استخدام شبكة استشعار لاسلكية في تصميم تقاطع مروري ذكي للحد من الاختناقات المرورية في مدينة البصرة

غيهـــب حســـن عداي
Ghaihab4all@yahoo.com
قسم علوم الحاسبات ، كلية العلوم ، جامعة البصرة ، البصرة ، العراق

الملخص

أصبحت شبكات الاستشعار اللاسلكية من أهم ثورات التقنية العلمية في مجال الاتصالات اللاسلكية حيث أنها فتحت مجالا واسعا أمام ابتكار جيل جديد من التطبيقات في مجالات متنوعة مثل رصد تغيرات البيئة والأحوال الجوية، المراقبة الصحية، وتطبيقات أمنية لا حصر لها مثل اكتشاف المتسللين وعمليات اقتحام المناطق المحظورة.

يهدف البحث إلى تصميم شبكة استشعار لاسلكية (WSN) لمدينة البصرة الغرض منها تحسس الاختناقات المرورية في كل تقاطع مروري في المدينة وبالتالي خلق تقاطع مروري ذكي يراعي وقت ذروة الازدحام ويحقق العدالة في عامل وقت الانتظار.النظام المقترح يتألف بشكل أساسي من مجموعة صغيرة من أجهزة الاستشعار ذات نوعية واحدة محددة تزرع في أماكن محددة مسبقا على أعمدة الإنارة وترسل بياناتها إلى نقطة مركزية أو المركز وفق برتوكول توجيه بيانات تم تصميمه لهذا الغرض بما يطيل عمر شبكة الاستشعار اللاسلكية لأقصى حد ممكن، وفي المحطة المركزية يتم تحديد النمط أو السلوك الذي سيتم إتباعه من قبل الإشارات الضوئية لفتح مسارات الطرق وفق آلية تجعل التقاطع المروري يراعي أوقات ذروة الازدحام حسب البيانات المرسلة من قبل العقد المزروعة على الطريق والتي تتحسس السيارات المتوقفة تماما والمتحركة.

Abstract

Wireless Sensor Networks (WSN) becomes one of the most important scientific revolutions in the field of wireless communications. Its opens a wide range in front of innovation of new generation of applications like monitor changes in the environment, weather, health monitoring and a lot of security applications

This research aims to design a WSN for Basra city that target to sense the traffic jams in every intersection traffic in order to set a clever intersection traffic which takes into account rush hour and achieves justice for those whom waiting. The proposed system

basically consists of small groups of sensors of one specific quality that puts into specific places on lampposts which send data to station according to routing protocol that has been designed to this purpose to extend the life of WSN to the maximum extent possible. The station will determined the pattern that will be followed by the optical signal paths to open the rods according to a mechanism to make the intersection traffic into rush hour according to the receiving data from nodes in the road which sense parked cars and moving ones.

١. المقدمة

تعد مشكلة الازدحام المروري من أهم المشاكل التي يعانيها العراق في الزمن الحاضر، ولا يخفى الآثار السلبية العظيمة التي تترتب مع حدوث الاختناقات المرورية من جوانب بيئية واقتصادية من جهة ومن جوانب نفسية تدخل في سلوك الفرد من جهة أخرى. ولعل السبب الرئيس في مشكلة الاختناقات هو الارتفاع الهائل في إعداد السيارات عطفا على ارتفاع الدخل الشهري للموظف العراقي مع بقاء الطاقة الاستيعابية للشوارع على شاكلتها القديمة. الجدول (١) يوضح القفزات الكبيرة في تزايد أعداد السيارات في الأعوام الأخيرة في محافظة البصرة [١].

جدول (١) أعداد السيارات في محافظة البصرة

السنة	حمل	باص	أجرة	خاصة	أعداد السيارات
١٩٤٠	-	-	-	-	٨٣٤
١٩٥٠	٧٤٤	-	١٢١٢	٧٦٢	٢٧٤٨
١٩٦٠	١٨٠٧	١٤٢	١٧٧٦	٣٥٢٩	٧٢٥٤
١٩٧٠	٥٢٥٧	١١٣١	١١٥٠	٤٥٠٧	١٢٠٤٥
١٩٨٠	١٨٢٢٨	١٤٧٠	٤٢٠٩	٧٨٧٢	٣١٧٧٩
١٩٩٠	١٤٩٤٩	-	-	٤١٢٠٣	٥٦١٥٢
٢٠٠٠	١١٥٤٧	٦٨٣٥	٤٢٤٠	٤٢١٣٠	٦٤٧٥٢
٢٠١٠	١٩١٥٣	-	١٤٦٤٦	١٣٣٢٠٧	١٦٦٩٨٨

مما تجدر الإشارة إليه غياب الإشارات المرورية (Traffic light) في مدينة البصرة علما انه في الآونة الأخيرة أصبح بالإمكان السيطرة عليها باستخدام الحاسوب الالكتروني وليس فقط باستخدام توقيتات محددة. يوجد في مدينة البصرة (٣٨) تقاطع أو عقدة تمتد على شوارعها الرئيسية (٣٠) منها مجهزة بإشارات مرورية، الصالح منها للعمل فقط (١٣) والباقي لا تعمل وبدرجات متفاوتة من الأعطال [٢]، كما إن الصالح منها عمله متقطع إما بسبب انقطاع التيار الكهربائي عنه أو بسبب استغناء رجل المرور عن الإشارة الضوئية واعتماده على تقديره الشخصي في

تقرير انسيابية المرور، الأمر الذي زاد الطين بله وفاقم مشكلة الاختناق المروري. الجدول (٢) يوضح بعض التقاطعات الرئيسية في مدينة البصرة وحالة الإشارات المرورية فيها [٣].

جدول (٢) بعض من التقاطعات الرئيسية في محافظة البصرة

ت	أسم التقاطع	الموقع	الإشارة الضوئية
١	تقاطع الكزيزة	التقاء شارع بغداد مع شارع الإمام علي	عاطلة
٢	تقاطع الفراهيدي	تقاطع شارع الخليج العربي مع شارع مالك ابن دينار	صالحة
٣	تقاطع البهو	مقابل بهو الإدارة المحلية	عاطلة
٤	تقاطع الجمهورية ١	تقاطع شارع الحصاد الأكبر مع شارع عتبة بن غزوان	صالحة
٥	تقاطع الجمهورية ٢	التقاء شارع الربيع بن زياد مع شارع عتبة بن غزوان	عاطلة
٦	تقاطع جسر التعليمي	التقاء شارع الوفود مع شارع الاستقلال	عاطلة
٧	تقاطع الأصمعي	تقاطع شارع النصر مع شارع الموفق بالله	صالحة
٨	تقاطع الخورة	مقابل متنزه الخورة على شارع الوفود	صالحة
٩	تقاطع الصمود	تقاطع شارع الخليج العربي مع شارع الموفق بالله	عاطلة
١٠	تقاطع بغداد	تقاطع شارع عمر بن الخطاب مع شارع عتبة بن غزوان	عاطلة

الأمر الذي يجب أن يشار إليه هنا هو أن آلية انسيابية المرور وفتح المرور أمام مركبات أي شارع في أي تقاطع مع حركة عقرب الساعة ووفق تقدير بشري بحت متمثلا بشخصية رجل المرور هو في حد ذاته جزء من المشكلة، فليس من المعقول أن يفُتح الطريق أمام شارع معين لحين خلو هذا الشارع من السيارات تماما على حساب ترتيب مظلومية على بقية الاتجاهات من حيث عامل الوقت والانتظار، وكذلك السلوك الفردي الشخصي الخاص برجل المرور ممكن أن يفاقم الازدحام المروري من حيث تأثره كانسان بعوامل الطقس وإحساسه المتزايد بالتعب أو في كثير من الأحيان إحساسه بالضجر وانغماسه في حديث مع زميل آخر.

ومن الأمور الهامة جدا والتي تعتبر بعيدة كل البعد عن تقاطعات مدينة البصرة وعن تقدير رجال المرور هي تقدير أوقات ذروة الازدحام وبأي اتجاه تكون الحركة الأكثر كثافة، فعلى سبيل المثال تقاطع الكزيزة في اغلب أيام الأسبوع يشهد ذروة الازدحام المروري صباحا (من الساعة السابعة صباحا إلى الساعة التاسعة صباحا) والطريق الأعلى كثافة من حيث عدد السيارات هو في شارع بغداد باتجاه بوابة البصرة وكذلك الاتجاه المعاكس من جسر الكزيزة وباتجاه مركز مدينة البصرة حيث يكون هناك زخم من السيارات جزء كبير منها قادم من بقية المحافظات.

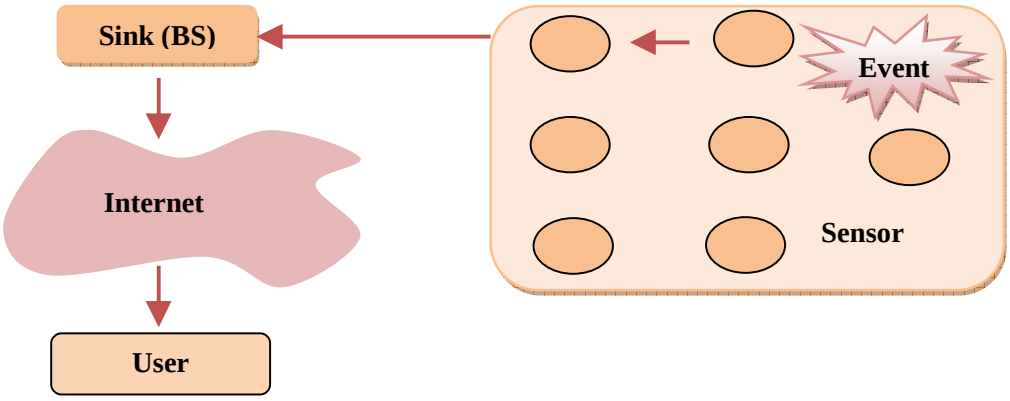
٢. مفاهيم أساسية في التقنية المستخدمة لتصميم آلية فك الاختناق المروري

شبكات الاستشعار اللاسلكية أصبحت تأخذ حيزا واسعا من الاهتمام كفرع مستقل عن الشبكات الاعتيادية، وعمليات توجيه البيانات فيها تعاني الكثير من المشاكل على مستوى الطاقة ومستوى جودة البيانات الواصلة فتوجيه البيانات في هذه الشبكات يختلف اختلافا جذريا عن أنواع الشبكات الأخرى.

٢.١. شبكات الاستشعار اللاسلكية

شبكات الاستشعار اللاسلكية نوع جديد من أنواع الشبكات وتختلف مفاهيمه كثيرا عن بقية أنواع الشبكات مثل الشبكات السلكية و شبكات الهاتف النقال من حيث عملية توجيه البيانات وعمر الشبكة ومصروف الطاقة، ومنذ ظهورها أصبحت مقياس للتطور الحضاري لأي مدينة لما لها من تطبيقات لا حصر لها [٤].

شبكة الاستشعار اللاسلكية عبارة عن مجموعة من العقد الصغيرة (Sensor Nodes) يتم تسخيرها لتقوم بتحسس أو قياس أي متغير فيزيائي،كيميائي أو بيولوجي ضمن البيئة المزروعة فيها كان تكون درجة الحرارة، الرطوبة، الحركة، سرعة جريان الماء أو التلوث. ثم تقوم بإرسال البيانات المعالجة فيما بينها وفق بروتوكول توجيه خاص بهذا النوع من الشبكات إلى عقدة مركزية (Sink) وفيه يتم حساب البيانات والمعطيات واتخاذ القرارات ويمكن أيضا أن يمثل حلقة وصل بين شبكة الاستشعار اللاسلكية وبين الانترنت [٥]. الشكل (١) يوضح العناصر الأساسية لشبكات الاستشعار اللاسلكية [٦].



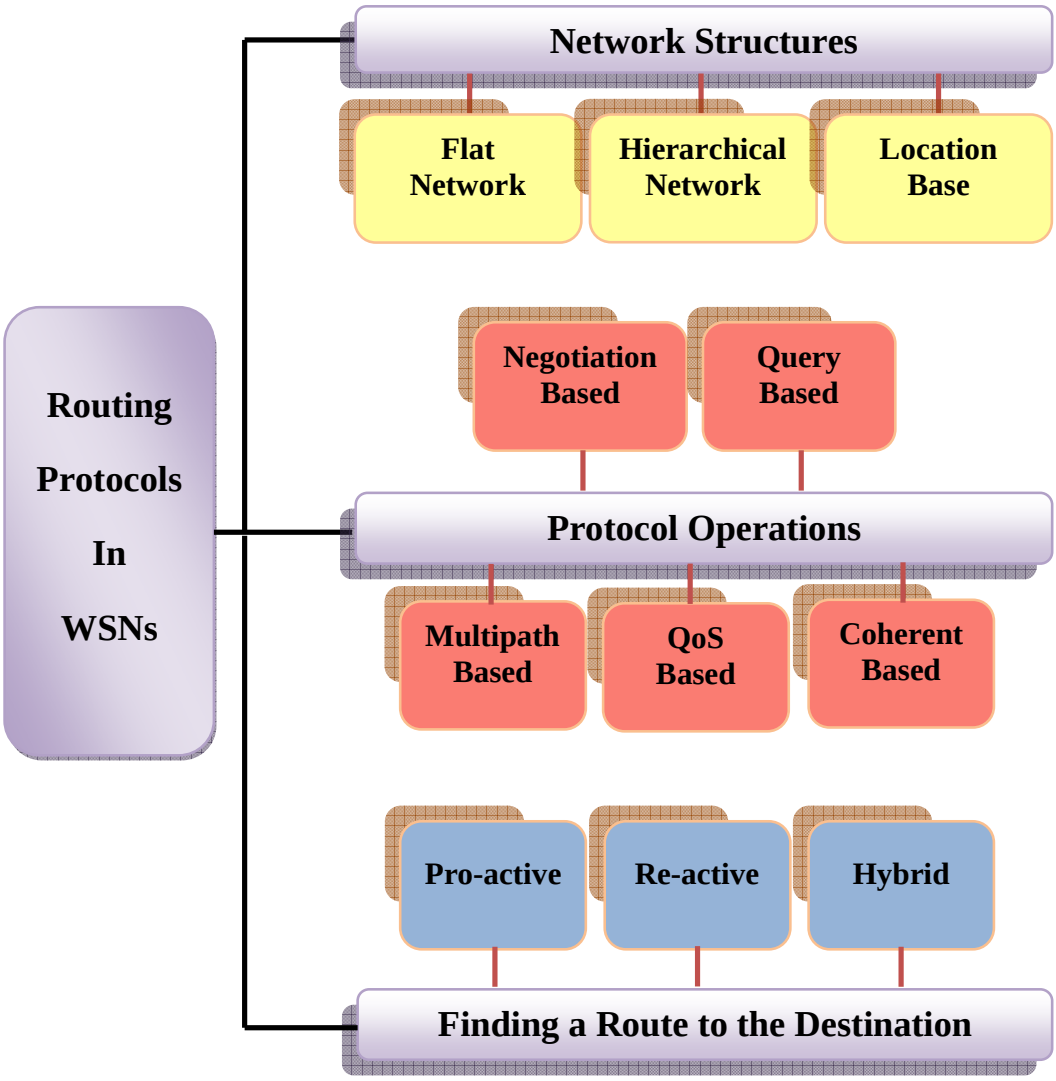
الشكل (١) شبكة استشعار لاسلكية (Wireless Sensor Networks)

٢.٢. عملية توجيه البيانات في شبكات الاستشعار اللاسلكية

إن الهدف الأساسي من أي شبكة استشعار لاسلكية هو تحسس متغيرات معينة وجمع البيانات الخاصة بالظاهرة ومن ثم نقل هذه البيانات من المنطقة الواقعة تحت المراقبة إلى مركز معين يتم فيه معالجة البيانات واتخاذ القرارات وهذا يتم من خلال بروتوكول لتوجيه البيانات والذي يجب أن يراعي التطبيق الذي صممت من اجله شبكة الاستشعار اللاسلكية، إن عملية توجيه البيانات ضمن شبكة الاستشعار اللاسلكية يتم وفق بروتوكولات توجيه

(Routing Protocols) خاصة وفريدة فهي تختلف اختلافا جذريا عن شاكلتها الموجودة في بقية أنواع الشبكات الأخرى [٧].

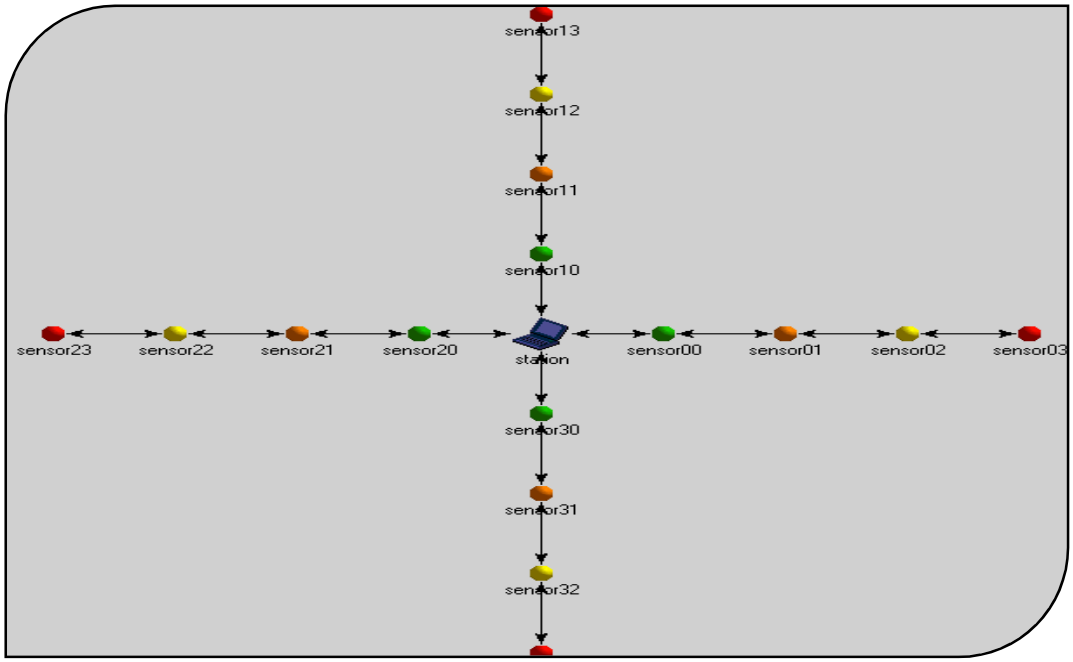
تم تصميم العديد من بروتوكولات التوجيه في شبكات الاستشعار اللاسلكي والتي تختلف فيما بينها من حيث التطبيق الخاص بالشبكة أو من حيث مصروف الطاقة للشبكة والذي يمثل التحدي الأكبر في شبكات الاستشعار اللاسلكية أو حتى من هيكلية (طبوغرافية) الشبكة.الشكل (٢) يوضح مخطط لتصنيف الفئات العامة لبروتوكولات التوجيه الموجودة حاليا [٨].



الشكل (٢) تصنيفات أنواع بروتوكولات التوجيه في شبكات الاستشعار اللاسلكية

٣. النظام المقترح

يتألف النظام المقترح من ستة عشر متحسس أو مستشعر وبروتوكول توجيه تم تصميمه خصيصا لشبكة الاستشعار اللاسلكية المقترحة بما يراعي العمر الافتراضي للشبكة من خلال تقليل مصروفات الطاقة للمتحسسات إلى اقل حد ممكن، الشكل (٣) يوضح شكل شبكة الاستشعار اللاسلكية المقترحة باستخدام محاكي الشبكات Omnet++.



الشكل (٣) شبكة الاستشعار اللاسلكية المقترحة لخلق تقاطع مرور ذكي.

الشبكة المقترحة تتألف من نوع واحد من المتحسسات (Sensors) وهو من أنسب أنواع المستشعرات لمثل هذا النوع من التطبيقات وهو (Motion Infrared (IR) Sensor) تم اختياره لتميزه بعدة مواصفات تعتبر مثالية ومتوافقة مع الهدف الأساسي الذي تم تصميم الشبكة من اجله ومن أهم خصائصه [٩] :-

١. له القابلية على تحسس المركبات أو الأشخاص أو الحيوانات اعتمادا على درجة الحرارة المنبعثة.

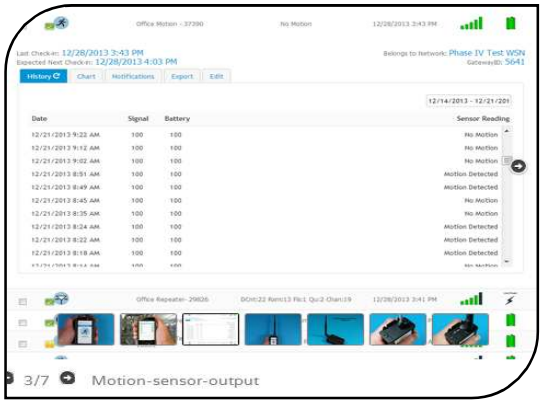
٢. مدى الاستشعار مناسب ويتجاوز العشرة أمتار.

٣. مدى إرسال جيدة حيث يصل إلى مائة متر ويمكن استخدام مكرر لتقوية البث.

٤. يتحمل الظروف المناخية القاسية ودرجات حرارة تتراوح بين (-٢٠) و (٦٠) درجة مئوية .

٥. زوج من البطاريات المدمجة التي تعطي عمر مثالي للمتحسس حيث إن معدل عمر المتحسس هو عشر سنوات في حال إرسال البيانات كل خمس دقائق لمسافة ثمانون متر.

٦. سعر المتحسس الواحد هو (٣٥٠ دولار أمريكي) وهذا يعني أن كلفة متحسسات كل تقاطع هو (٥٦٠٠ دولار أمريكي). المتحسس المقترح والواجهة البرمجية للبيانات الواصلة إلى المركز كما هو واضح في الشكل (٤).



الشكل (٤) المتحسس (Motion Infrared (IR) Sensor)

١.٣. التقاطع المروري الذكي

الشبكة المقترحة كما تظهر في الشكل (٥) وكما ذكر سابقا تتكون من (١٦) متحســـس ، كل أربع متحسسات في شارع، بين كل متحسس وأخر ضمن الشارع الواحد مسافة (٥٠ متر) وهذا يعني إن كل شبكـــة في كل تقاطـع في المدينة تمتد لمسافـــة (٢٠٠ متر) في كل شارع من الاتجـاهات الأربعة، وهذا يعطـــي تصـــور أكثر من جيـد لمدى كثافة الازدحـــام في أي تقاطـع علـى فرض أن معـدل طـول المركبـة هو خمسة أمتار (معدل طول المركبة المتوسطة الحجم + مسافة قبل المركبة وبعدها = خمسة أمتار)

مما تجدر الإشارة إلية هنا انه تم الإبقاء على آلية وتراتبية فتح الإشارة الخضراء مع عقارب الساعة وفق ما ألف عليه السائق العادي وذلك درءا لحالة قد تكون جديدة كليا وتسبب فوضى واستغراب ومراعاة لكل المستويات الثقافية لكل أطياف المجتمع.

٢.٣ برتوكول التوجيه والية العمل

تم استخدام محاكي الشبكات (Omnet T++)[١٠] لعمل محاكاة لبروتوكول التوجيه ولحساب معدل الإرسال والاستقبال لكل متحسس والزمن المستغرق لوصول البيانات إلى المحطة، حيث إن عدد مرات الإرسال يعطي انطباع عن مدى صلاحية إليه توجيه البيانات المستخدمة وهل تضع مصروف الطاقة شرطا أساسيا بصفته التعقيد الأكبر في شبكات الاستشعار اللاسلكية عموما [١١]، ومما لاشك فيه ارتباط مصروف الطاقة ارتباطا وثيقا بعدد مرات الإرسال [١٢]. كذلك فان عدد مرات الاستقبال يشير إلى مدى درجة التكرار في البيانات الواصلة [١٣].

الأسباب الأساسية التي دفعت إلى تصميم بروتوكول توجيه خاص بشبكة الاستشعار اللاسلكية للتقاطع الذكي هي عدم ملائمة البروتوكولات الموجودة للتطبيق المقترح بسبب قلة عدد المتحسسات الموجودة فهي ليست بالمئات وإنما ستة

عشر متحسس فقط، كذلك فان طبوغرافية الشبكة بحد ذاتها أوجبت لزاما أن يكون كل سنسر له جدول توجيه جدا صغير فكل مستشعر يمكن أن يرسل ويستقبل من مستشعرين فقط في اغلب الأوقات، الجدول (٣) يوضح جداول التوجيه للمحطة (Station) وبعض المتحسسات في الشبكة.

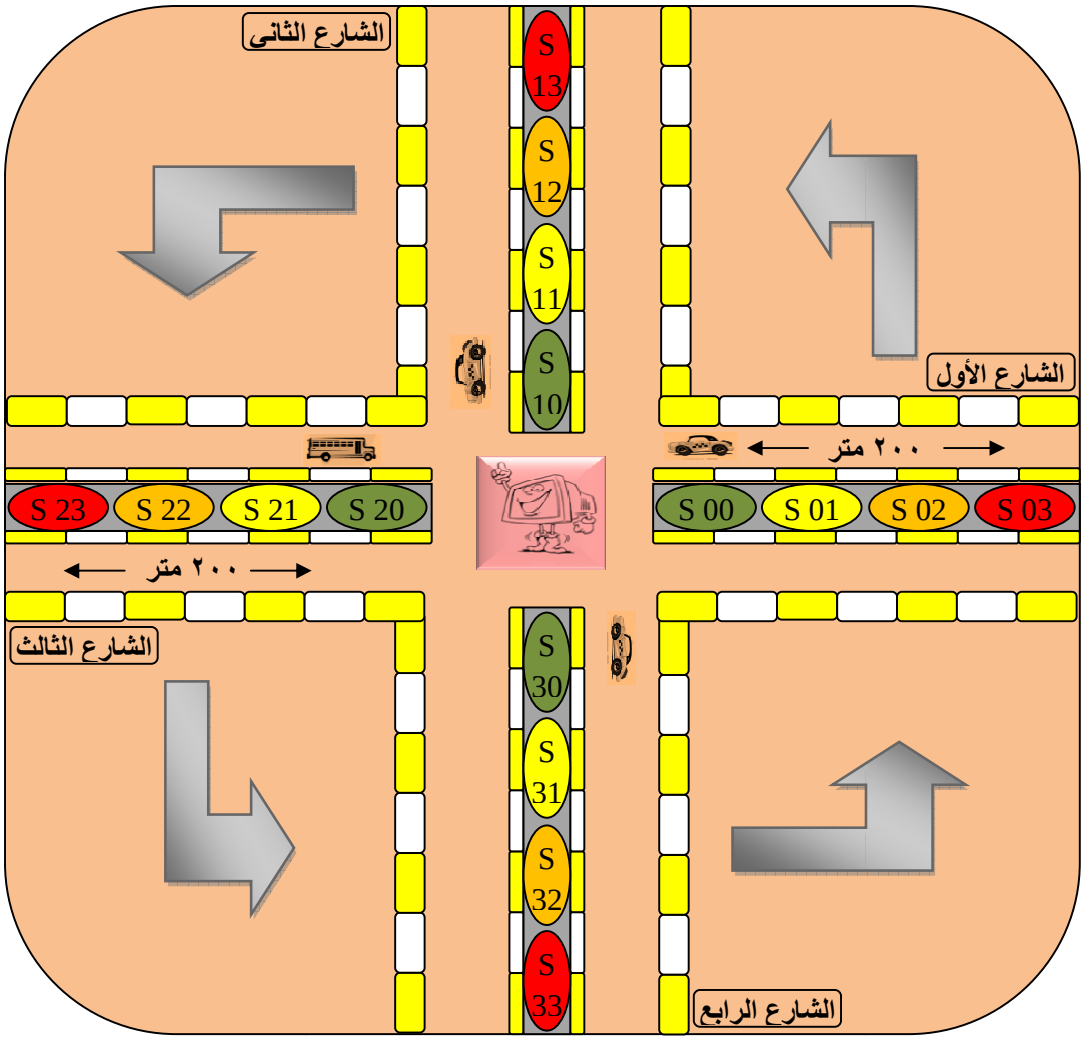
الجدول (٣) جدول التوجيه لبعض عقد الشبكة المقترحة

S03		S02		S01		S00		Station	
								Neighbor	ID
		S02		S01		S00		S00	3
S03		Neighbor	ID	Neighbor	ID	Neighbor	ID	S10	4
Neighbor	ID	S01	7	S00	3	Station	2	S20	5
S02	8	S03	9	S02	8	S01	7	S30	6

وبهذا فان كل مستشعر هو متحسس لوجود المركبات من جهة وموجه بيانات للمتحسسات الموجودة على طرفيه في الشبكة من جهة أخرى. ولكي نقضي على حالة تكرار البيانات الواصلة للمركز فان كل مستشعر هو مجمع بيانات ويلغي التكرارات فعلى سبيل المثال المتحسس (S02) تحسس وجود مركبات وولد بيانات وفي نفس اللحظة استلم بيانات من المتحسس (S03) وكانت تحتوي نفس البيانات ولكن المتحسس الأخير يعكس حالة اختناق مروري اكبر ففي هذه الحالة لمجرد معرفة مصدر الرسالة فالمتحسس (S02) يقوم بإرسال رسالة واحدة وهي رسالة المتحسس (S03) ويسقط بقية الإشعارات الأخرى من الشبكة ويحذفها ويرسل رسالة واحدة. برمجة السلوكية أو الوظيفية أعلاه توفر الطاقة من حيث تقليل إرسال نفس البيانات مع القضاء على تكرار البيانات وإعطاء وصف أدق لنوعية الازدحام المروري في التقاطع ووفق الية العمل التالية التي تم تصميم بروتوكول التوجيه وفقها :-

١. يبدأ المركز (Station) في تمام الساعة السادسة صباحا بالإرسال للمتحسسات القريبة من الإشارات الضوئية في بدايات كل شارع والتي من الممكن أن تعلق عليها أو على أعمدة الإنارة بحيث توجه نحو الشارع وهذه المتحسسات هي (S00,S10,S20,S30). تتحول هذه المتحسسات أو المستشعرات لطور التحسس والإرسال وتخرج من سباتها وغفوتها بعد استلام الأوامر من المحطة الرئيسية.

٢. يقوم كل متحسس بدور موجه البيانات ويبلغ كل متحسس مجاور له في الشارع، فعلى سبيل المثال المتحسس (S00) يبلغ المتحسس (S01) في الشارع رقم (١) والذي بدوره يبلغ الرسالة إلى المتحسس (S02) ومفاد الرسالة الواصلة لكل المتحسسات أن تتحول من طور السبات إلى طور العمل.



الشكل (٥) رسم تفصيلي لشبكة الاستشعار اللاسلكية المقترحة

٣. بعد أن تستلم كل المتحسسات الرسالة الصباحية يتم فتح الشارع الأول بالإشارة الخضراء اعتمادا على البيانات الواردة من المتحسسات والتي تعكس حالة تحسس وجود مركبات في المنطقة المزروع فيها، فإذا كان الأمر كذلك يفحص المركز (Station) فحوى الرسالة الواصلة ومصدرها وعلى ضوء موقع المتحسس يتم فتح السير بمدة تتوافق مع بعده عن التقاطع وهذه الحالة هي لكل الشوارع الأربعة.

الجدول (٤) يوضح الحالة الاعتيادية والعامة لسلوكية التقاطع وفتح السير لكل شارع لمدة زمنية تتوافق مع عدد المركبات الموجودة فيه.

جدول (٤) الحالة الاعتيادية لسلوكية التقاطع المروري

الشارع الأول		الشارع الثاني		الشارع الثالث		الشارع الرابع	
المتحسس	المدة الزمنية	المتحسس	المدة الزمنية	المتحسس	المدة الزمنية	المتحسس	المدة الزمنية
لا توجد مركبات	لا يفتح السير وتذهب الإشارة الخضراء للشارع الثاني	لا توجد مركبات	لا يفتح السير وتذهب الإشارة الخضراء للشارع الثالث	لا توجد مركبات	لا يفتح السير وتذهب الإشارة الخضراء للشارع الرابع	لا توجد مركبات	لا يفتح السير وتذهب الإشارة الخضراء للشارع الأول
S00	دقيقة	S10	دقيقة	S20	دقيقة	S30	دقيقة
S01	دقيقتان	S11	دقيقتان	S21	دقيقتان	S31	دقيقتان
S02	ثلاث دقائق	S12	ثلاث دقائق	S22	ثلاث دقائق	S32	ثلاث دقائق
S03	أربع دقائق	S13	أربع دقائق	S23	أربع دقائق	S33	أربع دقائق

٤. الحالة الثالثة أعلاه تستمر طالما لم يكن هناك كسرا للشرط وهو ما يمثل اختناقا مروريا حاصل وقت الذروة. فعلى سبيل المثال إذا كانت الأولوية الحالية هي للشارع الثاني وقبل اتخاذ قرار فتح السير للشارع الثاني لمدة معينة لم تقرر بعد، تصل إشعارات للمحطة من الشارع الثالث ومن متحسسات بعيدة عن مركز التقاطع وهي (S23,S22) وهذا يمثل اختناقا مروريا في شوارع معينة أكثر من غيرها كما هو حاصل صباحا في تقاطع الكزيزة على سبيل المثال.

عندها يقوم (Station) باتخاذ قرار وفق المعطيات الواردة من الشارع الثاني والشارع الثالث حيث يقوم بإنقاص وقت فتح سير الشارع الثاني في حال كان الوقت المقرر لفتحه (٣ أو ٤ دقائق) لمدة دقيقة في حال استلام إشارات من آخر مستشعرين في الشارع الثالث وهكذا لبقية شوارع التقاطع وهذه الخطوة تحل مشكلة ازدحام الذروة حينما تكون هناك شوارع بعينها مزدحمة دون غيرها في تقاطعات معينة ويحقق العدالة بالنسبة لوقت الانتظار فالإشارة الخضراء وأولوية السير تبدو وكأنها تهرول نحو الشارع المكتظ بالمركبات.

سلوكية التقاطع المروري عند حصول الازدحام المروري موضحة في الجدول (٥) وكما هو مبين فان القرار بفتح طريق معين يعتمد على البيانات الواصلة من شارعين متتابعين في نفس اللحظة.

٥. تستمر خوارزمية التقاطع الذكي بالعمل إلى الساعة العاشرة مساءا حيث يتحول عمل الإشارات الضوئية وفق سياق زمني ثابت لجميع الشوارع الأربعة وذلك لان الحركة المرورية تكون قليلة الكثافة ولا داعي لاستنزاف طاقة المتحسسات على طول اليوم، ولهذا فمن المناسب إطفاء المتحسسات لثمان ساعات.

جدول (٥) سلوكية التقاطع المروري عند حصول اختناق مروري

الشارع الأول		الشارع الثاني		الشارع الثالث		الشارع الرابع	
الحالة وفق المعطيات الواردة من شارعين متجاورين (الشارع الأول والشارع الثاني)	الزمن المقرر من قبل المركز لفتح السير في الشارع الأول عطفا على البيانات الواردة	الحالة وفق المعطيات الواردة من شارعين متجاورين (الشارع الثاني والشارع الثالث)	الزمن المقرر من قبل المركز لفتح السير في الشارع الثاني عطفا على البيانات الواردة	الحالة وفق المعطيات الواردة من شارعين متجاورين (الشارع الثالث والشارع الرابع)	الزمن المقرر من قبل المركز لفتح السير في الشارع الثالث عطفا على البيانات الواردة	الحالة وفق المعطيات الواردة من شارعين متجاورين (الشارع الرابع والشارع الأول)	الزمن المقرر من قبل المركز لفتح السير في الشارع الرابع عطفا على البيانات الواردة
S00	دقيقة	S10	دقيقة	S20	دقيقة	S30	دقيقة
S01	دقيقتين	S11	دقيقتين	S21	دقيقتين	S31	دقيقتين
S02 only	ثلاث دقائق	S12 only	ثلاث دقائق	S22 only	ثلاث دقائق	S32 only	ثلاث دقائق
S03 only	أربعة دقائق	S13 only	أربعة دقائق	S23 only	أربعة دقائق	S33 only	أربعة دقائق
S02 And (S12 OR S13)	دقيقتين	S12 And (S22 OR S23)	دقيقتين	S22 And (S32 OR S33)	دقيقتين	S32 And (S02 OR S03)	دقيقتين
S03 And (S12 OR S13)	ثلاث دقائق	S13 And (S22 OR S23)	ثلاث دقائق	S23 And (S32 OR S33)	ثلاث دقائق	S33 And (S02 OR S03)	ثلاث دقائق

٦. لضمان توفير طاقة اكبر للمتحسسات فان خوارزمية التقاطع الذكي توفر إمكانية إرسال أوامر من المركز (Station) إلى المتحسسات في الشبكة بالتحول إلى وضع الخمول وتوفير الطاقة بعدم تحسس المتغيرات وبعدم إرسال البيانات وبهذا فهي تتخذ سياسة تقشفية لأبعد حد لضمان عدم استنزاف طاقة البطاريات في كل مستشعر كما هو مبين في الجدول (٦).

جدول (٦) تحول المستشعرات من طور إلى آخر

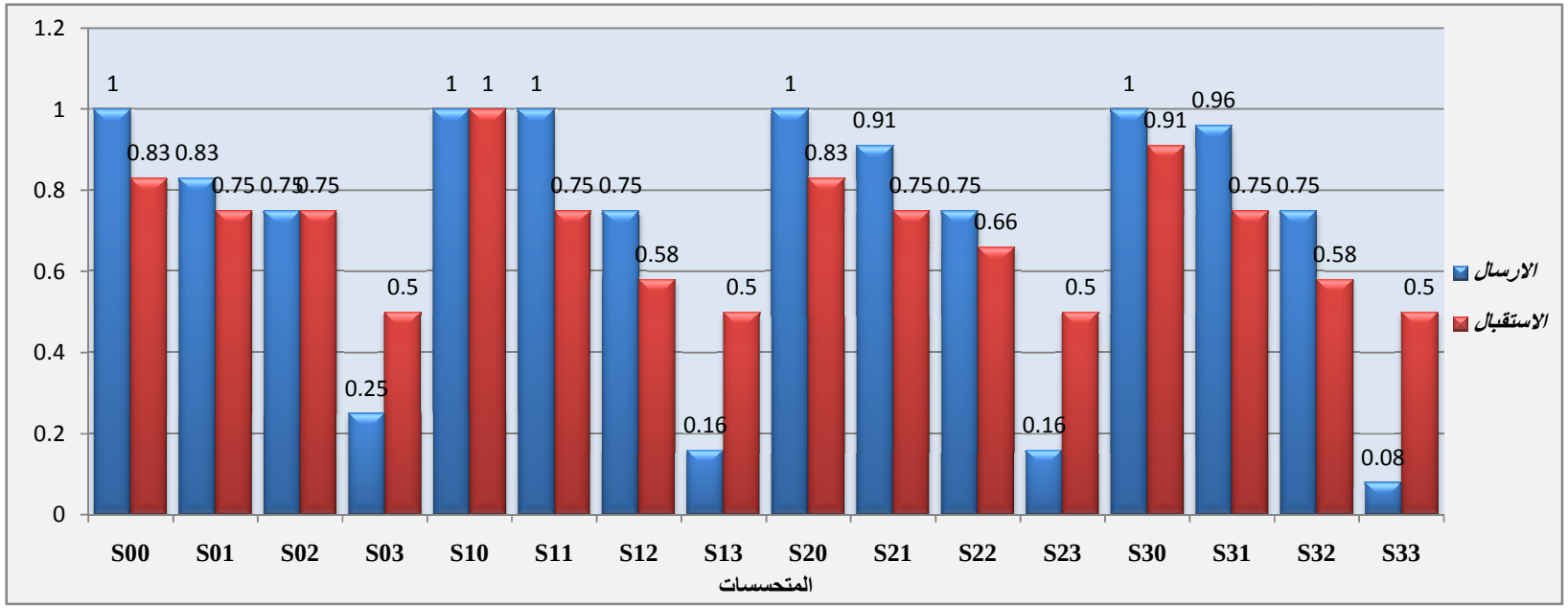
	أولوية السير للشارع الأول	أولوية السير للشارع الثاني	أولوية السير للشارع الثالث	أولوية السير للشارع الرابع
متحسسات الشارع الأول	الوضع الخامل	الوضع الخامل	الوضع النشط	الوضع النشط
متحسسات الشارع الثاني	الوضع النشط	الوضع الخامل	الوضع الخامل	الوضع النشط
متحسسات الشارع الثالث	الوضع النشط	الوضع النشط	الوضع الخامل	الوضع الخامل
متحسسات الشارع الرابع	الوضع الخامل	الوضع النشط	الوضع النشط	الوضع الخامل

٤. نتائج المحاكاة والمناقشة

من خلال استخدام محاكي الشبكات الشهير(Omnet T++) تم تصميم بروتوكول التوجيه وتجميع البيانات من خلال عمل عدة سيناريوهات تعكس الطبيعة المتقبلة لأي تقاطع مروري في مدينة حضرية، حيث إن النتائج حسبت من معدل (٦٤) حالة مختلفة تعكس أنواع مختلفة من الازدحام وهذا تم من خلال تبديل البذرة (Seed) الخاصة بتوليد الأرقام العشوائية (Random Number Generation) للمحاكي.الهدف من هذا التنوع هو الحصول على تصور وافي لمجمل الحالات التي يعيشها التقاطع المروري وحساب معدلات الإرسال والاستقبال لكل مستشعر (Sensor) وبالتالي معدل عمر الشبكة.

الشكل رقم (٦) واجهات محاكي الشبكات(Omnet++) لتصميم آلية التقاطع المروري الذكي.

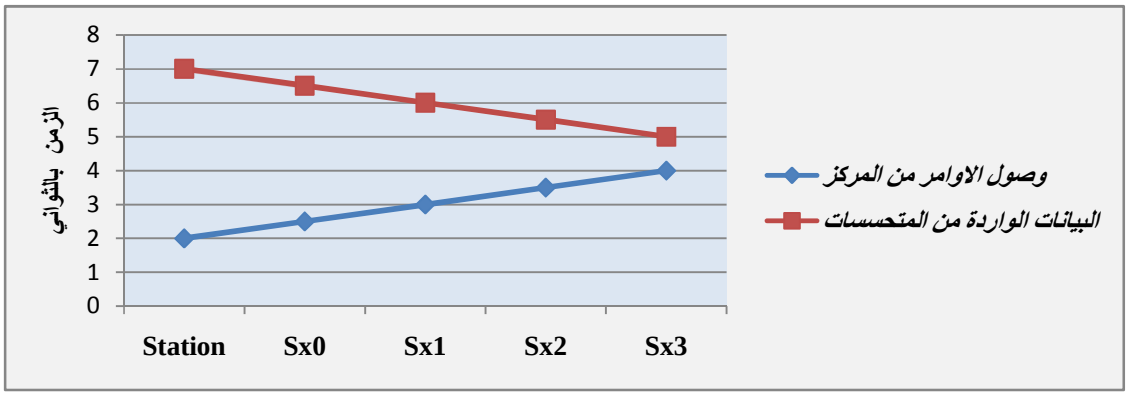
الشكل (٦) يوضح معدلات الإرسال والاستقبال لكل متحسسات الشبكة خلال دورة واحدة كاملة للتقاطع وبسيناريوهات مختلفة في كل مرة وفي كل تنفيذ تعكس حالات مختلفة من الازدحام في كل شارع أو شارعين أو لجميع الأذرع الأربعة لكل تقاطع وعقدة، وهذه من المميزات المفيدة جدا في محاكي الشبكات المستخدم حيث إن إلية توليد الأرقام العشوائية فيه تكون تكرارية مما يسمح بإعادة التنفيذ لأكثر من مرة لدراسة البيانات بشكل جيد. المقصود بالبيانات المرسلة والمستقبلة هي إما رسائل من المتحسسات إلى المحطة تحوي بيانات إنها تحسست وجود مركبات ضمن نطاق البيئة المزروعة فيها أو رسائل من المحطة إلى متحسسات الشبكة



الشكل (٦) مخطط يوضح معدل إرسال واستقبال البيانات لكل مستشعر بالشبكة المقترحة

تبلغها بان تحول أنماطها من نمط النشاط إلى نمط الخمول لتوفير الطاقة أو بالعكس .ويلاحظ أن المتحسسات البعيدة عن مركز التقاطع تكون اقل إرسالا واستقبالا للرسائل وذلك لان جدول التوجيه الخاص بها يجعلها ترتبط فقط مع مستشعر واحد ضمن مدى إرسالها على العكس من نظيراتها التي تكون مجبرة على توجيه البيانات إلى المتحسسات على طرفيها.

الشكل (٧) يوضح الزمن الذي تستغرقه الرسالة (Packet) التي تحتوي على أمر معين مرسل من قبل المحطة (Station) إلى المستشعرات، وكذلك الزمن الذي يحتاجه كل مستشعر لتصل بياناته إلى المحطة.



الشكل (٧) زمن المحاكاة المستغرق لتنقل الرسائل بين عقد الشبكة المقترحة للتقاطع المروري الذكي

الشكل يوضح إن الرسالة تحتاج إلى زمن قليل للتنقل داخل شبكة الاستشعار اللاسلكية عطفا على الحجم الصغير للرسائل المرسلة وقوة المتحسس المقترح للشبكة، على الرغم من صغر حجم الشبكة من حيث عدد المتحسسات فيها (١٦ متحسس ومن نوع واحد ذو مواصفات عالية) إلا انه يمكن أن يصل معدل عمرها إلى عشر سنوات مع سهولة فائقة في إدامتها حيث إن المتحسسات مزروعة في أماكن محددة وعددها قليل وهذا يوفر سهولة استبدال بطارياتها.

بروتوكول التوجيه (Routing Protocol) المقترح خصيصا لشبكة التقاطع المروري الذكي اكسبه العديد من المزايا فالبروتوكول يعتمد طريقة طلب البيانات كاستجواب (Query) من المحطة أو المركز (يمكن أن يكون كومبيوتر شخصي) قبل أن تبدأ عملية التحسس والإرسال من قبل المتحسسات وهذا يعمل على توفير الطاقة في المتحسسات فضلا عن توقفها عن العمل ثمان ساعات (من العاشرة مساءا إلى السادسة صباحا).

كل متحسس وفق آلية التوجيه المصممة يعمل كمستشعر لوجود المركبات من جهة ويعمل كمجمع للبيانات (data gathering) وموجه من جهة أخرى، هذا يعمل على تقليل عدد التكرارات ويقلل عدد مرات الإرسال والاستقبال وبالتالي يطيل العمر الافتراضي الشبكة [١٤]. تظهر نتائج المحاكاة إن شبكة الاستشعار اللاسلكية المقترحة ممكن أن تحد من الاختناق المروري في التقاطعات الرئيسية من حيث تقليل الاعتماد على الجانب البشري ممثلا بشخصية المرور وتحقيق عامل العدالة في الانتظار وجعل سلوكية إشارة المرور ذكية من خلال تحديد ذروة الازدحام في كل شارع وفتح السير بأوقات متباينة تعكس الازدحام في كل شارع ، فالإشارة الخضراء في النظام المقترح تبدو وكأنها تجري صوب الشارع المزدحم بسرعة وتستقر عنده لأقصى فترة ممكنه وهكذا.

المتحسس المقترح الذي يعتبر العمود الفقري للتقنية يتحمل الظروف الجوية القاسية وخاصة صيف مدينة البصرة الذي تصل فيه درجات الحرارة إلى الخمسين درجة مئوية ويمكن أن تضاف لبرمجتها حالات استثنائية إضافية كان تعطي أولوية السير لشارع معين في حال تحسست الشبكة سيارة إسعاف أو ارتال عسكرية.

المصادر

[١] محمد لفتة خلف ، "تقييم كفاءة استعمالات الشوارع للنقل بالسيارات في مدينة البصرة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية"، رسالة ماجستير، كلية الآداب، جامعة البصرة، ٢٠١٢.

[٢] بلدية البصرة _ التخطيط والمتابعة _ بيانات غير منشورة. ٢٠١٠.

[٣] بلدية البصرة _ وحدة الهندسة المرورية _ بيانات غير منشورة. ٢٠١٠.

[4] J. Zory and L. Vanzago, “Wireless Sensor Networks : Introduction”. The ST Journal of Research, volume: 4, issue: 1, Page: 3, May 2007.

[5] K.Ramanan and E.Baburaj, “Data Gathering Algorithms For Wireless Sensor Networks: A Survey”. International Journal of Ad hoc, Sensor & Ubiquitous Computing (IJASUC) Volume: 1, No. 4, page: 102, December 2010.

[6] Niolaos A. Pantazis and Dimitrios D. Vergados, “A Survey On Power Control Issues In Wireless Sensor Networks”. IEEE Communications Surveys & Tutorials, Volume: 9, NO. 4, 4th Quarter 2007.

[7] Kazem Sohraby, Daniel Minoli and Taieb Znati, “Wireless Sensor Networks: Technology, Protocols, and Applications”. Published by John Wiley & Sons, New Jersey, USA, 2007.

[8] J. Al-Karaki and A. Kamal, “Routing Techniques in Wireless Sensor Networks: A Survey”. IEEE Wireless Communications, Volume: 11, Issue: 6, December 2004.

[9] www.phaseivengr.com

[10] Varga, OMNeT++, Discrete Event Simulation System. Version 4.5 user manual, http://www.omnetpp.org , 2014.

[11] Lei Wang, “Topology-Based Routing for Xmesh in Dense Wireless Sensor Networks”. PH.D. Dissertation in Electrical Engineering, Stony Brook University, USA, page: 6, August 2007.

[12] Gurpreet Singh Chhabra and Dipesh Sharma, “Cluster-Tree based Data Gathering in Wireless Sensor Network”. International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE),Volume: 1, Issue: 1, page: 27, March 2011.

[13] Utz Roedig, Andre Barroso and Cormac J. Sreenan, “Determination of Aggregation Points in Wireless Sensor Networks”. Euromicro Conference, IEEE Publisher, 2004.

[14] Ming Liu, Jiannong Cao, Guihai Chen and Xiaomin Wang, “An Energy Aware Routing Protocol in Wireless Sensor Networks”. Article, Sensors Journal, page: 446, 2009.