2.2 Wireless Sensor Network Architecture…….……..…..…….…....7

2.3 Comparison of Computer Networks and WSNs.……...….…..…11

2.4 WSN Communications……...…….…..…12

2.4.1 Sensors Communication Modes…….....13

2.5 Sensor Node Protocol Stack ……...……..……14

2.6 Applications of WSNs……...……...…16

2.6.1 Monitoring Applications……..……...17

2.6.2 Control Applications……..…….……...……..…18
2.7 Constraints and Challenges……..….19
2.7.1 Self Management…….....……19
2.7.2 Ad Hoc Deployment…….……...19
2.7.3 Design Constraint……...…….……...….20
2.7.4 Security……..…….....20

3 Chapter 3: Routing Protocols in WSNs……..…….…....……21

3.1 Introduction…….……..……...……..…21
3.2 Routing Protocols classification……...…22
3.3 Ad Hoc On-Demand Distance Vector (AODV) …..……...…24
3.3.1 AODV Route Establishment……...……...26
3.3.2 AODV Route Maintenance…….……27
3.4 Dynamic Source Routing (DSR) …….28
3.5 Optimized Link State Routing (OLSR) …..…….……29
3.6 Network Performance Analysis……30
3.6.1 Node Mobility and Random Waypoint Mobility Model…….30
3.6.2 The proposed Network Simulation Model……..……..…31
3.7 The proposed Radiation Monitoring System……33
3.8 Simulation Results and Discussions…….34
3.8.1 Average Packet Time Delay...……..……34
3.8.2 Load…….……...…..……..……....35
3.8.3 Total Packets Dropped…….……...…….36
3.8.4 Routing Overhead……....37
3.8.5 No of Hops per Route……..38
3.8.6 OLSR Multi Point Relay Status……...39
3.8.7 Route Discovery Time……..…40
3.9 Related Work……..…….…….42