

پروتکل مسیریابی با قابلیت اعتماد و بهینه سازی مصرف انرژی در شبکه های بی سیم

حمداله غمگین^۱

^۱مربی گروه کامپیوتر، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

چکیده

طراحی پروتکل با بازده انرژی برای WSN امروزه حوزه پژوهشی چالش بر انگیزی شده است. بخشی از نرم افزارهای کاربردی نظامی، بسیاری از نرم افزارهای غیرنظامی، تجاری و محیط زیستی، استفاده از شبکه های حسگر را مورد توجه قرار داده اند. پروتکل های مسیریابی WSN می توانند در دو مقوله اصلی طبقه بندی شوند: داده مرکزی و سلسله مراتبی. پروتکل های سلسله مراتبی به محاسبات بیشتری برای انتخاب سرشاخه ها و حفظ شاخه ها در زمان اضافه شدن به مسیر هستند. بنابراین، تحقیق ما عمدتاً بر مقوله داده مرکزی متمرکز شده است، در اینجا تمام ارتباطات بر اساس متا دیتا (داده هایی که بر اساس صفاتشان نامگذاری شده اند) برقرار می شود. در این مقاله، ما قصد داریم تا پروتکلی را طراحی کنیم که پروتکل معتبر و بابازده انرژی- REEP نامیده شده است هدف اصلی ما از این مقاله عبارتست از طراحی یک پروتکل معتبر و با بازده انرژی، که می تواند نیاز به تحمل خطا را با افزایش طول عمر شبکه رفع نماید

واژه های کلیدی: شبکه حسگر بی سیم، تحمل خطا، طراحی REEP، قابلیت اعتماد.

مقدمه

یک شبکه حسگر بی سیم نوعاً شامل تعداد زیادی از گره های حسگر است که به طور متراکم در یک سطح چیده شده اند. عموماً، الگوریتم WSN به طور ضمنی یک الگوریتم توزیعی است. گره های حسگر قادر به همکاری با یکدیگر هستند و توانایی برآورد محیط اطرافشان را دارند (مثلاً نور، دما، صوت و لرزش). سپس برآوردهای حسی به سیگنال های دیجیتالی تبدیل شده برای آشکار کردن برخی از ویژگی های پدیده های مربوط به حسگرها پردازش می شوند. این اطلاعات جمع شده برای بازخورد به کاربر از طریق معماری غیر-زیرساختی چند- ایستگاهی WSN مسیر دهی می شوند. طراحی یک شبکه حسگر بی سیم تحت تاثیر برخی از عوامل مهم در طراحی است که به عنوان دستورالعملی برای طراحی یک پروتکل و یا یک الگوریتم برای هر نوع از شبکه های حسگر عمل می کند. این عوامل عبارتند از: مقیاس پذیری، هزینه های تولید، عامل محیط زیست، توپولوژی شبکه های حسگر، محدودیت های سخت افزاری، رسانه انتقال دهنده، تحمل خطا و مصرف برق (منجسوار و آگروال، ۲۰۰۱) در این میان فاکتورهای تحمل خطا و مصرف برق در طراحی پروتکل های کارآمد انرژی برای WSN بسیار مهم هستند

مروری بر پیشینه

پژوهشگران بسیاری از پروتکل های مسیر یابی را در طی چند دهه اخیر برای MANET پیشنهاد کرده اند. این پروتکل های مسیر یابی می توانند در چند مقوله زیر دسته بندی شوند (چانگ لینک و کاسیر ۲۰۰۳):

- پروتکل مسیر یابی پیش- فعال (مسیردهی شده با جدول)، مانند: DSDV (بردار فاصله سکانس بندی شده - مقصد)، WRP (پروتکل مسیریابی بی سیم)، FSR (مسیریابی حالت Fisheye) (چانگ لینک و کاسیر ۲۰۰۳)، AWDS (سرویس توزیع دبی سیم ادهوک) - پروتکل مسیریابی توری بی سیم لایه ۲ و Babel - گونه ای از AODV با انحراف سریعتر، HSR (مسیریابی حالت سلسله مراتبی)، TBRPF (توپولوژی انتشاری پایه ریزی شده در پروتکل مسیر یابی ارسال در مسیر معکوس) (نیکیان و لابرید، ۲۰۰۰).
- پروتکل های مسیر یابی سلسله مراتبی بر اساس منطقه عبارتند از: ZRP (پروتکل مسیر یابی منطقه)، HARP (پروتکل مسیریابی ادهوک هیبرید)، ZHLS (مسیر یابی وضعیت اتصال سلسله مراتبی منطقه ای) (چانگ لینک و کاسیر ۲۰۰۳).
- پروتکل های مسیر یابی خوشه ای عبارتند از: CGSR (مسیر یابی سوئچ دروازه ی خوشه ای)، HSR (مسیر یابی وضعیت سلسله مراتبی) (چانگ لینک و کاسیر ۲۰۰۳)، DART (مسیر یابی آدرس دینامیکی)، DDR (مسیر یابی دینامیکی توزیعی)، GSN (مسیر یابی حالت سراسری) (نیکیان و لابرید، ۲۰۰۰).
- پروتکل های مسیر یابی بر اساس گره ی مرکزی عبارتند از: LANMAR (مسیر یابی ادهوک لندمارک)، CEDAR (مسیر یابی ادهوک توزیعی اقتباس مرکزی)، OLSR (مسیریابی حالت اتصال بهینه) (چانگ لینک و کاسیر ۲۰۰۳).

طراحی REEP

پروتکل پیشنهادی ما برای شبکه حسگر بی سیم با انگیزه طراحی ساختار پروتکل DD طراحی شده است. بنابراین تکنیک مسیر یابی داده محور استفاده شده در DD در متن طراحی REEP دوباره بکار گرفته شده است هدف از این بخش فراهم نمودن دیدگاهی از معماری و پردازش طرح REEP است، که عبارتند از: ویژگی های طراحی، عناصر طراحی، مراحل طراحی و نهایتاً قابلیت استفاده از سناریوهای طراحی. قبل از توصیف مراحل طراحی، ضروری است که ابتداً گزینه های طراحی REEP را معرفی نماییم. پنج عنصر طراحی وجود دارد که در مراحل انتشار مختلف پروتکل REEP مورد استفاده قرار میگیرند. مقدار آستانه انرژی یکی از این عناصر است و انتخاب این مقدر براساس الزامات نرم افزارهای کاربردی مختلف تغییر می کند REEP

دارای پنج عنصر مهم است. این عناصر عبارتند از: ۱- رویداد حسی، ۲- رویداد INFO، ۳- رویداد درخواست، ۴- مقدار استانه انرژی و ۵- صف FIFO. یک رویداد حسی نوعی از درخواست است که هر گره را مجبور می کند تا حس کردن را آغاز نماید. این رویداد حسی در گره مرکزی تولید می شود، و به وسیله شبکه حسی برای کسب اطلاعات مورد حمایت قرار می گیرد. واکنش این درخواست، رویداد INFO است، که در گره مبدا تولید می شود. رویدادهای درخواست در گره مقصد تعیین می شوند و برای راه اندازی مسیر برای بازیابی اطلاعات و افعی استفاده می شوند. داده های واقعی در هر شبکه حسگر جمع آوری شده اطلاعات را در مورد هر پدیده فیزیکی پردازش می نمایند. هر گره در REEP از مقدار استانه انرژی با بررسی این نکته که آیا گره برای مشارکت در هر فعالیت بعدی رضایت دارد یا آن را ندیده می گیرد استفاده می کند (فنی و نیلسون، ۲۰۰۱). این موضوع به انتقال مستندتر هر اطلاعات رویداد یا هر داده واقعی منجر می گردد، صف FIFO در هر گره برای پیگیری سکانس رویداد INFO ی دریافت شده از همسایه های مختلف استفاده می شود.

هر گره اولین همسایه را از طریق درخواستی که برای راه اندازی مسیر ارسال کرده انتخاب می کند. عناصر توصیف شده در بالا برای یک مقوله ویژه از نرم افزارهای شبکه حسی هستند

مراحل طراحی REEP شامل طراحی نمودارهای اجمالی نامگذاری و طراحی رویدادهای انتشاری مختلف است این رویدادهای انتشاری، جریان کار عملکردهای اصلی REEP را ارائه می دهند. آنها می توانند به سه مرحله تقسیم شوند چنانچه در جدول شماره ۱ ملاحظه می کنید. یک تفسیر در مورد نحوه تولید و پردازش رویدادها در پروتکل REEP در بخش بعدی ارائه خواهد شد.

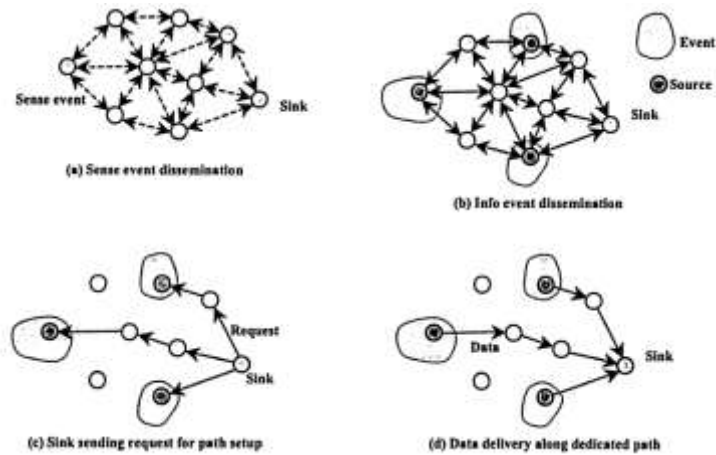
جدول شماره ۱. مراحل عملیاتی REEP

Steps	NAME
1 st	Sense event propagation (section 4.3.3)
2 nd	Info event propagation (section 4.3.4)
3 rd	Request event propagation (section 4.3.5)

نمودار اجمالی ساده سازی شده REEP

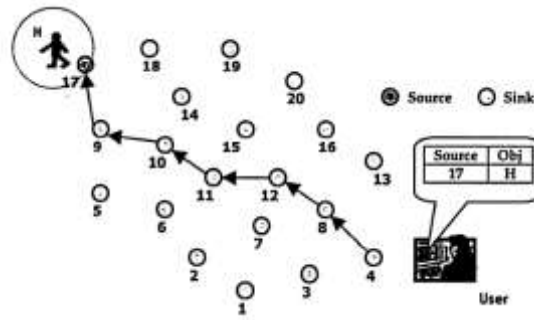
برای داشتن دیدگاه کلی از چگونگی کار REEP، اجازه بدهید فرم ساده ای از نرم افزار کاربردی WSN را مورد توجه قرار دهیم. بیا فرض کنیم که یک حوزه جغرافیایی بزرگی دارای مقدار زیادی از گره های حسگر است که برای اهداف امنیتی مورد استفاده قرار گرفته است. چنانچه در شکل شماره نشان داده شده، بیا فرض کنیم که کاربر درخواستی را به گره مقصد از طریق گره مدیریت وظایف ارسال می کند. درخواست به تمام گره های حسگر ارسال می شود تا در زمانی محدود حس کرده و اطلاعات را از محیط جمع آوری نمایند. گره هایی که هر شی در حال حرکتی را حس می کنند مانند انسان، یا وسیله نقلیه یا حیوان، این اطلاعات را به کاربر ارسال می کنند (که داده های واقعی نیستند). اگر منابع چندگانه اشیای را از موقعیت های مختلف کشف کرده باشند این کاربر لیستی از اشیاء کشف شده را دریافت می کند و آن را با اطلاعات موقعیت گره مبدا کاشف مطابقت می دهد. این کاربر می تواند یک یا چند منبع را از لیست برای داشتن داده های مفصل از شی کشف شده انتخاب نماید (سادک و هان، ۲۰۰۶). این کاربر سپس درخواست ها را از طریق گره مرکزی برای دریافت داده های واقعی ارسال می کند. گره مرکزی این درخواست را به همسایه های ویژه به منظور راه اندازی مسیریابی برای انتقال داده واقعی ارسال می کند (شکل شماره ۱-ج) را ببینید). گره های واسطه همان وظایف گره مرکزی برای راه اندازی مسیر انجام می دهند. زمانیکه منبع ها درخواست های مورد نظرشان در مورد داده های واقعی را دریافت می کنند، آنها مسیر را کامل می کنند و ارسال داده از

طریق مسیرهای اختصاصی را آغاز می نمایند (به شکل شماره ۱- (د) نگاه کنید). بنابراین کاربر دریافت داده واقعی یک مسیر انفرادی را برای هر وظیفه آغاز می کند.



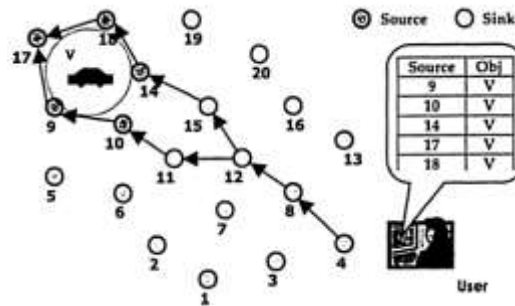
شکل شماره ۱. توضیح خلاصه ای از عملیات های REEP

یکی از مهمترین ویژگی های REEP عبارتست از حفظ مقدار آستانه انرژی در هر گره این مقدار آستانه در هر زمان چک می شود، و در هر گره، تنها زمانی که گره رویداد درخواست با داده واقعی را دریافت می نماید منتقل می شود. طراحی این مقدار آستانه انرژی وابسته به نرم افزار کاربردی است. زمانی که انرژی گره مسیر و انتقال داده اجتناب شود و فقط اطلاعات کنترلی انتقال یابد. گره هایی با مقدار انرژی پایین می توانند قبل از اینکه از بین بروند جایگزین شوند. در برخی از شرایط مانند زمانی که گره یا لینک دچار نقص می شود، گره ها باید به دنبال ست آپ جایگزین مسیر باشند، در یک چنین شرایطی، گره های REEP نیازی به انجام پژوهش وسیع در شبکه یا هیچ سرریز دوره ای برای پیدا کردن بهترین مسیر بعدی که باید برای انتقال داده ها مورد استفاده قرار گیرند ندارند، یا گره های REEP نیازی به حفظ چند مسیر جایگزین نمی بیند (لانرمن و تسی، ۲۰۰۳). بلکه آن ها می توانند بهترین همسایه بعدی را از صفوفشان برای ست آپ مسیر جایگزین انتخاب نمایند. بنابراین کل رویداد مورد درخواست در هر گره برای استفاده آتی ذخیره شده است. روشی را که پروتکل REEP براساس آن طراحی شده به آن اجازه کار با سناریوهای مختلف را می دهد. به عنوان مثال یک چنین سناریوهای زمانی وجود دارند که یک منبع منفرد اشیاء منفرد یا چندگانه را کشف می کند، یا زمانی که منبع های چند گانه اشیای چندگانه یا منزوی را آشکار می نمایند. در ادامه بین سناریوهای توصیف می شوند. زمانی که تنها یک گره منبع در کل شبکه حسگر یک شی را کشف می کنند یک مدخل را برای آن شی ایجاد می کند و این اطلاعات را در سرتاسر شبکه پخش می کند. اگر کاربر درخواستی را برای این شی ارسال کرده باشد، پس گره مرکزی برای ست آپ مسیر درخواستی را ارسال می کند. زمانی که این مسیر تاسیس می شود، گره منبع شروع به ارسال داده واقعی از طریق این مسیر می نماید، این سناریو در شکل شماره ۲ نشان داده شده است.



شکل شماره ۲. یک منبع یک شی را کشف می کند

این یک سناریوی کاملاً عادی در ارتباطات بی سیم است، که در آن یک جفت گره حسگر همان شی را کشف می کنند (به شکل شماره ۳ نگاه کنید). این امر زمانی رخ می دهد که شی به حوزه ای تعلق دارد که در آنجا رویداد های حسی در نواحی چند لایه ای از چند گره رخ می دهند. در یک چنین موقعیتی، گره های مختلف منبع، مدخل های مختلفی را برای همان شی و ارسال و انتشار این اطلاعات به منابع مختلف ایجاد می کنند. زمانیکه اطلاعات در میان چندین گره منبع مبادله می شود، آنها مدخل های انفرادی را برای همان شی با اطلاعات منبع مختلف ایجاد می کنند. این نمونه، نوعی از افزونگی داده ها در حافظه های گره است، اما عملکرد کل شبکه را تحت تاثیر قرار نمی دهد. علت این امر این است که زمانیکه کاربر این موضوع را ملاحظه می کند، لیستی که چندین منبع را که همان شی را کشف کرده اند نشان می دهد، موقعیت این گره های منبع به یک ناحیه کوچک تعلق دارد و کاربر می تواند به سرعت بپذیرد که این شی یک شی است و چندین شی از یک گونه نیست. سپس کاربر می تواند هر یک از گره های مبدا را برای درخواست داده براساس شدت های اضافی هر وظیفه انتخاب کند. زمانیکه گره منبع این درخواست را دریافت می کند شروع به ارسال داده ها همراه با این مسیر به سمت گره مقصد می نماید. شکل شماره ۳ این سناریو را نشان می دهد.



شکل شماره ۳. چندین منبع یک شی را کشف می کنند

تحمل خطا در REEP

ارتباط حسگر بی سیم احتمالاً مستعد نارسایی گره یا لینک است آن هم به خاطر منبع محدود و غیر قابل جایگزینی انرژی گره های حسگر. این نوع از نارسایی موجب ایجاد مسیرهای منفصل و قطعی ارتباط بین گره های حس می شود. برخی دیگر از انواع نارسایی ها وجود دارد که می تواند به وسیله فاکتورهای محیطی ناخواسته در مسیر ارتباطی تجربه شده باشد. نمونه

هایی از نارسایی های مسیر عبارتند از رعدو برق، وزش شدید با وجود هرگونه مانعی در مسیر، تعمیر یا بازسازی مسیری که دارای نقص شده است نیاز به تحمل مساله دارد. پروتکل های شبکه به روشی طراحی شده اند که با این نوع از نارسایی ها کار می کنند و ارتباط را برای گره های حسگر علی رغم موانع و مشکلات حفظ می نمایند (کینگ و ونگ، ۲۰۰۶). این مساله با عنوان تحمل خطا در شبکه سازی شناخته می شود. REEP به نحوی طراحی شده است که این مسائل را نیز در نظر داشته است. بخش بعدی در مورد مساله تحمل خطا و چگونگی کنترل آن در REEP تنظیم شده است (کینگ و ونگ، ۲۰۰۶).

برخی از مهمترین ویژگی های پروتکل REEP عبارتند از معرفی صف FIFO و مقدار آستانه انرژی، این ویژگی های ظاهر خوبی را به پروتکل REEP می دهد و برخی از مزایا را برای فراهم می کند. مکانیزم بررسی انرژی بر انرژی باقیمانده در هر گره کنترل پیدا می کند و به مسیر کاملی در شبکه منتج می شود که برای انتقال داده ها قابل استناد است، بعلاوه، حفظ مقدار آستانه انرژی در هر گره به آن گره اجازه انتقال داده دریافت شده به گره بعدی در آن مسیر را به هر رگره ای که دچار کمبود انرژی شده می دهد. بنابراین، اتلاف داده در REEP بسیار ناچیز است. برای اعمال ست آپ مسیر جایگزین در مورد گره یا نارسایی مسیر در شبکه، REEP نیازی به انتشار رویدادهای بانرخ پایین یا حفظ پیش فعالی مسیرهای جایگزین ایجاد شده به طور پیشرفته که موجب محاسبه بیشتر و مصرف انرژی بیشتر در این شبکه می شود، وجود ندارد. دریک چنین موقعیتی گره ها در REEP به سادگی بهترین همسایه بعدی را از صف FIFO میان برای درخواست ست آپ مسیر جایگزین بدون ایجاد هیچ گونه اشتتاری انتخاب می کنند. REEP به خوبی با چند شی و با چند گره سینک و مبدا کار می کند. دلیل این امر این است که هر وظیفه در REEP هم براسا نوع شی کشف شده و هم براساس اطلاعات موقعیت گره منبع کاشف آن قابل قیاس است. در مورد اشای تصادفی که به سمت جلو حرکت می کنند، REEP برخی از اطلاعات را درباره این مسیر تهیه می کند.

منبع بعدی برخی از رویدادهای info را درباره ی شی کشف شده تولید می کند و آن ها را به تمام گره ها ارسال می کند. سپس یک کاربر می تواند ایده ای را درباره مسیر حرکت شی با مشاهده تغییرات در اطلاعات موقعیت گره مبدا برای نوعی شی ویژه داشته باشد. زمانیکه یک کاربر نیاز به ارسال یک صف در داخل شبکه دارد، نیازی به کسب اطلاعات قبل درباره اشیا موجود و ناحیه ای که در آن کار می کند ندارد، کاربر می تواند ایده کلی را از تمام اشیا کشف شده و اطلاعات موقعیت نسبی آن ها با ارسال رویداد حسی به گره سینک برای اسکن کل ناحیه شبکه بدست آورد. در مورد چندین شی یا گره های مبدا، REEP نمی تواند تمام کارها را دریک لحظه انجام دهد.

درعرض، حق انتخابی را برای کاربر در انتخاب یک وظیفه بعد از تکمیل انتشار رویداد info فراهم می کند. بقیه فعالیت ها مانند ست آپ مسیر و انتقال داده ها براساس انتخاب کاربر تکمیل شده اند. کاربر تنها آن وظایفی را از لیست کارها انتخاب می کند که به آن ها نیاز دارد. این ویژگی به اجتناب از پردازش های اضافی، غیر ضروری در شبکه کمک می کند. تمام پروتکل های داده محدود در REEP به احتمال زیاد مختص نرم افزار کاربردی و گره های حسگرشان است که موضوع بررسی هستند. این موانع دربردارنده برخی از محدودیت ها در استفاده از این نوع از پروتکل ها است. بنابراین REEP برای نرم افزارهای کاربردی در حالیکه تغییرات دینامیکی توپولوژی شبکه مورد نیاز است مناسب نمی باشد. در REEP، وظیفه حسگری از پیش برنامه ریزی شی یا وظیفه حسگری آغاز شده به وسیله یک کاربر بسیار تکراری باشد، تغییرات بیشتری برای نارسایی بیشتر گره و اتلاف داده در شبکه به واسطه مصرف زیاد انرژی در کل شبکه وجود خواهد داشت، بدون، طراحی درست از وظایف حسی از پیش برنامه ریزی شده REEP می تواند به طور ضعیف اجرا شود. الزامات اصلی عملکردی و غیر عملکردی پروتکل پیشنهادی ما تعیین صلاحیت می شود. ابتدا، ما مقایسه های کیفی را از REEP و DD ارائه می دهیم و سپس مقایسه های کمی را از هر دو پروتکل برحسب متریک های متعدد فراهم می کنیم، که عبارتند از: پیچیدگی محاسباتی، میانگین انتقال بست، میانگین انرژی اتلاف شده، وقفه انرژی، نسبت میانگین اتلاف داده. آنالیز عملکرد هم در آرایش های شبکه و هم در آرایش های تصادفی گره های حسگر در شبکه حسگر انجام شده است.

توپولوژی ساده شبکه ای که ما در شبیه سازی مان استفاده کرده ایم شامل یک ناحیه جغرافیایی بزرگ است که با تعداد زیادی از گره های حسگری اشغال شده که در حالت تصادفی پراکنده شده اند و توانایی انجام وظایف مشارکتی را دارند، نرم افزار کاربردی مورد نظرمان به این صورت است که کل حوزه حسگر نیاز دارد. تا اشیا موجود را بررسی نماید، برای اینکه کاربر ممکن است از تمام اشیا موجود در شبکه اطلاع نداشته باشد. سپس این کاربر براساس نتایج تحقیق و پرسش هر شی یا گره مبدا کاوشگر را برای بازیافت داده واقعی انتخاب نماید.

مقایسه ای از مراحل انتشار بین REEP و DD

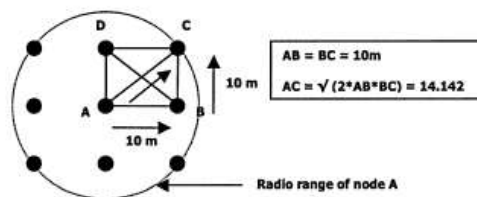
در مقایسه با مراحل انتشار DD، ما مراحل انتشار REEP را با تعدادی اصلاحات طراحی نمودیم. برخلاف DD، تکنیک ست آپ گردایان در REEP در اولین مرحله انتشار رویداد حسی دنبال نمی شود. این امر سرریز اطلاعات را کاهش می دهد. در مرحله انتشار رویداد info ی REEP، تمام اطلاعات قبل از مشارکت یک رویداد ذخیره سازی می شود (نیکیان و لاپرید، ۲۰۰۰).

مرحله ی انتشار رویداد درخواست، مصرف انرژی توسط هر گره را حفظ می کند. سپس تفاوت بین مرحله انتشار اچنانچه در REEP استفاده شده و مرحله انتشار را آن طور که در DD مورد استفاده قرار گرفته مقایسه کرده و در ادامه عنوان می کنیم. در طی مرحله انتشار علاقمندی (اولین مرحله) در DD، دو روش تدوین گردایان بین هر جفت از گره های همسایه انجام می شود،

پیاده سازی ها

ما از نرم افزار MATLAB7.4 برای پیاده سازی REEP، DD مان استفاده می کنیم. انتشار هر رویداد به عنوان ارسال بسته انفرادی شبیه سازی شده است، مثلا، بسته های علاقمندی، پاسخگویی، مستحکم کردن و داده ها، به عنوان ارسال رویداد در DD و بسته های حسی، info، در خواست و داده به عنوان انتشار رویداد در REEP استفاده شده اند. به منظور پیاده سازی REEP، ما باید فرضیات را درباره ی محدوده ی ارتباطی و تکنیک مورد استفاده در جایگذاری گره و جزئیات مربوط به ساختار داده های مختلف ارائه نماییم. تمام گره ها فرض می شود که در نرم افزار کاربردی شبکه ی ساده ی ما ایستا هستند به این معنا که در هر زمان در حال حس کردن نمی باشند.

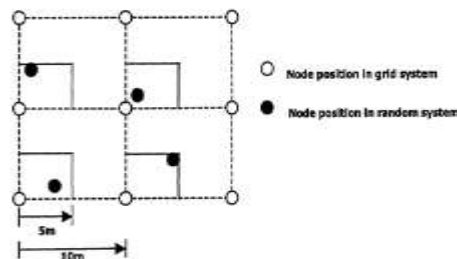
محدوده ارتباط: در سیستم شبکه ما فرض می کنیم که فاصله ی بین دو گره ی عمودی و افقی ده متر است و هر گره ی مرکزی (گره ی A در شکل شماره ۴) می تواند در احاطه ی حداکثر هشت گره ای که در همسایگی شان قرار دارد باشند. بر اساس این فرضیه هر محدوده ی رادیویی گره ۱۴.۱۴۲ متر محاسبه می شود (شکل شماره ۴). این مقدار از محدوده ی رادیویی در تمام آزمایش های ما ثابت است. محدوده های ارتباطی مختلف مانند حسگر، محدوده ی و دریافت ارسال هر گره ی حسگر در این پژوهش مساوی فرض شده است آن هم به منظور مشاهده ی عملکرد هر دو پروتکل بر حسب بازده ی انرژی.



شکل شماره ۴. طیف رادیویی هر گره حسگر

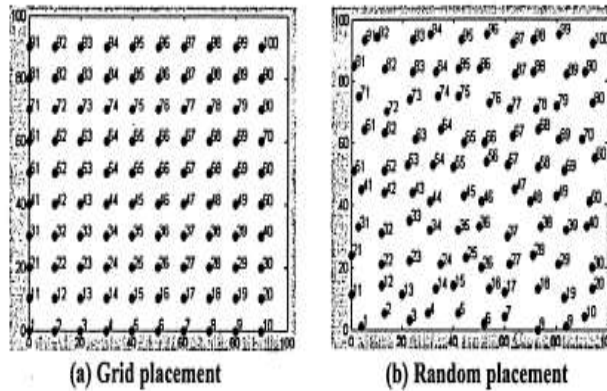
جایگذاری گره در سطح توپولوژیک: ما هر گره ی حسگر را در داخل محیط مستطیلی به حالت تصادفی Pseudo-قرار دادیم (شکل شماره ۵). این آرایش به آرایش «تصادفی - Pseudo» اشاره دارد برای اینکه گره می تواند در هر جای از منطقه ی مستطیلی یا در هر سلولی از آن قرار گرفته باشد، اما موقعیت سلول ثابت است. مساحت توپولوژی (مثلا طول عرض آن) شبکه شبیه سازی ما ورودی محسوب می شود.

ما مجبوریم توپولوژی شبکه را برای قرار دادن گره ها به روشی دنبال کنیم که فاصله ی بین دو گره ثابت نشده باشد. بعلاوه تعداد تصادفی از آن در هر محدوده است. برای مثال اگر میانگین فاصله ی بین گره ها ده باشد پس فاصله ی بین دو گره می تواند از ۵ تا ۱۵ آن هم بر اساس این محاسبه (مقدار X یا Y در سیستم شبکه $+$ (۱۵ تصادفی) تفاوت داشته باشد. این توپولوژی این امکان را به وجود می آورد تا از انزوای هر گره ی حسگر از تمام گره های همسایه اش جلوگیری نماید. آرایش کاملا تصادفی گره های حسگر در سطح توپولوژیکی می تواند به افزایش ازدحام در برخی از سطوح زیرین منجر شود یا می تواند به تجزیه ی ناحیه با گره های حسگر مجزا یا پراکنده منجر شود. اگر هیچ گره ی واسطه ای دارای هیچ همسایه ی قابل دسترسی نباشد هیچ مسیری نمی تواند بین و رودی تا مقصد ایجاد شود و داده ها از دست می رود. ماهیت تصادفی Pseudo ی ما در مورد جایگذاری گره ضرورتا داشتن تعداد ثابتی از همسایه ها برای هر گره را ایجاد نمی کند بلکه از یک گره تا گره ی دیگر تفاوت دارد. گره های حسگر می تواند دارای محدودیت های مختلف محدوده برای فعالیت های مختلف باشد آن هم بر اساس نیاز هر نرم افزار کاربردی. ما براین فرض هستیم که حسگری، و طیف انتقال و دریافت هر گره ی حسگر برابر هستند بنابراین لیست همسایه ی هر گره شامل تمام آن گره های همسایه ای است که به طیف رادیوی آن متعلق است (به شکل شماره ۵ نگاه کنید).



شکل شماره ۵. جایگذاری گره در یک مدل تصادفی - Pseudo

بر اساس تکنیک جایگذاری بالا ما از ست آپ صد گره ای در هر مساحت صد در صد متر مربعی استفاده کرده ایم (به شکل شماره ۶ نگاه کنید). جایگذاری گره می تواند هم در سیستم آرایش شبکه ای (به شکل شماره ۶ - الف نگاه کنید) و یا در آرایش تصادفی (به شکل شماره ۶ نگاه کنید) وجود داشته باشد.



شکل شماره ۶. جایگذاری ۱۰۰ گره در مساحت ۱۰۰*۱۰۰ متر مربع

ساختار گره حسگر: ساختار گره ی حسگر در بالا ترین سلسه مراتب تمام ساختار های داده ای که ما در شبیه سازی مان برای ذخیره ی اطلاعات موقعیت مورد استفاده قرار داده ایم قرار داد .

ساختار ObjectType: این ساختار داده برای ذخیره ی تمام اطلاعات جزئی درباره ی موضوعات آشکار شده به وسیله ی هر گره ی منبع استفاده می شود.

شبیه سازی ها

ما برای آنالیز عملکرد DD , REEP به عنوان توابعی از اندازه و انرژی شبکه، طیفی از اندازه های مختلف قیلد های حسگر را با ست آپ مختلفی برای طیفی از سناریوها شبیه سازی نمودیم. این سناریوها، رفتار هر دو پروتکل را منعکس می کندو برخی از آنها مزایای REEP را در مقایسه با DD برای برخی از سناریوهای ویژه و انواع نرم افزارهای کاربردی را مورد تاکید قرار می دهند. در تمام شبیه سازی هایمان، مادورترین فاصله میان گره منبع و گره مرکزی را مورد توجه قرار دادیم برای شبیه سازی هایمان، ما فقط شکل شمارهی لحظه ای از فایل های خروجی ارائه داده ایم تا تکمیل فایل های خروجی.

۴-۱ ورودی های شبیه سازی

ورودی های کاربر برای شبیه سازی شبکه حسگر ما بدین صورت هستند:

گره های حسگر کل به تعداد کل گره های حسگر مورد استفاده در شبکه حسگر اشاره دارد. انرژی عبارتست از کل انرژی داخلی موجود در هر گره. پهنای- محیط عبارتست از پهنای محیط توپولوژیکی. مساحت RECT و نوع شی برای تعریف علاقمندی در DD استفاده شده است. مقدار آستانه انرژی برای پیدا کردن مسیر مناسب در REEP استفاده شده است. حداکثر داده، به حداکثر تعداد داده ای که در گره منبع تولید شده اشاره می کند و حداکثر شی، به حداکثر تعداد اشیای کشف شده اشاره دارد. سایر ورودی های ویژه در شبیه سازی وجود دارند که بر اساس ورودی های کاربر پایه ریزی شده اند. اینها عبارتند از:

$$\begin{aligned} \text{NODES_IN_ROW} &= \text{ceil}(\text{sqrt}(\text{TOTAL_SENSOR_NODES})) & (4) \\ \text{SINK} &= \text{TOTAL_SENSOR_NODES} - \text{mod}(\text{TOTAL_SENSOR_NODES}, \\ & \text{NODES_IN_ROW}) & (5) \\ \text{NODE_HOR_VERT_DISTANCE} &= \text{AREA_WIDTH} / \text{NODES_IN_ROW} & (6) \end{aligned}$$

متریک های عملکردی

ما از ۴ متریک عملکردی برای آنالیز و مقایسه ی عملکرد dd و REEP برای پرداختن به نرم افزارهای کاربردی ویژه استفاده می کنیم. این متریک ها از این قرارند:

$$(7) \quad \frac{(P_r + P_t)/2}{N \times T}$$

میانگین انتقال بسته: این مقدار، میانگین تعداد حمل و نقل های بسته در هر گره و هر وظیفه را اندازه گیری می کند و با معادله زیر تعیین می شود:

در معادله بالا P_r به تعداد کل بسته های دریافت شده و P_t به تعداد کل بسته های منتقل شده در شبکه اشاره دارد. جمع P_r بر P_t تقسیم می شود برای اینکه یک انتقال شامل در یافت و ارسال هر بسته است. در اینجا N به تعداد گره های حسگر و T به تعداد کل وظایف اشاره دارد. کمترین مقدار این متریک به کوچکترین تعداد انتقالات بسته ها به وسیله هر گره و مصرف کم انرژی هر گره و عملکرد بهتر آنها اشاره می کند.

میانگین انرژی اتلاف شده: این متریک به میانگین مقدار انرژی مصرف شده در هر گره برای هر وظیفه ویژه انفرادی اشاره دارد. افزایش مقدار میانگین انرژی اتلاف شده به مصرف بیشتر برق توسط هر گره اشاره دارد. این متریک با کمک معادله زیر محاسبه می شود:

$$(8) \quad \frac{\sum_{i=1}^N (IE_i - RE_i)}{N \times T}$$

در معادله بالا، N به تعداد کل گره های حسگر و T به تعداد کل وظایف اشاره می کند. برای هر گره i ، انرژی استفاده شده عبارتست از تفاوت بین IE (کل انرژی موجود در گره i) و RE (انرژی باقیمانده در گره i بعد از شبیه سازی).

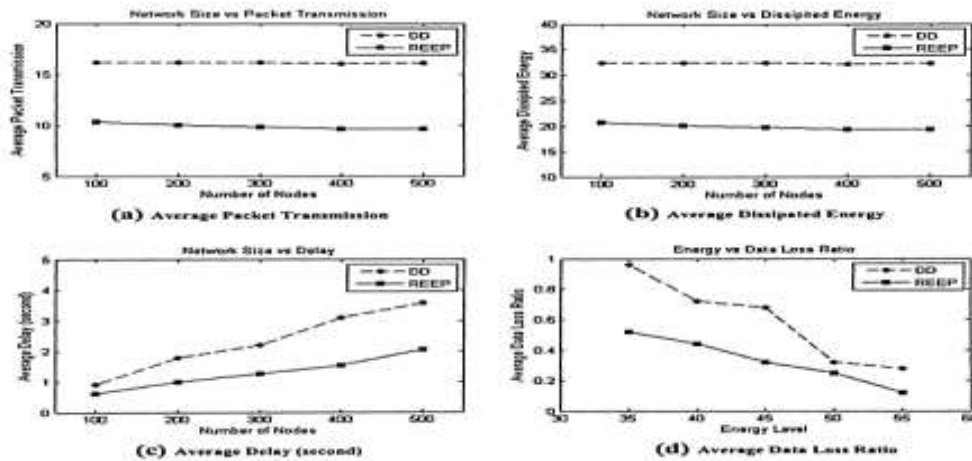
نتایج شبیه سازی

نتایج مختلف شبیه سازی در اینجا برای موارد مختلف نشان داده شده اند. REEP در مقایسه با DD در هر آزمایشی که در این تحقیق انجام دادیم با هر یک از نرم افزارهای کاربردی عنوان شده بهتر عمل کرد. به خاطر اینکه گرادپان ست آپ و نرخ کم سر ریزرودادهای اکتشافی (در مورد کشف مسیر جایگزین) در REEP دنبال نشده است، ما می توانیم عملکرد بهتری از REEP را بر حسب میانگین انتقال بسته و میانگین انرژی اتلاف شده در تمام گراف ها داشته باشیم. نرخ سر ریز در REEP کاهش یافته است، که به عملکرد آن بر حسب میانگین وقفه در تمام گراف ها نسبت داده می شود. تکنیک استفاده شده برای حل و فصل مساله تحمل خطا در REEP، آن هم زمانیکه بسته ها در گره های با انرژی کم از دست نمی روند به عملکرد آن بر حسب میانگین نسبت اتلاف داده در هر گراف نسبت داده می شود. به خاطر داشته باشید که، تمام مقادیر مورد اشاره در تمام گراف ها عبارتند از میانگین ده اجرای شبیه سازی شده.

عملکرد در آرایش گرید گره ها

در آزمایشات مان، عملکردهای DD و REEP بر حسب میانگین انتقال بسته، میانگین انرژی اتلاف شده، میانگین وقفه، میانگین نسبت اتلاف داده ها. ما ۵ اندازه از شبکه های مختلف را با افزایش ۱۰۰ گره در هر زمان شبیه سازی می کنیم که از

۱۰۰ تا ۵۰۰ گره دسته بندی شده است. فیلد حسگر به وسیله ی قرار گرفتن تمام گره ها در حالت شبکه در داخل یک مساحت مربع و با مقیاس بندی و نگهداری محدوده ی ثابت ارتباطی تولید می شود. اگر ما چگالی را ثابت نگه نداریم عملکرد، در نتیجه ی افزایش اندازه ی شبکه تحت تأثیر اثر عملکردی در نتیجه افزایش اتصال به شبکه قرار خواهد گرفت. انرژی اولیه ی موجود در هر گره در موارد مربوط به میانگین انتقال بسته میانگین انرژی اتلاف شده میانگین وقفه و صد گره ی مورد استفاده در مورد میانگین نسبت اتلاف داده مقدار ۱۵۰ است. در یک شبکه ی سیستم شبکه ای، مقادیر میانگین انتقال بسته (شکل شماره ۷-الف) و میانگین انرژی اتلاف شده (شکل شماره ۷-ب) با افزایش اندازه ی شبکه تحت تأثیر قرار نخواهد گرفت.

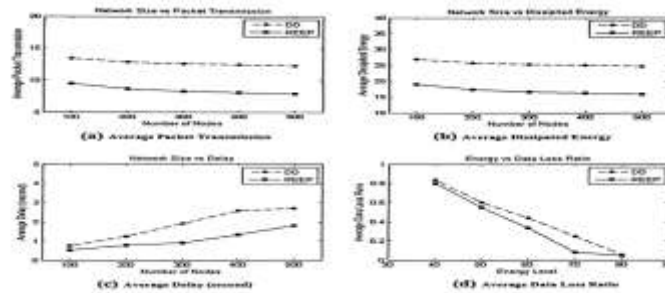


شکل شماره ۷. عملکرد در آرایش گرید

تا زمانی که ما محدوده ی ارتباطی برای هر گره را ثابت نگه داریم تعداد همسایه های هر گره در هر افزایش اندازه ی شبکه همان تعداد خواهد بود. بنابراین تعداد انتقال بسته تقریباً در هر گره یکسان خواهد بود. بنابراین انرژی اتلاف شده نیز در هر شبکه مشابه خواهد بود. میانگین تاخیر (شکل شماره ۷-ج) با افزایش اندازه ی شبکه به خاطر افزایش تعداد hop در مسیر افزایش می یابد، زمانیکه صد گره در شبکه وجود داشته باشد تفاوت بین DD و REEP بر حسب میانگین وقفه کوچک است اما این اختلاف با افزایش تعداد گره ها بیشتر می شود. این رفتار بر حسب میانگین نسبت اتلاف داده ها به طور عکس منعکس می شود (به شکل شماره ۷ نگاه کنید).

عملکرد در آرایش تصادفی گره ها

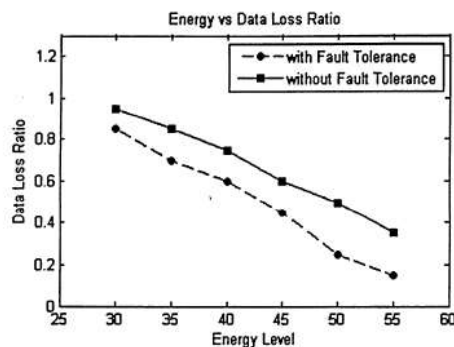
جایگزینی گره ها در حالت تصادفی می تواند نتایج رادر شکل شماره ۸ نشان داده بدهد. ما می توانیم مشاهده کنیم که میانگین انتقال بسته (شکل شماره ۸-الف) و میانگین انرژی اتلاف شده (شکل شماره ۸-ب) با افزایش تعداد گره ها کاهش یابد. همچنین مقدار داده ها در این آرایش تصادفی گره های شبکه در مقایسه با مورد آرایش شبکه ای کوچکتر هستند هر دو پروتکل به طور مشابه بر حسب میانگین وقفه (شکل شماره ۸-ج) در هر دو سیستم تصادفی و شبکه ای با افزایش اندازه ی شبکه اجرا می شوند. مقادیر میانگین نسبت اتلاف داده (شکل شماره ۸-د) به DD و REEP بسیار نزدیک است.



شکل شماره ۸: عملکرد در آرایش تصادفی

تحمل خطا در REEP:

شکل شماره ۹ عملکرد را با بدون تحمل خطا نشان می دهد. ما صد گره شبیه سازی کردیم تا نشان بدهیم که چطور نسبت اتلاف داده ها با افزایش سطح انرژی افزایش می یابد. زمانیکه یک گره دچار نقص می شود مساله ی تحمل خطا غایب است پس مسیر های جایگزین نمی توانند ایجاد شوند و بنابراین داده های از دست رفته بیشتری می شود. اتلاف داده نمی تواند در ارتباطات بی سیم نادیده گرفته شوند اما می تواند با اجرای تحمل خطا در پروتکل های مسیر یابی کاهش یابد



شکل شماره ۹. تحمل خطا در REEP

آنالیز ما از نتایج آزمایشان نشان می دهد که REEP بهتر از DD عمل می کند هم از نظر بازده انرژی و هم از نظر تحمل خطا، برای انواع نرم افزارهای کاربردی ویژه و هم برای انواع سناریو ها به منظور به حداکثر رساندن طول عمر شبکه ی حسگر بی سیم منابع انرژی هر گره ی حسگر انفرادی باید به روش موثر صرف شود. از جاری کردن غیر ضروری اطلاعات کنترل در REEP برای به حداکثر رساندن طول عمر گره و طول عمر کل شبکه اجتناب شده است. تراکم شبکه دیگر پارامتر مهمی است که می تواند به طور قابل توجهی عملکرد پروتکل را تحت تاثیر قرار دهد. برای مثال یک شبکه ی تراکم ارتباط پذیری بیشتری را بین گره های دارای تعداد بیشتری از همسایه ها به وجود می آورد. ما به تراکم ثابت شبکه اشاره نمودیم. نتایج تحقیق مان دیدگاه روشی را از عملکرد پروتکل ها در سناریوهای قابل استفاده مطالعه شده نشان داده است. ما بر این باوریم که این معیارهای عملکردی باید به روش مشابهی در اکثر سناریوهای قابل استفاده منعکس شده باشد. اکثریت پروتکل های شبکه ی حسگر مخصوص نرم افزارهایی کاربردی هستند بنابراین پروتکل های نوع داده محور هستند. تا زمانیکه با ساختار طراحی DD را دنبال می کنیم. بدیهی است که هم DD و هم REEP برای همان نوع از نرم افزار ها مناسب هستند. اما مطابق با آنالیز عملکردی، REEP برای شبکه های دارای اندازه های بزرگتر از DD بهتر کار خواهند کرد

بحث و نتیجه‌گیری

هر چند که در این تحقیقاتمان بارها عنوان کردیم که پروتکل پیشنهادی ما به دنبال روش DD طراحی شده است، اما تکنیک های طراحی دیگری نیز وجود دارند که بر آنها بدین صورت تأکید کرده ایم:

- ایده ی طراحی مرحله ی اول (مثلا رویداد انتشار حس) REEP، که در آن تمام گره های حسگر برای زمان ویژه ای حس می شود تا کل شبکه را به خاطر اهداف موجود اسکن نماید.
- ایده ی طراحی مرحله ی دوم (مثلا رویداد انتشار اطلاعات) REEP، در آنجا رویدادهای مربوط به اطلاعات بعد از ذخیره ی تمام اطلاعات ضروری بعد از آن رویداد ارسال می گردد.
- بررسی کردن مقدار انرژی در آنها در طی رویداد در خواست و انتقال داده ها انجام می گیرد.
- حفظ FIFO صف برای هر وظیفه در هر گره . هر چند استفاده از این صف مساله ای در مورد حلقه را به وجود می آورد ما برای مساله با دستکاری صف به روش که اطلاعات همسایه ی ویژه را از صف پاک کند غلبه می نماییم
- تکنیک کاهش اتلاف داده ها در این روش بسته ی داده ها به همسایه ی کناری با تغییر وضعیت بسته به عنوان وضعیت منفی ارسال می گردد و این تکنیک از طریق نتایج آزمایش نمایش داده شده معتبر سازی شده است.

منابع

1. A.K. Sadek , Z. Han, and K. J. Ray Liu,(2006) “A distributed relay-assignment algorithm for cooperative communications in wireless networks”, in Proc. of IEEE International Conference on Communications, Istanbul, Turkey,.
2. A.Manjeshwar and D. P. Agrawa .(2001). TEEN: A Routing Protocol for Enhanced Efficiency in Wireless Sensor Networks. In 1st International Workshop on Parallel and Distributed Computing Issues in Wireless Networks and Mobile Computing.
3. Changling Liu, Jörg Kaiser.(2003). ‘A Survey of Mobile Ad Hoc network Routing Protocols’ University of Ulm Tech.Report Series, Nr.
4. J. Elson and D. Estrin.(2004). “An Address-Free Architecture for Dynamic Sensor Networks”. Technical Report 00-724, Computer Science Department, USC.
5. J. N. Laneman, D. N. C. Tse, and G. W. Wornell,(2004). “Cooperative diversity in wireless networks: efficient protocols and outage behaviour,” IEEE Trans. Inform. Theory, vol. 50, pp. 3062-3080.
6. L. M. Feeney and M. Nilsson,(2001). “Investigating the energy consumption of a wireless network interface in an ad hoc networking environment,” in Proc. of IEEE INFOCOM, Anchorage, AK, Apr. 2001.
7. L. Qing, Q. Zhu, M. Wang,(2006). “Design of a distributed energy-efficient clustering algorithm for heterogeneous wireless sensor network”, ELSEVIER, Computer Communications 29, 2006, pp 2230- 2237.
8. Parul Saini, Ajay.K.Sharma,(2010). “E-DEEC- Enhanced Distributed Energy Efficient Clustering Scheme for heterogeneous WSN”, in: 2010 1st International Conference on Parallel, Distributed and Grid Computing.
9. T.N. Qureshi a, A.H. Khan .(2013).‘ Enhanced Developed Distributed Energy-efficient Clustering for Heterogeneous Wireless Sensor Networks The 4th International Conference on Ambient Systems, Networks and Technologies (ANT 2013), the 3rd International Conference on Sustainable Energy Information Technology

10. W. B. Heinzelman, A. P. Chandrakasan, and H. Balakrishnan.(2002). “An ApplicationSpecific Protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks,” IEEE Trans. Wireless Commun., vol. 1, no. 4, pp. 660–70.
11. W. B. Heinzelman.(2000). “Application-Specific Protocol Architectures for Wireless Networks”. PhD thesis, Massachusetts Institute of Technology.

Reliable and energy-efficient routing protocol for wireless networks

Hamdollah Ghamgin¹

¹Instructor, Department of Engineering, Payame Noor University, po Box 19395-3697, Tehran, IRAN

Abstract

Today, designing high energy-efficient protocol for WSN becomes more challenging. Some of military applications, many civilian software, trading and environmental applications, considered the use of sensor networks. WSN routing protocols can be classified into two main components: Central and hierarchical data. However, in order to choosing browses and keeping the branches, hierarchical protocols need more computation. Therefore, our research is focused primarily on the central data categories, and also all of the communications were established based on metadata (The data that have been named based on its attributes). In this paper, we're going to design a valid and efficient protocol, which is called REEP. The aim of this study is developing a reliable and high efficient protocol, which can increase the needs of fault tolerance with increasing of network lifetime.

Keywords: Wireless sensor networks, fault tolerance, design REEP, reliability.
