

بروتوكول التوجيه بالزمن الحقيقي مع توزيع الحمولة المحسن ERTLD ومقارنته مع بروتوكولات التوجيه الاساسية في شبكات MWSN

ربي احمد داؤد*

(تاريخ الإيداع 3 / 5 / 2017. قُبِلَ للنشر في 22 / 6 / 2017)

□ ملخص □

شبكات الحساسات اللاسلكية النقالة (MWSN) هي عبارة عن شبكات لاسلكية موجهة (ad - hoc) تتألف من عدد كبير من عقد الحساسات الصغيرة الحجم والتي تتواصل مع بعضها البعض بحيث تكون العقد الحساسة اما مجهزة بمحركات من اجل الحركة الايجابية او موصولة مع اشياء متحركة من اجل الحركة السلبية . ان بروتوكول التوجيه في الزمن الحقيقي لشبكة الحساسات اللاسلكية هو مجال مهم للبحث لان الرسائل في الشبكة يتم ايصالها بحسب الموعد الاقصى للوصول من طرف لآخر (زمن حياة الرزمة) بينما تكون العقد الحساسة متحركة يقدم هذ البحث بروتوكول توجيه محسن بالزمن الحقيقي ذو توزيع للحمولة يدعى ERTLD يرتكز على البروتوكول السابق RTLD وهو ايضا بروتوكول توجيه بالزمن الحقيقي.

استخدم بروتوكول ERTLD الية اكليلية او ما تسمى (CORONA Mechanism) ومعايير ارسال مثالية لإرسال رزمة البيانات في شبكات الحساسات اللاسلكية. وهو يحسب العقدة الامثل للإرسال بالاعتماد على مستوى البطارية المتبقي للعقد الحساسة وزمن تأخير الرزمة خلال قفزة واحدة، يضمن ERTLD معدل عال لتسليم الرزم ويتعرض للحد الادنى للتأخير من طرف إلى طرف في شبكات MWSN بالمقارنة مع بروتوكول التوجيه الاساسي RTLD .

في هذا البحث ندرس بروتوكول نظام شبكة حساسات لاسلكية ديناميكي ERTLD تكون فيه عقد الحساسات والمحطة القاعدة (SINK) متحركة وتمت دراسة هذا البروتوكول وتغيراته ومقارنته مع بروتوكولات توجيه اساسية في WSN وهي RTLD, MM-SPEED , RTLC . عن طريق النمذجة والمحاكاة باستخدام نظام المحاكاة NS-2.

الكلمات المفتاحية: شبكات الحساسات اللاسلكية WSN، شبكات الحساسات اللاسلكية النقالة

MWSN، بروتوكول التوجيه بالزمن الحقيقي مع توزيع الحمولة RTLD، بروتوكول التوجيه بالزمن الحقيقي المحسن مع توزيع الحمولة ERTLD، معدل استقبال الرزمة PRR، خيار التوجيه الأفضل (OF).RSSI: مؤشر قوة الاشارة المستقبلية)، MS(Mobile sink) , MN(Mobile Node)

* مشرفة على الأعمال - كلية العلوم التطبيقية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية

An Enhanced Real-Time Routing Protocol with load distribution ERTL D ; Compared to Baseline Routing Protocols In MWSN

Rouba.A.Daoud*

(Received 3 / 5 / 2017. Accepted 22 / 6 / 2017)

□ ABSTRACT □

Mobile wireless sensor network (MWSN) is a wireless ad hoc network that consists of a very large number of tiny sensor nodes communicating with each other in which sensor nodes are either equipped with motors for active mobility or attached to mobile objects for passive mobility. A real-time routing protocol for MWSN is an exciting area of research

because messages in the network are delivered according to their end-to-end deadlines

(packet lifetime) while sensor nodes are mobile. This paper proposes an enhanced real-time

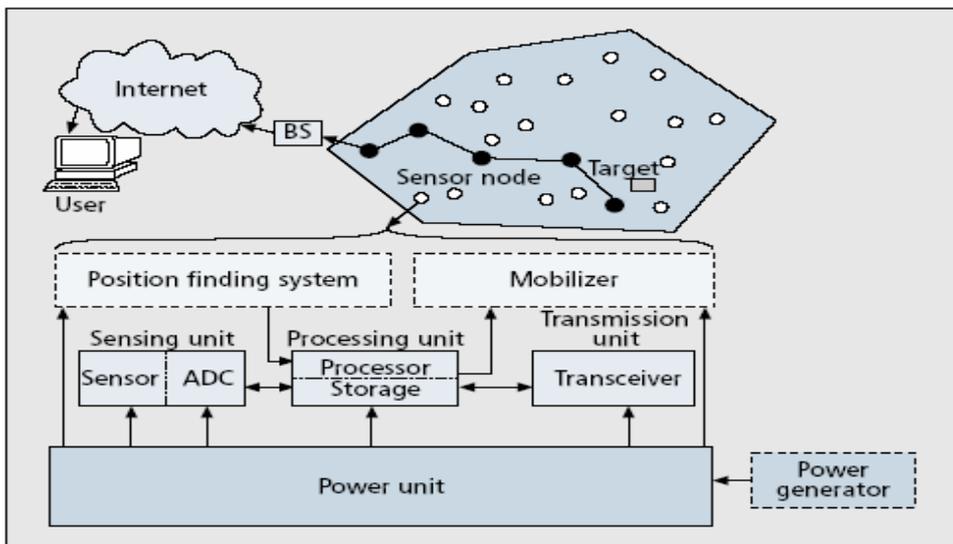
with load distribution (ERTLD) routing protocol for MWSN which is based on our previous routing protocol RTLD. ERTL D utilized corona mechanism and optimal forwarding metrics to forward the data packet in MWSN. It computes the optimal forwarding node based on RSSI, remaining battery level of sensor nodes and packet delay over one-hop. ERTL D ensures high packet delivery ratio and experiences minimum end-to-end delay in WSN and MWSN compared to baseline routing protocol. . In this paper we consider a highly dynamic wireless sensor network system in which the sensor nodes and the base station (sink) are mobile. ERTL D has been studied and verified and compared with baseline routing protocols RTLD, MM-SPEED , RTLC through Network Simulator-2 (NS2)

Keywords : WSN (wireless sensor networks) – MWSN (Mobile wireless sensor networks - RTLD (Real-time with load distributed routing) Protocol - ERTL D (Enhanced Real-time with load distributed routing) Protocol- PRR (Packet Reception Rate), Optimal Forwarding (OF) . RSSI: Received Signal Strength Indicator. MN (Mobile Node) , MS (Mobile sink).

* Work Supervisor, Department of Designing & Production, Faculty of Mechanical & Electrical Engineering,, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

تعرف شبكة الحساسات اللاسلكية بأنها: شبكة مكونة من مجموعة من العقد الحساسة، المنتشرة في وسط ما، تتحسس للبيئة التي توجد فيها من خلال المعلومات المجمعَة عبر اتصال لاسلكي، وتنتقل البيانات بشكل رزم عبر الشبكة عن طريق قفزات تمر عبر بوابات عبور، حيث يمكن استخدامها محلياً أو تتصل مع شبكات أخرى مثل الانترنت. (بعض مكونات العقدة اختيارية مثل ال mobilizer). ويبين الشكل (1) بنية الاتصال لشبكة WSN .

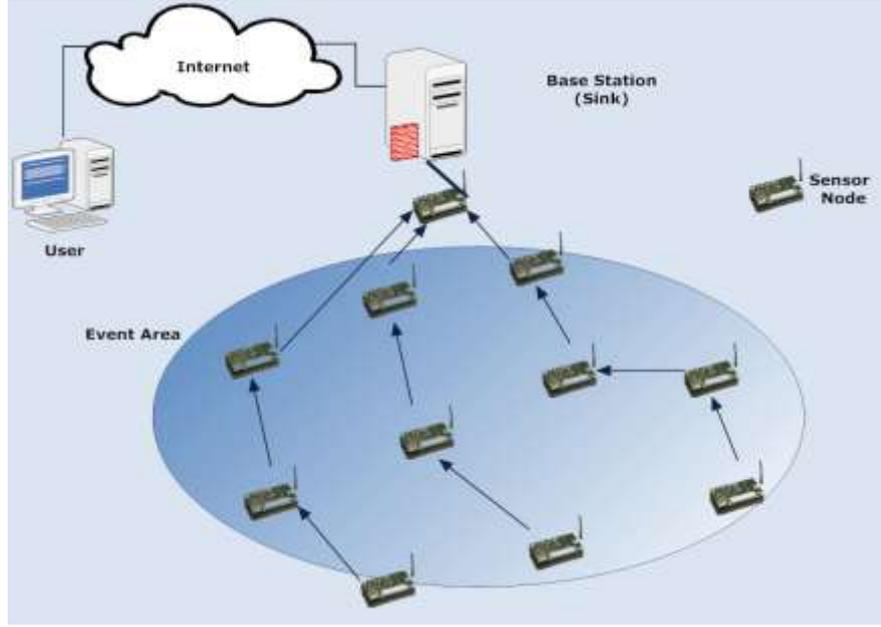


الشكل (1) بنية الاتصال لشبكة WSN

عقد الحساسات عادة تنتشر في حقل التحسس، وتنسق تلك العقد فيما بينها لإعطاء معلومات عالية النوعية حول الوسط الفيزيائي. وكل عقدة حساس تبني قراراتها اعتماداً على مهمتها، وكل من هذه العقد الحساسة المنتشرة لديها القدرة على جمع وتوجيه البيانات إما إلى الحساسات الأخرى أو إلى محطة القاعدة الخارجية.

تعتبر شبكات الحساسات اللاسلكية (WSN (wireless sensor networks) من الشبكات الهامة جداً، ولها تطبيقات عديدة في مجالات الحياة المختلفة، كالرعاية الصحية (مثلاً مراقبة حالة المرضى وقياس الضغط ونبض القلب)، والمراقبة البيئية (كالتحسس للحرائق في الغابات، قياس درجة الحرارة والرطوبة)، والمجالات العسكرية (مراقبة الحدود)، والاقتصادية حيث (يتم زرع الحساسات في المراكز التجارية والمعامل لمراقبة سير العمل و إعطاء بيانات عن البيئة التي توجد فيها) ونواحي أخرى عديدة.

محطة القاعدة ممكن أن تكون عقدة ثابتة أو متحركة قادرة على ربط شبكة الحساسات مع بنية الاتصالات القائمة أو مع شبكة الانترنت حيث يمكن للمستخدم الوصول إلى البيانات الواردة. أما MWSN تشكل مجموعة من العقد الحساسة الموزعة ضمن الشبكة قادرة على الحركة، والاتصال مع بعضها البعض ضمن المجال المحدد. بنية النظام ككل لـ MWSN تتكون من مجموعة منالعقد الحساسة الثابتة والمتحركة محطة موبايل قاعدية وبنية تحتية لنظام شبكة عالي المستوى. تختلف MWSN عن الشبكات التقليدية، إذ انها تتكون من عدد كبير من العقد تنتج مقدار كبير من البيانات، التي تجمع من عدد كبير من العقد المنتشرة في الوسط وترسل الى المستقبل بشكل متزامن.



الشكل(2)بنية شبكات MWSN

بروتوكولات التوجيه الاساسية في WSN:

بروتوكول MM-SPEED هو امتداد لبروتوكول SPEED تم تصميمه لدعم عدة سرعات للاتصال ويوفر موثوقية عالية، تركز جدولة الرسائل على مشكلة توفير ضمانات للدقة العالية في مواعيد الارسالات المتعددة القفزات في تطبيقات حساسات روبوتية تعمل في الزمن الحقيقي. في مثل هذه التطبيقات ترتبط كل رسالة بموعد نهائي او زمن حياة الرزمة او الرسالة وقد تحتاج الرزمة لتجاوز عدة قفزات من العقدة المرسله الى المستقبل. تأتي المواعيد النهائية للرسائل من صلاحية بيانات الحساس المرافقة ووقت بداية الاستهلاك عند المستقبل .

RTPC تستخدم السرعة مع خيارات توجيه للعقد ذات فعالية عالية تبعاً لمعايير ومقاييس اختيار العقد الموجهة للبيانات. والميزة المهمة في بروتوكول RTPC هي قدرته على ارسال البيانات بشكل يتلاءم مع طاقة الارسال.

RTLD هو بروتوكول التوجيه بالزمن الحقيقي مع توزيع الحمولة في WSN. يحسب خيار عقدة التوجيه اعتماداً على معدل استقبال الرزمة (PRR) الطاقة المتبقية لعقدة التوجيه الحساسة ، سرعة الرزمة من اجل قفزة واحدة بين كل عقدة وعقدة مجاورة لها. يتألف من اربع نماذج وظيفية (عملية) : ادارة الموقع-ادارة الجوار - ادارة التوجيه - ادارة الطاقة.

إدارة الموقع تحسب موقع عقدة الحساس اعتماداً على المسافة بين ثلاثة عقد حساسة متجاورة . RTLD يسجل اداء عال من اجل معدل التسليم للزرم، ضياعات رزمة التحكم، استهلاك الطاقة

أهمية البحث وأهدافه:

إن بروتوكول التوجيه في الزمن الحقيقي لشبكة الحساسات اللاسلكية سواء كانت WSN او MWSN هو مجال مهم للدراسة والبحث لأن رزم البيانات التي يتم ارسالها ضمن الشبكة يجب ان تصل الى

وجهتها (مستقبلها) خلال الحد الأقصى للوصول. وضمن زمن حياة الرزمة بالإضافة الى عوامل ومتغيرات اخرى سنتطرق اليها ضمن بحثنا. يشرح هذا البحث بروتوكول توجيه بيانات محسن بالزمن الحقيقي يدعى ERTLD وهو بروتوكول توجيه بيانات محسن وذات مزايا افضل من بعض بروتوكولات التوجيه الاساسية المستخدمة في شبكات WSN و MWSN. ويرتكز في عمله على البروتوكول السابق RTLD وهو ايضا بروتوكول توجيه بالزمن الحقيقي.

طرائق البحث ومواده:

تتضمن منهجية البحث ما يلي:

1- تصميم البروتوكول ERTLD: يعتمد هذا البروتوكول على بروتوكول RTLD والفرق بينهما يكمن

في:

1.1 إدارة موقع الحساس :

تعتمد RTLD على ادارة موقع عقدة الحساس اعتمادا على المسافة بين ثلاثة عقد متجاورة. تحدد معلومات تركز عقدة الحساس ، وتفترض بان جميع عقد الحساسات هي في موقع ثابت. وتفترض أيضا بان عقدة المنفذ هي في المبدأ واثنين من جارائها على الأقل معروفة. وتستخدم إدارة الموقع م لتحديد موقع عقدة الحساس في شبكة WSN

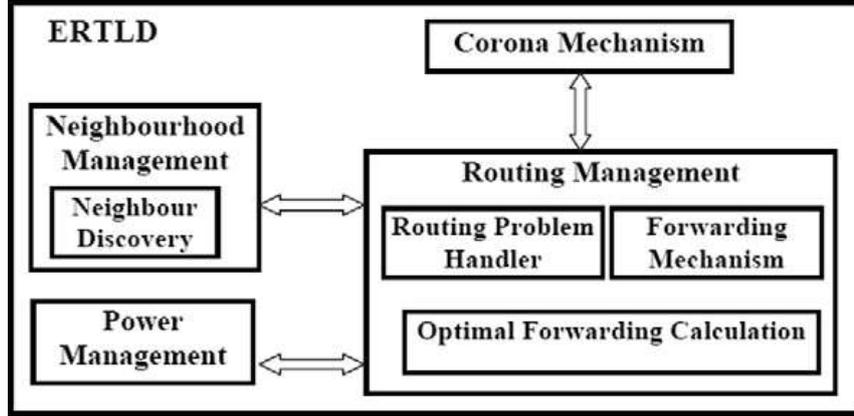
يعتمد ERTLD على الية CORONA كبديل عن التوجيه المعتمد على الموقع.

2-1. اختيار عقدة الجار:

- يحسب RTLD عقدة التوجيه اعتمادا على تقنية PRR، الطاقة المتبقية للعقدة الحساسة، سرعة الرزمة من اجل قفزة واحدة. PRR تعكس نوعية الوصلة المثالية من خلال مجال الارسال وتحسب بشكل تقريبي احتمالية الاستقبال الناجح للززمة بين عقدتين متجاورتين . اذا كانت PRR مرتفعة يعني ذلك ان نوعية الوصلة جيدة والعكس بالعكس، حيث ان PRR يتطلب وقت اضافي وطاقة اكبر وعمليات حسابية معقدة اعتمادا على مستقبل راديوي .
- اما ERTLD فهو يحتفظ بوقت اجراء العمليات الحسابية باستخدام RSSI والذي يتكون من بارامترات الطبقة الفيزيائية ولا يتطلب اية اجراءات حسابية اضافية.

3-1. معالجة مشكلة التوجيه في ERTLD:

اذا كانت عقدة الحساس لا تستطيع توجيه حزم البيانات الى اي عقدة مجاورة اخرى في مستوى CORONA او تخبر العقدة المصدر بعدم ارسال البيانات، المصدر سيختار مرشحين جدد لتوجيه البيانات، الية إرجاع او اعادة البيانات تضمن منع ضياع رزم البيانات عند العقدة المصدر. الشكل (3) يبين مخطط بروتوكول ERTLD والذي يتألف من اربع نماذج عملية وفعالة متضمنة الية CORONA - ادارة التوجيه - ادارة الطاقة - ادارة الجوار.

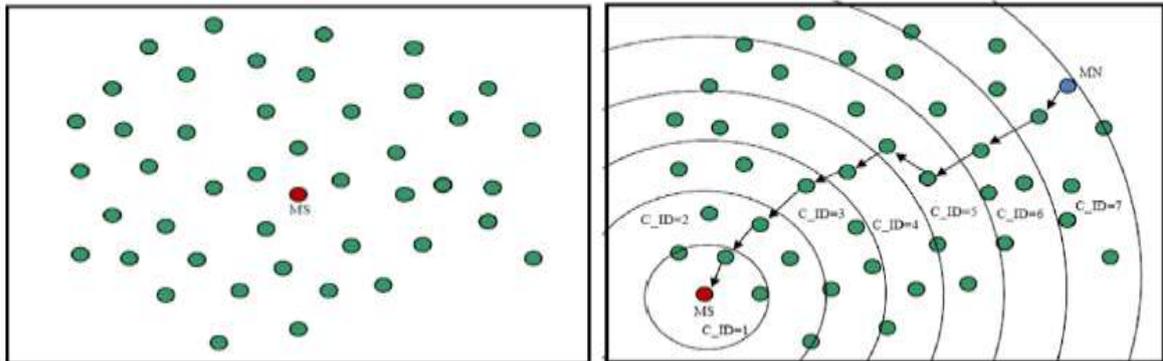


الشكل (3) الشكل التخطيطي لبروتوكول ERTLD

تحسب الية التوجيه مستوى عقدة الحساس اعتمادا على البعد عن المصدر، إدارة الطاقة تحدد حالة المرسل وطاقة الارسال لعقدة الحساس، ادارة الجوار تكتشف المجموعات الفرعية (الجزئية للعقد المرشحة) لأداء عملية التوجيه، اما ادارة التوجيه تحسب خيار التوجيه الافضل وتأخذ قرار التوجيه وتنجز عملية معالجة مشكلة التوجيه.

4-1. آلية كورونا (Corona Mechanism) أو الآلية الاكليلية :

لتعريف عنوان ID لآلية (C-ID) CORONA لكل عقد الحساسات في MWSN، MS يستطيع ان يرسل الرزم بشكل متواقت الى عقد مجاورة بمقدار قفزة واحدة عن العقدة المرسله، تلك العقد توجه الرزم الى العقد المجاورة لها بعد قفزة واحدة ايضاً . الشكل (4a) يظهر شبكة MWSN حالاً بعد نشر العقد الحساسات وافترض العقدة MS موجودة في منتصف الشبكة MWSN. CORONA تمثل دائرة متحدة المركز عند العقدة SINK. المهمة الرئيسية لآلية corona هي لتحقيق تنسيق وتناظر الشبكة MWSN. الشكل 4b يبين العقدة MS بعد انتقالها وتغيير تنسيق الشبكة MWSN. بما ان MS تستطيع الانتقال الى اية موقع عشوائي فان تناظر MWSN والعنوان C-ID للعقد الحساسات يتغير كما هو موضح في الشكل (4b). يوضح هذا الشكل ايضا توجيه رزم البيانات من العقدة MN.



(4a)(4b)

2. آليات التوجيه وعمل بروتوكول ERTLD :

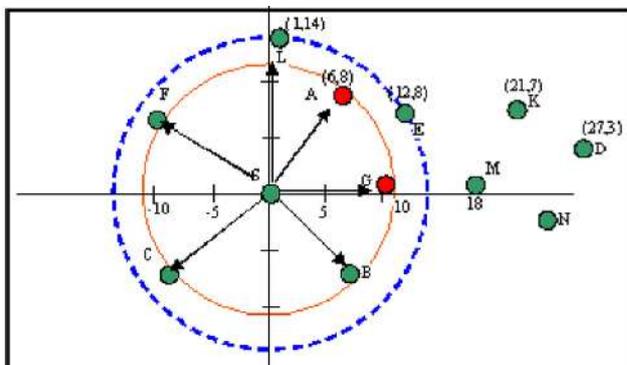
خوارزمية الارسال وحيد الاتجاه لتوجيه رزمة البيانات من العقدة MN (Mobile Node) باتجاه العقدة المستقبلية في بروتوكول ERTLD يتم حسب الآلية التالية، في الارسال وحيد الاتجاه تفحص العقدة المصدر

عنوان (C-ID) Corona- ID لكل جار في جدول الجوار، اذا كانت C-ID لأي عقدة مجاورة اقل او تساوي C-ID للعقدة المصدر فان خوارزمية التوجيه الامثل ستستخدم لاختيار الجار الامثل، في حال لم تكن هناك اي عقدة في جدول الجار تملك عنوان C-ID اقل او تساوي C-ID للعقدة المصدر، فان عقدة المصدر ستستدعي مكتشف الجار، يتم التوصل الى اختيار التوجيه الامثل، فان رزمة البيانات سترسل الى العقدة المختارة ز هذه الاجرائية تستمر الى ان يصبح الموبايل هو احد العقد المجاورة للمختارة للتوجيه، سياسة التوجيه يمكن ان تفشل في ايجاد عقدة التوجيه عندما لا تكون اي عقدة حالية مجاورة في اتجاه العقدة المستقبلة.

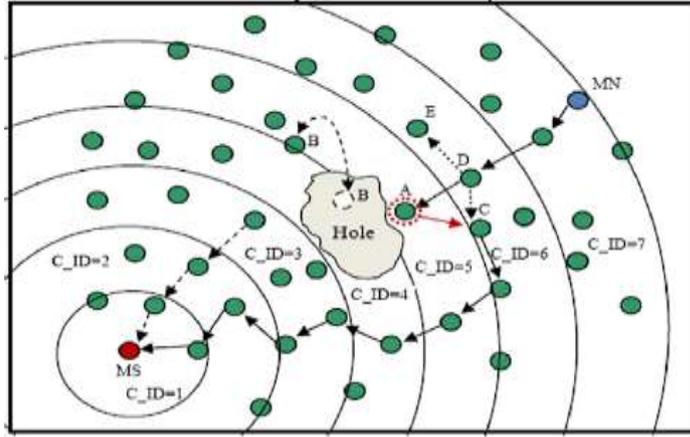
1-2. معالجة مشكلة التوجيه:

المشكلة المعروفة في التوجيه ضمن شبكات WSN هي في الحقيقة انه يمكن ان يحدث فشل في ايجاد مسار التوجيه في ظل وجود ثغرات، هذه الثغوب او الثغرات يمكن ان تظهر تبعا لوجود فراغات بين العقد. حلت هذه المشكلة في ERTLD عن طريق ايجاد معالج مشكلة التوجيه والذي يتألف من طريقتي استرداد: استرداد سريع باستخدام تعديل الطاقة واسترداد بطيء باستخدام الية Corona. الاسترداد السريع يطبق عندما يكون نصف قطر الثقب اصغر من مجال الارسل عند المستوى الاعظمي للطاقة، معالج التوجيه سيعلم او يخبر الجار المكتشف ليعين طاقة الإرسال الأعظمية المطلوبة للإرسال الفعال للرزم عبر الثغوب بين الثغرات كما هو مبين في الشكل (5)

اذا كانت العقدتين A, G فاشلتين بسبب بعض المشاكل كنتاقتص طاقة عقدة الحساس او بسبب اتصال غير موثوق، فان العقدة S ستستخدم طاقة ارسال اعظمية لإرسال طلب لإرسال رزمة تسمى RTR(Request To Route). العقدة E ستستخدم كعقدة تمثل الخيار الافضل للتوجيه OF. في حال لم ينجح الاسترداد السريع في حل مشكلة ثقب التوجيه عندها تطبق الية الاسترداد البطيء. الشكل (6) يبين الية الاسترداد البطيء في ERTLD. العقدة A التي تمثل عقدة OF تملك بيانات من العقدة الاب D، MN A لا تستطيع تجاوز مشكلة ثقب التوجيه باستخدام الاسترداد السريع، عندها فان MN A ستبحث عن العقدة الجارة باستخدام جدول الجار. من الشكل (6) افترضنا ان العقدة MN A ترسل رزم البيانات باتجاه العقدة MN C وايضاً ستخبر MN D لتوقف ارسال رزم البيانات باتجاه نفسها. هذه الالية تدعى الية Corona العكسية. عندما تستقبل D رزم البيانات الراجعة، فإنها ستنفذ ادارة التوجيه مرة اخرى. MN A خلال الزمن الذي ستبحث فيه MN D عن عقدة OF جديد فان MN A ستوجه رزم البيانات بشكل عكسي الى MN C، في هذا السيناريو يكون للعقدة MN D خيارين اما C او D.



الشكل (5) الاسترداد السريع لمعالجة مشكلة التوجيه



الشكل (6) آلية الاسترجاع في معالج مشكلة التوجيه

2-2. إدارة الجوار :

هدف تصميم ادارة الجوار هو لاستعادة مجموعة جزئية من عقد التوجيه المرشحة والحفاظ على جدول الجار للعقد المرشحة للتوجيه، بسبب الذاكرة المحدودة والعدد الكبير من العقد المجاورة. فان جدول الجوار محدد بمجموعة صغيرة من عقد التوجيه المرشحة ، يحوي جدول الجار على C-ID ، node-ID ، الطاقة المتبقية – زمن تأخير القفزة الواحدة من عقدة الى عقدة مجاورة اخرى. هذا النظام المفروض يدير اكثر من 16 عقدة حساس في جدول الجار.

2-2-1. اكتشاف الجار: تنفذ هذه العملية في المرحلة البدائية لتعيين العقدة التي ستلائم شروط التوجيه. آلية اكتشاف الجار تحقق ضياع قليل في الاتصال، وهذا ضروري لتقليل الوقت التي تحتاجه لاكتشاف العقدة المجاورة التي تحقق الشروط المثلى للتوجيه. العقدة المصدر تستدعي خوارزمية اكتشاف الجار عن طريق ارسال رزمة RTR ، بعض العقد المجاورة ستستقبل رزمة RTR وترسل اجابة. حالما يتم استقبال الاجوبة فان ادارة الجار تسجل العقدة المجاورة الجديدة في جدول الجار.

2-3. إدارة الطاقة:

المهمة الرئيسية لإدارة الطاقة هي لملائمة طاقة المرسل واختبار مستوى طاقة الارسال لعقدة الحساس وهي تقلل الطاقة المستهلكة في كل عقدة حساس بين المرسل والمستقبل لكي تزيد زمن حياة العقدة. لتقليل الطاقة المستهلكة تقلل ادارة الطاقة المستهلكة عند الوضع الصامت وتتحكم بضياعات رزمة التحكم. في ERTLD تكون عقدة الحساس في حالة سبات في اغلب الوقت وتبدل حالتها الى وضع الخمول (idle) اذا كان لديها عقدة مجاورة في نفس الاتجاه نحو المستقبل، بالإضافة الى انه اذا ارسلت عقدة الحساس رزمة RTR فإنها تبدل حالته الى وضعية الارسال. بعد ذلك تتحول الى نظ الاستقبال في حال استقبلت الاجابات او رزم البيانات من العقدة المجاورة لها.

3. تطبيق المحاكاة والنمذجة على بروتوكول ERTLD:

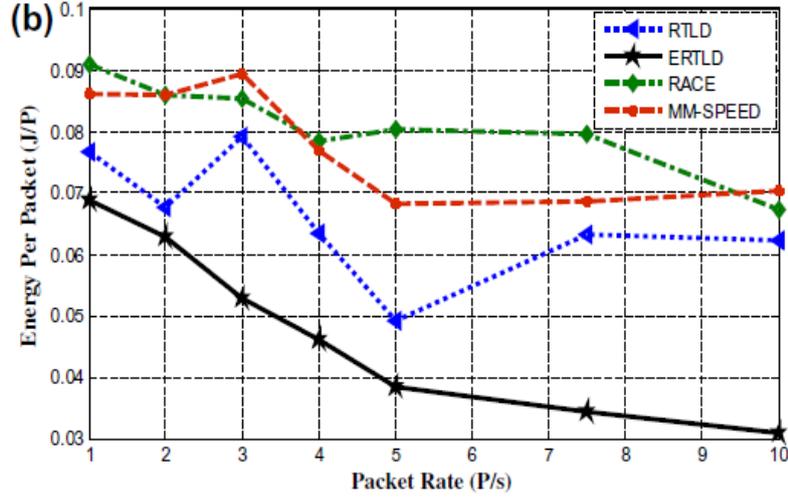
باستخدام نظام النمذجة NS-2 تمت مقارنة البروتوكول ERTLD مع ثلاثة بروتوكولات اساسية وهي كما ذكرنا سابقا RACE, RTLD, MM-SPEED (سرعة الرزمة مع نوعية الوصلة).

RACE(Packet Velocity with link quality and buffer remaining).

MM- SPEED , RTLD ، مصممتان بشكل اساسي من اجل شبكات WSN اما RACE فقد صممت من

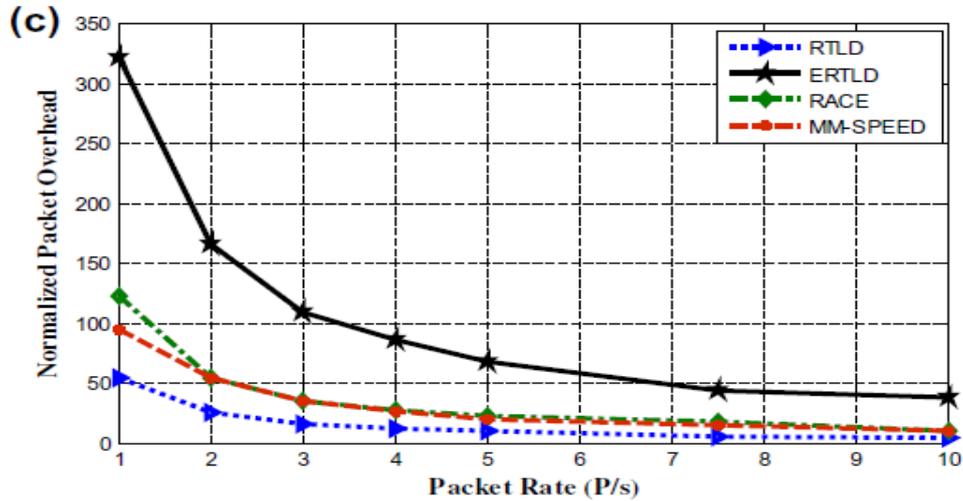
اجل الشبكات MWSN .

الشكل (7) b يظهر بوضوح ان ERTL D يستهلك طاقة اقل بـ 84% من بروتوكولات التوجيه الاخرى وذلك بسبب الحسابات التي تحتاجها البروتوكولات الاساسية الاخرى من اجل الاتجاه او الموقع والتي تستهلك طاقة اكثر من اجل توجيه كل رزمة.



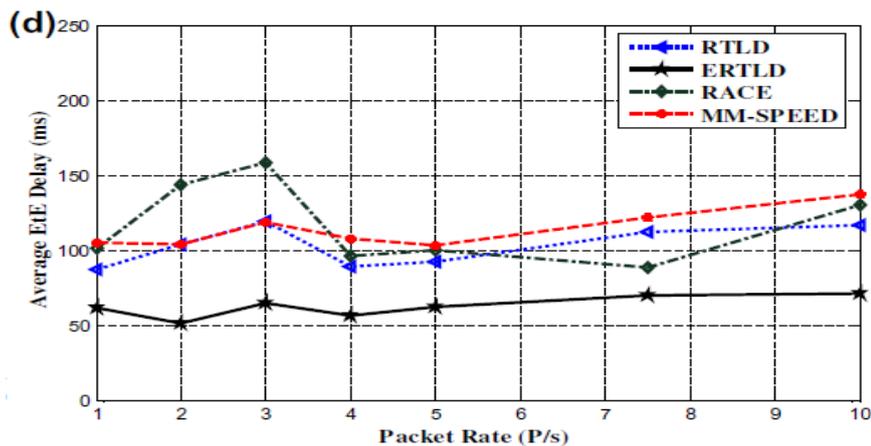
الشكل (7) b معدل استهلاك الطاقة

الشكل (7) c يبين ان ERTL D يستهلك عدد كبير من ضياعات الرزم مقارنة مع بروتوكولات التوجيه الاساسية . وهذا يكون تبعاً لاكتشاف الجار واكتشاف Corona . والابعد من ذلك فان ضياعات الرزم في ادارة الموقع لا تؤخذ بعين الاعتبار في البروتوكولات الاساسية بينما اكتشاف corona فيستدعي كل 8 ثوان.



الشكل (7) c ضياعات الرزم

الشكل (7) d يبين ان ERTL D يملك معدل تأخير قصير واصغر بمقدار 65% مقارنة ببروتوكول RTLD وذلك بعكس الية CORONA للتوجيه المستخدمة في ERTL D ، اضافة لذلك يبين الشكل (9) d المعدل الأعظمي لتأخير الرزم من طرف الى طرف بحوالي 60 ms ، ونلاحظ ان رزمة البيانات تنتقل خلال 5 الى 10 قفزات للوصول الى الوجهة.

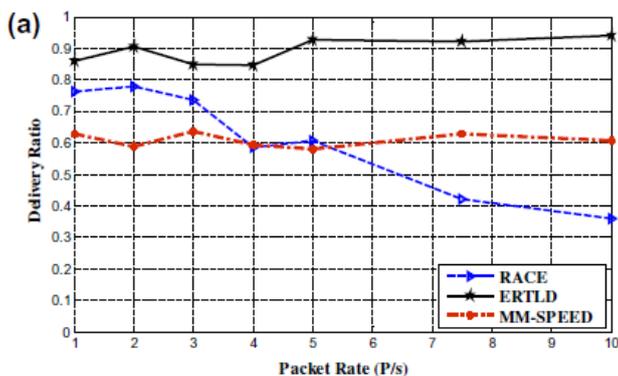


الشكل d(7) معدل التأخير من طرف الى طرف

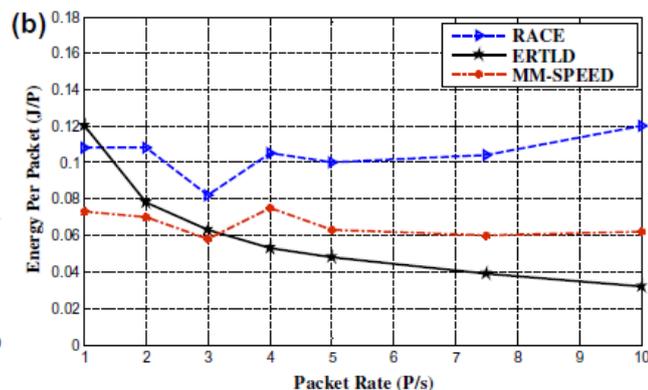
3-3. طبولوجيا الشبكة المتحركة:

في النمذجة التالية : لدينا 100 عقدة مستخدمة لهذه العملية حيث 20% من العقد (MNs) اي حوالي 20 عقدة بدلت مواقعها بشكل عشوائي بسرعة ثابتة حوالي 5m/s لكي نختبر توزيع الحمولة في ERTLD , RACE , MM-SPEED سنزيد زمن المحاكاة الى 5000s . نتائج المحاكاة في الشكل a (8) تبين ان ERTLD يمتلك معدل تسليم للرزم اعلى بمقدار 42% من بروتوكول RACE. ويعود السبب بشكل اساسي الى ادارة الموقع عند RACE و MM-SPEED. ادارة الموقع تتطلب وقتاً اضافياً لتخمين الموقع الجديد لـ MNs باختصار MNs ترسل بشكل متزامن CCP(Corona Control Packet) لتحديد C-ID لـ MN الذي سيستخدم لتوجيه رزمة البيانات حتى لو تغير مخطط الشبكة. بالإضافة الى ذلك في الشكل b (8) نجد ان ERTLD يستهلك طاقة مستهلكة لكل رزمة مستقبلية اقل بـ 39% مقارنة بـ RACE بين حوالي 4 و 10 رزم في الثانية. والسبب في ذلك هو ان عدد الرزم الضائعة عند استخدام RACE, MM-SPEED مرتفعة بحيث انها تبديد طاقة الـ MNs

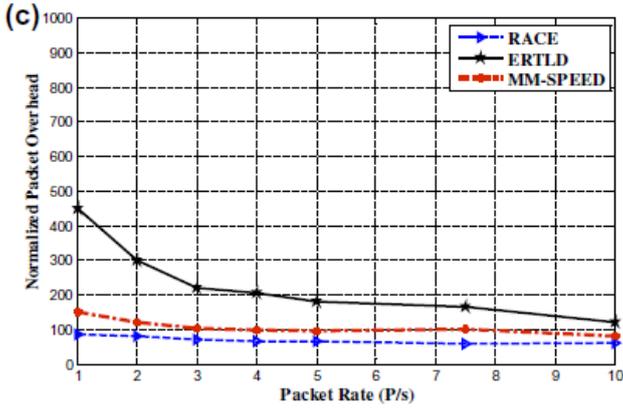
الشكل c (8) يبين ان ERTLD يستهلك عدد اكبر من الرزم مقارنة بـ RACE , MM-SPEED ، وهذا يعود لسببين هما اكتشاف الجار واكتشاف CORONA. اما الشكل d (8) فيبين ان ERTLD يمتلك معدل تأخير قصير يساوي 31% مقارنة ببروتوكولات التوجيه RACE , MM-SPEED. وهذا يعود لمرونة الية التوجيه في ERTLD.



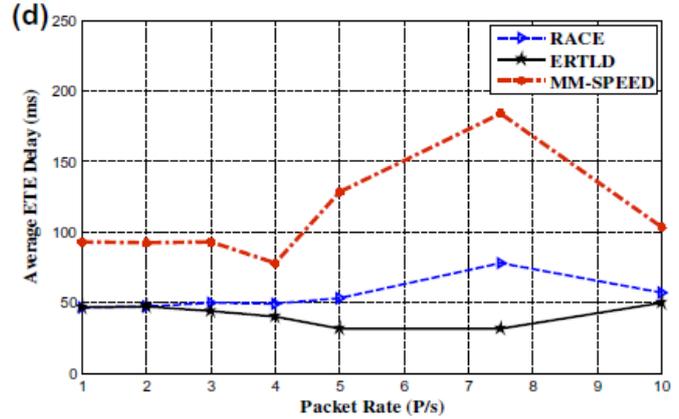
الشكل a (8) معدل التسليم



الشكل b (8) معدل استهلاك الطاقة لكل رزمة



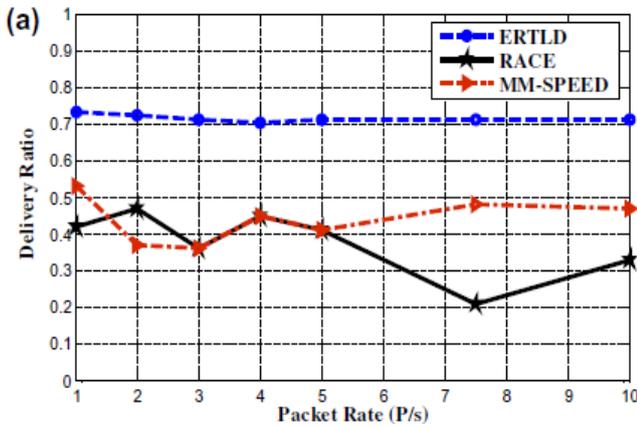
الشكل d (8) معدل ضياعات الرزم



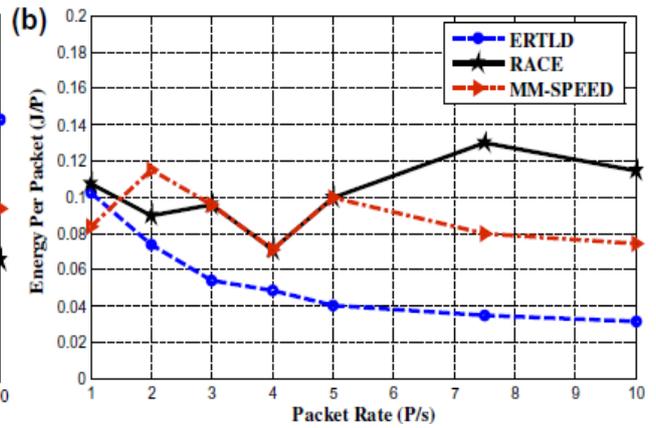
الشكل C (8) معدل التأخير من طرف لظرف

3-4. تأثير Mobile SINK في شبكة MWSN:

في المحاكاة التالية، لدينا 50 عقدة متحركة مستخدمة في هذه العملية MS؛ و 20% من العقد المتحركة غيرت مكانها عشوائياً باستخدام سرعة ثابتة تساوي 5m/s وزمن المحاكاة هو 1000s. نتائج النمذجة تبين: في الشكل (9a) يبين أن ERTLD يستهلك معدل تسليم اعلى من RACE, MM-SPEED بمقدار 63%. وهذا بشكل اساسي يكون تبعاً لتغير موقع MS والذي يسبب ضياع رزم البيانات باتجاه المستقبل. الشكل (9b) ان ERTLD يستهلك طاقة اقل بـ 38% لكل رزمة مستقبلية مقارنة بباقي البروتوكولات الاخرى RACE, MM-SPEED وذلك بسبب كمية ضياع الرزم باستخدام RACE, MM-SPEED تكون كبيرة والتي تبثد طاقة ال MN



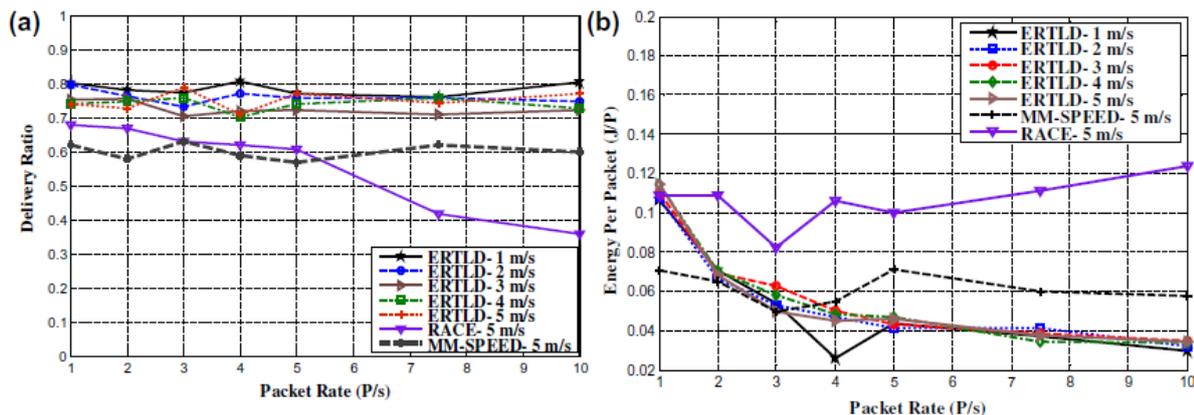
الشكل a (9) معدل التسليم



الشكل b (9) طاقة كل رزمة

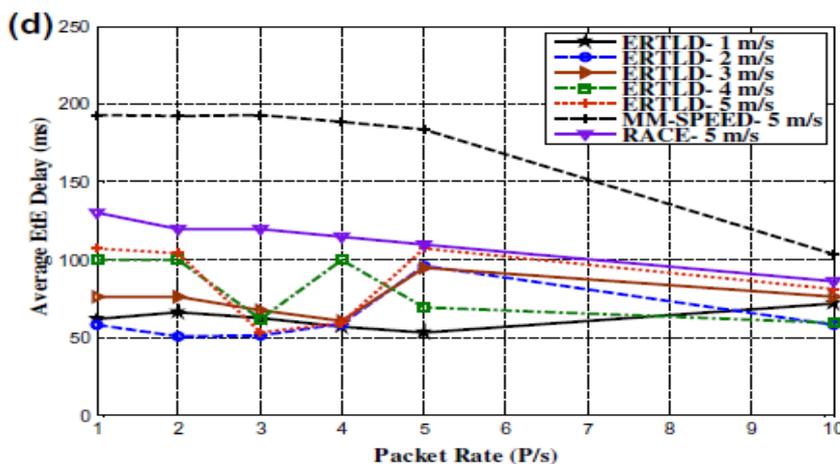
3-5. تأثير تغير سرعة العقدة المتحركة :

في هذه التجربة ،لدينا 50 عقدة متحركة و 20% من العقد المتحركة غيرت موقعها بشكل عشوائي باستخدام سرعات متغيرة بين 1 - 5m/s. نتيجة النمذجة في الشكل (10a) تبين ان ERTLD بسرعة 1 m/s تواجه معدل تسليم رزمة اعلى من جميع البروتوكولات الاخرى. اما الشكل (10b) و (10d) يظهر تغيرات صغيرة بين كل السرعات لـ MNS وتأثيرها على استقرار ERTLD. اضافة لذلك فان ERTLD تقدم فعالية واداء اعلى من باقي البروتوكولات بسبب كل ما ذكر سابقاً.



الشكل (10) a معدل التسليم

الشكل (10) b طاقة كل رزمة



الشكل (10) d معدل التأخير من طرف الى طرف

الاستنتاجات والتوصيات:

معظم بروتوكولات التوجيه الاساسية المصممة من اجل WSN والتي لا تعتبر بروتوكولات توجيه بالزمن الحقيقي في شبكات الـ MWSN. هذا البحث يشرح فكرة البروتوكول ERTLD المستخدم في شبكات MWSN. والتي تعتمد على بروتوكول RTLD وهو بروتوكول توجيه بالزمن الحقيقي مستخدم في شبكات WSNERTLD. الية CORONA تعتبر كبديل عن استخدام ادارة موقع الحساس المستخدم في RTLD. فهي تحسب خيار التوجيه (العقدة التي سيتم توجيه رزم البيانات اليها) اعتمادا على الطاقة المتبقية للعقد الحساسة وسرعة رزمة البيانات من عقدة الى اخرى خلال قفزة واحدة. نتائج البحث تضمنت استنتاج بان التوجيه المعتمد على موقع عقدة الحساس لا يناسب شبكات الـ MWSN والية CORONA في ERTLD تحسن الاداء الكلي والاجمالي للنظام، الوثوقية والمرونة لآلية توجيه البيانات في شبكات MWSN

المراجع:

- [1] I. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, E. Cayirci, Wireless sensor networks: a survey, *Computer Networks* 38 (4) (2002) 393–422.
- [2] G. Song, Y. Zhou, F. Ding, A. Song, A mobile sensor network system for monitoring of unfriendly environments, *Sensors Journal* 8 (11)(2008) 7259–7274.
- [3] S. Indu et al., Self deployment of mobile sensor network for optimal coverage, *International Journal of Engineering Science and Technology* 2 (7) (2010) 2968–2975.
- [4] M. Chen, V.C.M. Leung, S. Mao, Y. Yuan, Directional geographical routing for real-time video communications in wireless sensor networks, *Elsevier Computer Communications Journal* 30 (17)(2007) 3368–3383.
- [5] A. Zhan, T. Xu, G. Chen, B. Ye, S. Lu, A survey on real-time routing protocols for wireless sensor networks, *Chinese Journal of Computer Science* 3 (11) (2008) 234–238.
- [6] Y. Li, C. Chen, Y. Song, et al., Real-time QoS support in wireless sensor networks: a survey, in: *The Proceedings of 7th IFAC IntConf on Fieldbuses & Networks in Industrial & Embedded Systems (FeT'07)*, Toulouse, France, 2007, pp. 373–380.
- [7] A. Ahmed, N. Fisal, A real-time routing protocol with load distribution in wireless sensor networks, *Elsevier Computer Communication Journal* 31 (2008) 3190–3203.
- [8] The Network Simulator – NS-2, <<http://www.isi.edu/nsnam/ns/>>, (accessed on January 2012).
- [9] J. Allred, A.B. Hasan, S. Panichsakul, W. Pisano, P. Gray, J. Huang, SensorFlock: an airborne wireless sensor network of micro-airvehicles, in: *ACM SenSys*, Sydney, Australia, 2007, pp. 117–129.
- [10] S.B. Eisenman, E. Miluzzo, N.D. Lane, R.A. Peterson, G.-S. Ahn, A.T. Campbell, The BikeNet mobile sensing system for cyclist experience mapping, in: *ACM SenSys*, Proceedings of the 5th international conference on Embedded networked sensor systems, 2007, pp. 87–101.
- [11] J. Eriksson, L. Girod, B. Hull, R. Newton, S. Madden, H. Balakrishnan, The pothole patrol: using a mobile sensor network for road surface monitoring, in: *ACM MobiSys*, Proceedings of the 6th International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services, 2008, pp. 29–39.
- [12] B. Hull, V. Bychkovsky, K. Chen, M. Goraczko, E. Shih, Y. Zhang, et al., Cartel: a distributed mobile sensor computing system, in: *ACM SenSys*, Proceedings of the 4th International Conference on Embedded Networked Sensor Systems, 2008, pp. 125–138.
- [13] T. Wark, C. Crossman, W. Hu, Y. Guo, P. Valencia, P. Sikka, et al. The Design and evaluation of a mobile sensor/actuator network for autonomous animal control, in: *ACM/IEEE IPSN*, Proceedings of the 6th International Conference on Information Processing in Sensor, Networks, 2007, pp. 206–215.
- [14] T. Liu, C. M. Sadler, P. Zhang, M. R. Martonosi, Implementing software on resource constrained mobile sensors: experiences with impala and ZebraNet, in: *ACM MobiSys* 04, 2004, pp. 256–269.
- [15] I. Vasilescu, K. Kotay, D. Rus, M. Dunbabin, P. Corke, Data Collection, storage, and retrieval with an underwater sensor network, in: *ACM SenSys*, Proceedings of the 3rd International Conference on Embedded Networked Sensor Systems, 2005, pp. 154–165.
- [16] C. Lu, B.M. Blum, T.F. Abdelzaher, J.A. Stankovic, T. He, RAP: a real-time communication architecture for large-scale wireless sensor networks, in: *IEEE Conference on Real-Time and Embedded Technology and Applications Symposium*, 2002, pp. 55–66.

- [17] T. He, J. Stankovic, C. Lu, T. Abdelzaher, SPEED: a stateless protocol for real-time communication in sensor networks, in: IEEE Proceedings of the 23rd International Conference on Distributed Computing Systems, 2003, pp. 46–55.
- [18] E. Felemban, C. G. Lee, E. Ekici, R. Boder and S. Vural, Probabilistic QoS guarantee in reliability and timeliness domains in wireless sensor networks, in: IEEE Proceedings of the 24th Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies, 2005, pp. 2646–2657.
- [19] H. Li, P. Shenoy, K. Ramamritham, Scheduling messages with deadlines in multi-hop real-time sensor networks, in: IEEE Real-Time and Embedded Technology and Applications Symposium (RTAS 2005), San Francisco, California, March, 2005, pp. 415–425.
- [20] O. Chipara, Z. He, G. Xing, Q. Chen, X. Wang, C. Lu, J. Stankovic, T. Abdelzaher, Real-time power-aware routing in sensor networks, quality of service, in: IWQoS 2006, 14th IEEE International Workshop, 2006, pp. 83–92.
- [21] E. Lee, S. Park, S. Oh, S.H. Kim, K.D. Nam, Real-time routing protocol based on expect grids for mobile sinks in wireless sensor networks, in: Vehicular Technology Conference (VTC Fall), 2011, pp. 1–5.
- [22] S. Park, E. Lee, H. Park, J. Jung, S.H. Kim, Strategy for real-time data dissemination to mobile sinks in wireless sensor networks, in: IEEE 21st International Symposium on Personal Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC), 2010, pp. 1905–1910.
- [23] G. M. Araujo, L.B. Becker, A network conditions aware geographical forwarding protocol for real-time applications in mobile wireless sensor networks, in: AINA 2011 IEEE International Conference, 2011, pp. 38–45.
- [24] O. Chipara, Z. He, G. Xing, et al., Real-time power-aware routing in sensor networks, in: The Proceedings of the 14th IEEE International Workshop on Quality of Service (IWQoS 2006), New Haven, CT, 2006, pp. 83–92.
- [25] M. Keally, G. Zhou, G. Xing, Sidewinder: a predictive data forwarding protocol for mobile wireless sensor networks, in: secon09, 6th Annual IEEE Communications Society Conference, 2009, pp. 1–9.
- [26] M. Singh et al., A tree based routing protocol for mobile sensor networks (IJCSSE), International Journal on Computer Science and Engineering 02 (01S) (2010) 55–60.
- [27] S.H. Shee, K. Wang, I.L. Hsieh, Color-theory-based dynamic localization in mobile wireless sensor networks, in: Proceedings of Workshop on Wireless, Ad Hoc, Sensor Networks, 2005, pp. 73–78.
- [28] L. Hu, D. Evans, Localization for mobile sensor networks, in: Tenth International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom'04), Philadelphia, Pennsylvania, USA, 2004, pp. 45–57.
- [29] A. Baggio, K. Langendoen, Monte Carlo localization for mobile wireless sensor networks, Ad Hoc Networks Journal 6 (5) (2008) 718–733.
- [30] K. Seada, M. Zuniga, A. Helmy, B. Krishnamachari, Energy-efficient forwarding strategies for geographic routing in lossy wireless sensor networks, in: IEEE SECON 2004, Santa Clara, CA, 2004, pp. 108–121.
- [31] M. Zuniga, B. Krishnamachari, Analyzing the transitional region in low power wireless links, sensor and ad-hoc communications and networks, in: IEEE SECON 2004, 1st Annual IEEE Communications Society Conference, 2004, pp. 517–526.