یازدهمین کنگره ملی سراسری
فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران
11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran
senaconf.ir

مروری تحلیلی بر پروتکل های مسیریابی شبکه های حسگر بیسیم

طاهره زارعی[1]

[1]دانشگاه ازاد،همدان،Tara.zarei94@gmail.com

چکیده

بهبود های اخیر در فیلد سیستم های میکروالکترومکانیکی موجب توسعه کاربرد شبکه حسگر بیسیم شده است. شبکه های حسگر بیسیم (WSN) از تعداد زیادی ابزارهای کوچک و ارزان تشکیل شده که با عنوان گره حسگر شناخته می شود. شبکه حسگر بیسیم شبکه ایست که از تعداد زیادی گره های کوچک و پیچیده تشکیل شده که حداقل یک گره ایستگاه پایه یا چاهک وجود دارد. در شبکه حسگر بیسیم، گره ها با هم به وسیله روشهای ارتباطی زیادی ارتباط برقرار کرده و این روشهای مسیر یابی توسط یک پروتکل مدیریت می شود. پروتکل های مسیر یابی در شبکه حسگر بیسیم بر مبنای معماری شبکه، به سه دسته اصلی تقسیم می شوند: پروتکل های مسیر یابی داده مرکز، مبتنی بر خوشه یا سلسله مراتبی و مبتنی بر موقعیت. در این مقاله به بررسی مسیر یابی مبتنی بر خوشه بندی در شبکه حسگر بیسیم می پردازیم و ویژگی ها و محدودیت های پروتکل های مسیر یابی را در شبکه حسگر بیسیم توزیع میدهیم و یک طبقه بندی از متدهای مسیر یابی مبتنی بر خوشه را ارائه میکنیم بسیاری از مسائل چالش برانگیز در شبکه حسگر بیسیم، به خاطر توان محدود باتری گره های حس گری است که در شبکه استفاده می شود. پروتکل مسیر یابی می تواند مبتنی بر ساختار شبکه یا مبتنی بر عملکرد پروتکل باشد. این شبکه ها تبدیل به یک تکنولوژی خاص و امید بخش در آینده شده اند. طبقه بندی معماری های پروتکل های مسیر یابی التزامی است و به این ترتیب آنها می توانند تحویل و ذخیره داده را تسهیل کنند. در این مقاله مروری بر پروتکل های مسیر یابی موجود در شبکه های حسگر بیسیم انجام شده است. مسئله چالش برانگیز شبکه های حسگر بیسیم مصرف انرژی و طول عمر شبکه است. این مقاله مروری بر شبکه حسگر بیسیم و پروتکل های مسیر یابی و چالشهای آن است، پروتکل های مسیر یابی را بر اساس معیاری نظیر عملکرد آنها، کارآیی آنها ، نوع امنیت و کاربرد آنها به چند طبقه دسته بندی می کند. در این مقاله مروری بر پروتکل های مسیر یابی موجود در شبکه های حسگر بیسیم انجام شده است.

کلمات کلیدی: شبکه حسگر بیسیم ، خوشه بندی ، پروتکل های مسیر یابی ، ایستگاه پایه ، مسیر یابی مبتنی بر خوشه

۱. مقدمه

شبکه حسگر بیسیم یک تکنولوژی در حال توسعه است که روشهای جمع آوری، پردازش و توزیع داده را مجددا سازماندهی میکند. سیستم شبکه حسگر بیسیم قادر به استفاده از حسگرهای گسسته بدون وجود هیچ زیرساختی برای نظارت بر صوت، لرزش، فشار، حرکت، آلودگی یا ردیابی هدف است. شبکه حسگر موجب تسهیل نظارت، نظم دهی ، کنترل و آموزش در محیط های بلادرنگ مانند ساختمان ها، خانه ها، شهرها و جنگل میشود. در ابتدا شبکه حسگر بیسیم برای کاربردهای نظامی نظیر کنترل میدان جنگ طراحی شده ، یک شبکه حسگربیسیم از صدها هزار گره حسگر تشکیل شده که به شکل متراکمی در حوزه شبکه پخش شده اند و توانایی جمع آوری داده و اطلاعات مسیر بازگشت را به ایستگاه پایه دارد ، این روزها، شبکه حسگر بیسیم در موارد کاربردی زیادی نظیر تشخیص و پیگیری نیروهای نظامی، تانک های جنگی، محاسبه جریان ترافیک جاده ها، محاسبه رطوبت و جنبه های دیگر این میدان ، ردیابی اشخاص در ساختمان ها استفاده می شود. یک گره حسگر دارای واحد تشخیص، واحد توان و واحد پردازنده است. شبکه حسگر بیسیم باید منابعی نظیر انرژی ، پهنای باند و توان پرداز شی را که مدام د درحال تغییرند را هم در نظر بگیرد و باید به صورت اتوماتیک و در صورت نیاز پیکر بندی اش را تغییر دهد. از آنجایی که لینک های ارتباطی قابل اطمینان نیست و ممکن است به دلایلی از بین بروند، طراحی نرم افزاری و سیستمی باید قابلیت اطمینان مد نظر را ایجاد کند . به این منظور باید مسائلی نظیر سایز شبکه یا تعداد لینک ها و گره های مورد نیاز برای رسیدن به افزونگی مورد نیاز را هم در نظر گرفت. در پروتکل های مسیر یابی ، باید به کاربرد، فاصله ارتباطی و میزان انرژی توجه داشت. افزایش شبکه حسگر بیسیم موجب انگیزه به کارگیری آن در کاربردهای نظامی نظیر حفاظت از نیروها، نظارت بر تحرکات شبه نظامی در مناطق دور، نظارت بر میدان نبرد و ردیابی دشمن شده است. اما این روزها شبکه های حسگر بیسیم در حوزه های کاربردی زیادی نظیر نظارت محیطی، نظارت بر زیستگاه ها، کنترل ترافیک، اتوماسیون خانگی و کاربردهای سلامتی به کار می رود. شبکه حسگر بیسیم مجموعه ای از تعداد زیادی گره حسگر است. طرح های مسیر یابی در شبکه های حسگر بیسیم مسئول یافتن مسیرهایی با انرژی کارآمد است. این مقاله مروری بر پروتکل های مسیر یابی مطرح در سالهای اخیر دارد. ادامه مقاله به صورت زیر سازماندهی شده است. بخش یک پروتکل های مسیر یابی مبتنی برخوشه را توضیح می دهد. بخش دو پروتکل های مسیر یابی مختلف در مسیر یابی مبتنی بر خوشه را مقایسه میکند. بخش سه این مقاله در بخش های زیر سازماندهی شده تا انواع داده و طبقه بندی های پروتکل های مسیر یابی در شبکه حسگر را ارائه کند .

۲. مروری بر پروتکل های مسیریابی

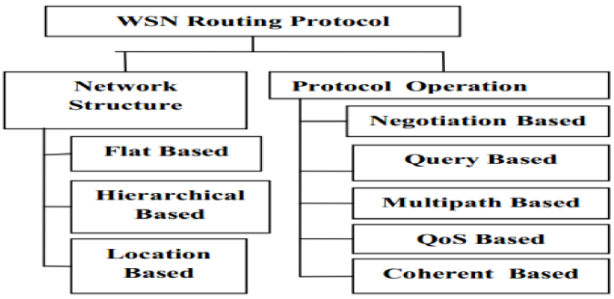
1.2.مسیریابی در شبکه های حسگر

در شبکه های حسگر بیسیم، مسیریابی به خاطر ویژگی های مختلفی که آنها را از ارتباطات موجود و شبکه های بیسیم ادهاک تمایز می دهد ، چالش برانگیز است. شبکه های حسگر بیسیم زیرساخت کمی دارند، همچنین لینک های بیسیم غیرقابل اطمینان اند. گره های حسگر در نزدیکی چاهک پخش می شوند و از نظر توان، ظرفیت محاسباتی و حافظه، محدودیت دارند. گره های حسگر استعداد خطای زیادی دارند و به صورت متراکم و به تعداد زیاد استفاده می شوند. بنابراین هدف اولیه شبکه حسگر بیسیم تولید اطلاعات از داده هایی است که هر گره با طولانی کردن عمر شبکه جمع آوری کرده است. توان محدود گره های حسگر نیاز به طراحی پروتکل های ارتباطی با انرژی کارآمد دارد. مسیریابی در شبکه حسگر بیسیم کاری چالش برانگیز است زیرا تفاوت زیادی با شبکه هیا ادهاک بیسیم و شبکه سلولی دارد.

در شبکه حسگر بیسیم پروتکل های مسیریابی به سه دسته عمده تقسیم می شوند :

۱. پروتکل های مسیریابی مسطح

۲. پروتکل های مسیریابی سلسله مراتبی
۳. پروتکل های مسیریابی مبتنی بر مکانیابی



شکل ۱: طبقه بندی پروتکل های مسیریابی در شبکه حسگر بیسیم

۱،۱،۲.پروتکل های مسیریابی مسطح

اولین کلاس پروتکل های مسیریابی ، پروتکل های مسیریابی مسطح چندگامه است. در شبکه های مسطح، معمولا همه گره ها نقش مشابهی داشته و برای انجام کار تشخیص با هم همکاری میکنند. این وضعیت از مسیریابی های متمرکز بر داده است. در مسیریابی های داده مرکز، معمولا چاهک درخواست هایی را به نواحی خاصی فرستاده و منتظر پاسخ از گره های منطق انتخاب شده می مانند. SPIN اولین پروتکل داده مرکز است. SPIN انتشار داده بین گره ها را در نظر میگیرد تا اطلاعات تکراری را حذف کرده و انرژی ذخیره کنند (۴). بعد از این، انتشار هدایت شده توسعه داده شد. سپس پروتکل های دیگری پیشنهاد شد که مبتنی بر انتشار هدایت شده یا مفاهیم مشابهی هستند (۵). این بخش این پروتکل ها را به صورت جزیی بیان میکند.

۱) SPIN (پروتکل های حسگر برای اطلاعات با مذاکره): طرحی که ورای SPIN است نامگذاری داده ها با استفاده از توضیحات سطح بالا یا متاداده است. متاداده ها قبل از ارسال داده، با مکانیزم تبلیغی بین گره های حسگر منتشر می شوند که ویژگی کلیدی SPIN است. هر گره به محض دریافت یک داده جدید آنرا به گره های همسایه اش معرفی کرده و گره های علاقه مند، یعنی آنهایی که داده ای ندارند، داده یا اطلاعات را با ارسال یک پیام درخواست دریافت میکنند. مذاکره متاداده SPIN ، مسائل کلاسیک انتشار نظیر انتقال داده های اضافی را معین میکند و بنابراین به کارآیی انرژی زیادی می رسد. در SPIN سه پیام برای تبادل داده بین گره ها وجود دارد که به این ترتیب اند: پیام ADV که معمولا به حسگر اجازه تبلیغ یک متاداده خاص را می دهد، دومی پیام داده است که داده های واقعی را حمل میکنند و سومی پیام REQ شناسه برای درخواست داده خاصی است. در SPIN تغییرات توپولوژیک به صورت محلی است زیرا هر گره فقط نیاز به شناخت همسایه تک گامی اش دارد (۴). بعلاوه، SPIN در کاربردهایی از قبیل تشخیص نفوذ که نیاز به تحویل مطمئن بسته های داده در فواصل منظم دارد به کار نمی رود.

۲) انتشار هدایت شده (DD): DD پروتکل دیگریست که بعد از SPIN توسعه داده شد. هدف انتشار هدایت شده، هدایت داده های در گره های حسگر با استفاده از طرح نامگذاری داده است. انتشار هدایت شده از جفت های مقدار-صفت برای داده ها و درخواست های حسگرها بر اساس تقاضا و با استفاده از این جفت ها استفاده میکند. برای ایجاد یک کوئری، موارد مد نظر با استفاده از لیستی از جفت های مقدار-صفت به عنوان نام شی، حوزه جغرافیایی ، مدت زمان، فاصله زمانی و غیره تعریف می

شود. سپس این موارد توسط چاهک به همسایه ها منتشر می شود. هر گره ای که این پیام را دریافت میکند می تواند عمل کش کردن را برای کاربردهای آتی انجام دهد. این گره همچنین انعطاف پذیر متراکم سازی درون شبکه ای داده ها را دارد. سپس موارد کش شده برای مقایسه داده های دریافتی با مقادیر مد نظر استفاده می شود. ورودی مد نظر شامل فیلدهای مختلفی است که می تواند لینک پاسخ به همسایه ای باشد که پیام آن دریافت شده است. بنابراین با استفاده از آنها مسیرهای بین چاهک و منبع ها ایجاد می شود. امکان ایجاد مسیرهای مختلفی وجود دارد که یکی از آنها انتخاب می شود تا تقویت شود. DD از نظر انرژی کارآمدتر از سایرین است زیرا مبتنی بر تقاضا هستند و همچنین نیاز به حفظ توپولوژی سراسری شبکه نمی باشد. با این حال نمی توان آن را در همه انواع کاربردهای شبکه های حسگر بیسیم به کاربردر زیرا مبتنی بر مدل تحویل داده با استفاده از ارسال درخواست می باشد .

۳) مسیریابی شایعه ای (RR): این روش حدواسط بین انتشار درخواست ها و انتشار پیام های رخدادهاست. طرح اصلی این پروتکل ، ایجاد مسیرهاییست که به همه رخدادها منتهی شوند که برخلاف انتشار رخداد است که یک جهت درست در شبکه ایجاد میکند. بنابراین در موردی که درخواستی ایجاد می شود، می تواند به جای اینکه در کل شبکه منتقل شود، به روشی تصادفی ارسال شود تا به مسیر هدف برسد. زمانی که مسیر رخداد پیدا شود، می تواند مستقیما به رخداد هدایت شود. از سوی دیگر اگر مسیری پیدا نشود، ممکن است برای ارسال مجدد درخواست یا انتشار آن اقدام شود. RR در شبکه های بزرگ می تواند متد خوبی برای تحویل درخواست ها به رخدادها باشد(۷).

۲،۱،۲.پروتکل های سلسله مراتبی

در این مقاله پروتکل های سلسله مراتبی مختلفی توضیح داده شده اند. تحقیقات زیادی در حوزه مسیریابی سلسله مراتبی انجام شده است. یک روش سلسله مراتبی ، شبکه را به لایه های خوشه ای تقسیم می کند. دراین پروتکل ها، گره ها به خوشه هایی که سرخوشه دارند تقسیم می شوند. معمولا سرخوشه مسئول مسیریابی از خوشه به سرخوشه های دیگر یا به ایستگاه پایه است. داده ها از خوشه های لایه های پایین تر به بالاتر ارسال می شوند. با این حال از یک گره به گره گام بعدی منتقل شده و فاصله زیادی را پوشش می دهند. این روش داده ها را به شکل سریعتری به ایستگاه پایه می رساند

۱) خوشه بندی سلسله مراتبی سازگار با انرژی کم (LEACH) : رایج ترین الگوریتم خوشه بندی سلسله مراتبی با انرژی کارآمد برای شبکه حسگر بیسیم است که برای کاهش مصرف انرژی پیشنهاد شده است. این پروتکل بر تکنیک های متراکم سازی تکیه دارد که داده های اصلی را به سایز های کوچکتر تبدیل میکند و فقط اطلاعات معنی دار را به همه گره ها منتقل میکند. LEACH شبکه را به خوشه های مختلفی از گره ها تبدیل میکند اما فقط میزان داده هایی را که به چاهک ارسال می شوند کاهش نمیدهد بکله مسیریابی و توزیع داده را بسیار مقیاس پذیر تر و قوی تر میکند. این پروتکل از چرخش تصادفی موقعیت سرخوشه پرانرژی به جای انتخاب وضعیت ایستا استفاده میکند به این ترتیب شانس اینکه همه حسگرها سرخوشه شوند ایجاد شده و باتری گره ها به سرعت خالی نشده و آنها به سرعت نمی میرند. LEACH از مسیریابی تک گامی استفاده می کند که هر گره می تواند به سرخوشه و چاهک مستقیما ارسال کند. LEACH در شبکه های بزرگ قابل استفاده نیست. در این پروتکل سرخوشه ها در زمانی که گره ها دور از چاهک باشند انرژی زیادی مصرف میکنند .

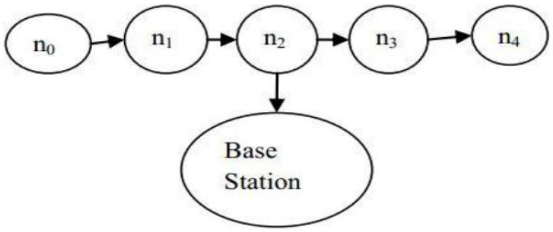
مزایای اصلی این پروتکل به شرح زیرند :

- نقش سرخوشگی را به شکل تصادفی میچرخاند تا به مصرف متعادل انرژی برسد .
- حسگرها، ساعت خود را همگام کرده اند و به این ترتیب شروع چرخه جدید را می دانند .
- حسگرها نیاز به دانستن مکان یا فاصله ندارند .
- LEACH از مسیریابی تک گامی استفاده میکند که هر گره داده ها را مستقیما به چاهک و سرخوشه منتقل میکند. در نتیجه ، در شبکه های بزرگ قابل استفاده نیست .

- سربار زیادی در گره های عضو دارد .
- انتخاب تصادفی سرخوشه ها، در اینجا این احتمال هست که همه سرخوشه ها دریک منطقه باشند .
- در این پروتکل همه گره ها با حجم انرژی برابری در هر دور از انتخاب شروع به کار میکنند بنابراین فرض می شود که سرخوشه بودن بیش از مقدار عادی، انرژی مصرف میکند.

این پروتکل مناسب ترین مورد برای نظارت ثابت مانند نظارت بر ابزار یا تشخیص خطا و یافتن عیب است.

۲) جمع اطلاعات با انرژی کارآمد در سیستم های اطلاعات (PEGASIS): این پروتکل توسعه ای از پروتکل LEACH است. PEGASIS زنجیره ای از گره های حسگر تشکیل می دهد و به این ترتیب هر گره از همسایه هایش ارسال و دریافت دارد. در این روش فقط یک گره از زنجیره برای ارسال به ایستگاه پایه استفاده می شود. داده ها از گره ها جمع آوری شده و به ایستگاه پایه ارسال می شوند. PEGASIS از ایجاد خوشه اجتناب کرده و فقط از یک گره در زنجیره برای ارسال به ایستگاه پایه به جای از چندین گره استفاده میکند. در عین حال در این روش اگر گره ای شکست بخورد یا به خاطر محدودیت انرژی از کرا بیفتد، مجددا زنجیره با استفاده از یک روش حریصانه و با دور زدن حسگر از کار افتاده ایجاد می شود



شکل ۲: زنجیره بندی در PEGASIS

۳) خوشه بندی توزیع شده با انرژی کارآمد و ترکیبی (HEED): HEED نیز طرح اساسی LEACH را با استفاده از انرژی باقیمانده و درجه گره بعنوان معیاری برای انتخاب خوشه برای رسیدن به تعادل بار توسعه می دهد. این پروتکل در شبکه های تک گامی با استفاده از توان ارسالی در ارتباطات درون خوشه ای عمل می کند. چهار هدف اولیه HEED به صورت زیر است

۱. طولانی کردن عمر شبکه با توزیع مصرف انرژی
۲. پایان یافتن فرآیند خوشه بندی در تعداد تکرارهای مشخص
۳. حداقل کردن سربار کنترلی
۴. تولید سرخوشه های توزیع شده و خوشه های کامل

۴) پروتکل شبکه حسگر با انرژی کارآمد و حساس به آستانه (TEEN): TEEN یک پروتکل خوشه بندی سلسله مراتبی است. این پروتکل حسگرها را به خوشه هایی تقسیم میکند که توسط سرخوشه هدایت می شوند. گره های درون یک خوشه، داده های مشاهده شده خود را به سرخوشه های دیگر می فرستد. سپس سرخوشه ، داده های جمع آوری شده را به سرخوشه سطح بالاتر می فرستد تا به چاهک برسد. بنابراین معماری شبکه حسگر در TEEN مبتنی بر گروه بندی سلسله مراتبی است که گره های نزدیک تر به خوشه هایی که داده های متراکم را به ایستگاه پایه یا چاهک می فرستد. TEEN از متد داده مرکز با روش سلسله مراتبی استفاده میکند.

۵) پروتکل شبکه حسگر سازگار با انرژی کاآمد و حساس به آستانه (APTEEN): هم ارسال دوره ای داده (LEACH) را دارد هم به رخدادهای حساس به زمان واکنش می دهد (TEEN). بنابراین APTEEN یک خوشه بندی ترکیبی مبتنی بر پروتکل

مسیریابی است که به حسگرها اجازه ارسال داده های خود را به صورت دوره ای می دهد. سرخوشه ها نیز تراکم داده را برای ذخیره انرژی انجام می دهد. APTEEN از انواع مختلف درخواست ها پشتیبانی میکند.

۶) شبکه حسگر زنجیرگرا (COSEN): در فاز شکل دهی زنجیره دارد که فاز ارسال داده به دنبال آن انجام می شود. در اولین گام که با عنوان فاز شکل دهی زنجیره نامیده می شود، زنجیره های سطوح مختلف شکل میگیرند درحالیکه در فاز دومی که فاز ارسال داده نامیده می شود، اطلاعات از طریق مسیرهای طراحی شده ارسال می شود. در این پروتکل یک زنجیره سطح بالاتر و چندین زنجیره سطح پایین تر وجود دارد که در حسگرها شکل گرفته است. در هر زنجیره، یک گره با توجه به برخی معیارها یا اندازه گیری ها انتخاب می شود. گره های رهبر سطح پایین تر ، اطلاعات را از زنجیره های سطح پایین تر جمع آوری کرده و به رهبران سطح بالاتر می فرستد. در این پروتکل، رهبران سطح بالاتر اطلاعات را پس از دریافت از سطوح پایین تر به ایستگاه پایه می فرستد.

۷) پروتکل مسیریابی سلسله مراتبی مبتنی بر زنجیره (CHIRON): مسیریابی مبتنی بر زنجیره ، از مهم ترین روشهای مسیریابی است. در این طرح، گره های حسگر درون شبکه حسگر بیسیم ، به یک یک یا چند زنجیره متصل می شوند. در فاز ارسال داده ، هر گره فقط با نزدیک ترین همسایه هایش ارتباط برقرار کرده و برای ارسال داده ها به ایستگاه پایه تبدیل به گره رهبر می شود. پروتکل مسیریابی مبتنی بر زنجیره می تواند اتلاف انرژی گره ها را اندازه بگیرد و بنابراین عمر شبکه را زیاد میکند. آنها می توانند باعث ایجاد تاخیرهای جدی در ارسال و مسیرهای اضافی شوند اما با این حال در شبکه های بزرگ به کار می روند. بر مبنای مفهوم بیم استار ایده اصلی CHIRON تقسیم بندی ناحیه تحت بررسی به نواحی کوچکتر است تا زنجیره های کوتاهتری برای کاهش تاخیر ارسال داده و تکرار مسیر تولید کند و به این ترتیب انرژی گره حفظ شده و عمر شبکه طولانی می شود .

۳،۱،۲.پروتکل های مبتنی بر مکان

پروتکل مسیریابی مبتنی بر مکان ، از اطلاعات مکان برای کشف مسیر استفاده کردند تا برای ارسال داده استفاده شود. سپس ارسال جهت دار اطلاعات را ایجاد کرده و از انتشار داده در کل شبکه اجتناب میکند . اطلاعات مکان برای محاسبه فاصله میان دو گره خاص ، لازم است و به این ترتیب مصرف انرژی را می توان اندازه گرفت و کاهش داد .

۱) GEAR: در این پروتکل یو و همکارانش توضیح دادند که هر گره یک هزینه محاسبه شده و یک هزینه یادگیری رسیدن به مقصد از طریق همسایه ها دارد. معمولا هزینه اندازه گیری شده ترکیبی از انرژی باقیمانده و فاصله تا مقصد است. معمولا حفره ها زمانی اتفاق می افتد که گره ها هیچ همسایه نزدیک تری به مقصد نداشته باشند. اگر هیچ حفره ای در هزینه اندازه گیری شده نباشد ، برابر با هزینه یادگیریست. این هزینه هرگاه بسته ای به مقصد برسد به گام قبلی منتشر می شود به این ترتیب تنظیم مسیر برای برای بسته بعدی تنظیم می شود. مزیت gear نه تنها کاهش مصرف انرژی تنظیم مسیر است بلکه تحویل داده را بهتر انجام می دهد.

۲) وابستگی جغرافیایی سازگار (GAF): این پروتکل در شبکه حسگر بیسیم به خاطر ذخیره انرژی استفاده شده است. نمودار تغییر وضعیتی که در شکل زیر نشان داده شده است سه گام به نامهای کشف، فعالیت و خواب دارد (۱۴). زمانی که حسگری به وضعیت خواب می رود، رادیوی خود را خاموش میکند تا انرژی ذخیره کند. در وضعیت کشف، هر گره ، پیام اکتشاف را برای فراگیری حسگرهای درون محیط منتشر میکند. در وضعیت فعال، برای مطلع کردن حسگرها در باره این وضعیت، هر حسگر به صورت دوره ای پیام اکتشافش را منتشر میکند. GAF از نظر تاخیر و اتلاف پیام همانند پروتکلهای مسیریابی ادهاک عمل کرده و عمر شبکه را با ذخیره انرژی در ارسال ها بهبود می دهد.

جدول ۱: مقایسه و طبقه بندی پروتکل های مسیریابی در شبکه های حسگر بیسیم

پروتکل های مسیریابی	طبقه بندی	حرکت	آگاه از موقعیت	مصرف انرژی	تراکم داده	کیفیت خدمات	مقیاس پذیری	چند مسیری	مبتنی بر درخواست
SPIN	مسطح	امکان پذیر	خیر	محدود	بله	خیر	محدود	بله	بله
هدایت جهت دار	مسطح	محدود	خیر	محدود	بله	خیر	محدود	بله	بله
مسیریابی شایعه ای	مسطح	خیلی محدود	خیر	N/A	بله	خیر	خوب	خیر	بله
LEACH	سلسله مراتبی	BS ثابت	خیر	حداکثر	بله	خیر	خوب	خیر	خیر
PEGASIS	سلسله مراتبی	BS ثابت	خیر	حداکثر	خیر	خیر	خوب	خیر	خیر
TEEN	سلسله مراتبی	BS ثابت	خیر	حداکثر	بله	خیر	خوب	خیر	خیر
APTEEN	سلسله مراتبی	BS ثابت	خیر	حداکثر	بله	خیر	خوب	خیر	خیر
HEED	سلسله مراتبی	BS ثابت	خیر	حداکثر	بله	خیر	خوب	بله	خیر
COSEN	سلسله مراتبی	BS ثابت	خیر	حداکثر	خیر	خیر	محدود	خیر	خیر
CHIRON	سلسله مراتبی	BS ثابت	خیر	حداکثر	خیر	خیر	خوب	خیر	خیر
GEAR	موقعیت	محدود	خیر	محدود	خیر	خیر	محدود	خیر	خیر
GAF	موقعیت	محدود	خیر	محدود	خیر	خیر	خوب	خیر	خیر
MECN	موقعیت	خیر	خیر	حداکثر	بله	خیر	کم	خیر	خیر
SMECN	موقعیت	خیر	خیر	حداکثر	بله	خیر	کم	خیر	خیر
SAR	مبتنی بر QoS	خیر	خیر	N/A	بله	بله	محدود	خیر	بله
SPEED	مبتنی بر QoS	خیر	خیر	N/A	خیر	بله	محدود	خیر	بله

۳ . ویژگی ها و کاربردهای شبکه حسگر بیسیم

ویژگی های شبکه حسگربیسیم به صورت زیر هستند

۱) توپولوژی پویای شبکه
۲) محدودیت توان
۳) شناسه سراسری ندارد
۴) گره های ناهمگون
۵) گره ها مستعد خطا هستند

۱,۳.کاربردهای شبکه حسگر بیسیم

گره های حسگر در کاربردهای مختلفی که نیاز به شناسایی و تشخیص مستمر دارند به کار گرفته می شوند .
برخی از کاربردها به صورت زیر می باشند:

- نظارت و مراقبت میدان جنگ
- آتش سوزی جنگل و تشخیص سیل
- سیستم کنترل موجودی
- نظارت بر خانه سبز
- کشاورزی
- نظارت بر سلامت شخصی
- تشخیص مواد منفجره ، بیولوژیک، رادیولوژیک، شیمیایی ، اتمی و غیره

۴.طبقه بندی پروتکل های مسیریابی شبکه حسگر بیسیم:

مسیریابی مکانیز کشف مسیری در زمان ارسال داده از گره مبدا به مقصد است. عمدتا لایه شبکه شبکه حسگر بیسیم ، برای انجام مسیریابی داده استفاده می شود. معمولا در شبکه های چندگامی، داده های مبدا نیم توانند مستقیما به چاهک برسند. بنابراین حسگرهای میانی بسته های داده را ارسال و منتشر می کنند. ایجاد جدول مسیریابی که دربردارنده لیستی از گره های اولویت دار برای ارسال داده به مقصد باشد، یک راه حل است. ساختار و توسعه جدول مسیریابی، وظیفه الگوریتم مسیریابی است. با توجه به تکنیک های مسیریابی، پروتکل های شبکه حسگر بیسیم را می توان به سه دسته تقسیم کرد :

۱,۴.پروتکل های مسیریابی مبتنی بر سازماندهی مسیر

مسیر جریان داده ها را میتوان به صورت واکنشی یا فعال یا ترکیبی انتخاب کرد . پروتکلهای مسیریابی فعال، دقیق اند و جدولهای مسیریابی خاصی را از همه حسگرهای شبکه ، با انتشار گره ها در فواصل زمانی مشخص نگه می دارد. قبل از نیاز به اطلاعات داده ها، همه جدولها به روز می شوند. در هر دو نوع معماری شبکه سلسله مراتبی و مسطح، می توان از مسیریابی فعال استفاده کرد. این مسیریابی برای تعیین مسیر بهینه بکار می رود بنابراین پروتکل مسیریابی سلسله مراتبی ، در شبکه های بزرگ به کار می رود. اما مشکل آن سربار این اندازه گیریهاست. در پروتکل های مسیریابی واکنشی برآورد کردن مسیر با توجه به درخواست، انجام شده و اطلاعات گره های شبکه نگهداری نمی شود. مسیر، با توجه به درخواست ارسال شده تعیین می گردد و از مسیر معکوس برای انتقال اطلاعات از مقصد به مبدا استفاده می شود. در زمانی که مسیر شکسته شود، محاسبه مجدد مسیر انجام می شود. در ین نوع پروتکل مسیریابی، سربار ارتباطای با انتشار در شبکه کاهش می یابد. پروتکل های مسیریابی ترکیبی از شبکه های بزرگ استفاده می شوند. این روش از خوشه بندی و ایده های واکنشی و فعال استفاده میکند. شبکه به چندین خوشه پویا تقسیم می شود و احتمال افزایش یا حذف گره ها از خوشه وجود دارد. مسیریابی فعال در خوشه ها انجام می شود و از مسیریابی واکنشی در خوشه ها برای ارتباط بین گره ها استفاده میکند. این نوع نیاز به مدیریت خوشه دارد.

۲,۴.پروتکل های مسیریابی مبتنی بر معماری شبکه

پروتکل ها با توجه به معماری شبکه به مسطح، سلسله مراتبی و مبتنی بر موقعیت تقسیم می شوند . پروتکل های مسطح زمانی استفاده می شود که حجم زیادی از گره ها با کارآیی مشابهی لازم است. در این نوع از مسیریابی های داده مرکز، درخواست ها از ایستگاه پایه به سمت گروهی از گره ها ارسال می شود. به خاطر حجم زیاد گره ها، تخصیص شناسه به هر گره امکانپذیر است. مثالی از پروتکل مسیریابی مسطح به این شکل است.

پروتکل حسگر برای اطلاعات از طریق مذاکره (SPIN): برای داده هایی با توضیحات سطح بالا و تبادل متاداده بین حسگرها طراحی شده است. این پروتکل برای جبران نقص روشهای انتشاری یا شایعه ای طراحی شده است.

الگوریتم ارسال با هزینه حداقلی (MCFA): در این مسیریابی زمانی که درخواست ها به حسگرها ارسال شوند، اگر هر گره خودش را در مسیر بهینه ببیند، که هزینه متغیری دارد ، درخواست و اطلاعات را منتشر میکند .

انتشار جهت دار (DD): نیز در پروتکل های توزیع شده کار میکند اما نمی توانند تعادلی بین مصرف انرژی یا ترافیک حساس به زمان ایجاد کند.

مسیریابی آگاه از انرژی (EAR): انرژی مصرف شده در گره های شبکه را در نظر میگیرد و پیچیدگی هایی در ارسال اطلاعات دارد.

مسیریابی تخصیص متوالی (SAR) : یک پروتکل مسیریابی چند مسیری است که مسیریابی توسط منابع انرژی انجام می شود. این پروتکل همچنین کیفیت خدمات مسیر و فاکتور اولویت پیام را با در نظر گرفتن وزن کیفیت خدمات هر مسیر مشخص میکند. چند مسیر ایجاد شده و درختی از مبنع به مقصد تولید می شود.

مسیریابی سلسله مراتبی با توان فعال (HPAR): از آن در شبکه های ادهاک استفاده میشود که بعنوان معیار سراسری در توسعه زمانی که اطلاعات باید در نرخ بالایی ارسال شوند کار میکند.

پروتکل شبکه حسگر با انرژی کارآمد و حساس به آستانه (TEEN) :در شبکه های فعال کار میکند و در مدت کمی به پارامترهای مربوطه پاسخ داده و زمانی که میزان مصرف انرژی فاکتور مهمی باشد به خوبی کار میکند.

خوشه بندی سلسله مراتبی سازگار با انرژی کم (LEACH): یک خوشه بندی پویاست که گره ای با احتمال یکسان بعنوان سرخوشه انتخاب شده و شرایط و موقعیت خود را به کل شبکه می فرستد. در شبکه های همگن ، همه گره ها شانس سرخوشه شدن را دارند. در شبکه های ناهمگن، از پروتکل هایی استفاده می شود که گره هایی که انرژی بیشتری دارند سرخوشه شوند.

شبکه ارتباطی با انرژی حداقلی (MECN) :این پروتکل یک مسیریابی با حداقل مصرف انرژی برای شبکه های مبتنی بر موقعیت توزیع شده است که از ارتباطات همتا به همتا پشتیبانی میکند. همچنین توانایی خود-سازماندهی را برای بهینه سازی محلی داشته و شناسه ای را به صورت تصادفی به گره ها می دهد تا اتصالات کل شبکه را برقرار کند.

پروتکل خود-سازمانده (SOP) :یک پروتکل مسیریابی است که گره ها را در جهات مختلفی در منطقه مد مظر پخش می کند و گره ها توسط موقعیت جغرافیاییشان مشخص می شوند. مختصات و فاصله میان حسگرها با تبادل داده بین گره های همسایه مشخص می شود.

پروتکل هایی که از این معماری استفاده میکنند به این ترتیب اند :

در پروتکل مبتنی بر مکان ، معماری شبکه شبیه انداختن گره ها در جهات تصادفی مختلفی در منطقه مد نظر است و گره ها با موقعیت جغرافیاییشان مشخص می شوند (GPS).مختصات و فاصله بین گره ها با تبادل داده بین گره های همسایه تعیین می شود. پروتکل هایی که در این معماری قرار میگیرنده عبارتند از :

وابستگی جغرافیایی سازگار (GAF): میزان استفاده از انرژی را با قطع رادیوی گره هایی که عملکرد مشابه سایرگره ها دارند، کاهش می دهد.

مسیریابی آاگاه از انرزی و جغرافیا (GEAR): از گره های اگاه از انرژی برای ارسال داده به منطقه مد نظر استفاده میکند. درکل ، این پرروتکل از الگوریتم انتشار برای پخش کردن بسته ها استفاده میکند. این مسیریابی مناسب توزیع انعطاف پذیر ترافیک است.

مسیریابی فاصله جغرافیایی (GEDIR) :یک پروتکل مسیریابی کارآمد است که از اطلاعات جغرافیایی و کنترل مصرف انرژی در انتشار بسته ها به منظور کشف پویای بهترین مسیر استفاده میکند. این مسیریابی از نظریه محدب برای کاهش انرژی رادیویی و کاهش مصرف انرژی در ارتباطات استفاده میکند.

۳,۴.پروتکل مسیریابی مبتنی بر عملیات

باتوجه به کاربردهای شبکه حسگر بیسیم ، پروتکل ها تقسیم بندی می شوند. بنابراین ، پروتکل های مسیریابی ، بر مبنای رویه آنها برای سازگاری با این وظایف تقسیم بندی میشوند. منطق و باور ورای این ورای این موارد رسیدن به بهترین کارآیی و حفاظت و نگهداری

از منابع محدود شبکه است. در مسیریابی چندمسیری، برای انتقال پیام از مبدا به چاهک مسیرهای متعددی هستن. مشکل این مدل بیدار نگه داشتن مسیر ارتباطی با ارسال مداوم پیام برای رسیدن به قابلیت اطمیان شبکه است و بنابراین از انرژی زیادی استفاده می کند. MMSPEED و SPIN پروتکل های مسیریابی چندگامی هستند. چند مسیری و SPEED چندتایی (MMSPEED) یک پروتکل مسیریابی است که پروتکل مورد انظتار در شبکه های حسگر است که منابع آن محدود به کاربردهای محیطی می باشند. پروتکل های کاربردهای بلادرنگ نیز با تاخیر در ارتباطاتشان مواجه اند. پروتکل MMSPEED از سرعت مختلف تحویل پشتیبانی کرده و با توجه به قابلیت اطمینان آنها کار میکند. این پروتکل کیفیت خدمات را فراهم کرده و دو حوزه کیفیتی در نظر میگیرد، همچنین از توان ارتباطی ایستا استفاده میکند. در مسیریابی مبتنی بر درخواست ارسال داده با توجه به درخواست ها انجام می شود. درخواست ها توسط کاربر تولید و در شبکه منتشر می شوند و گره ها داده ها را بر مبنای آن درخواست ارائه میکنند. بر مبنای تصمیمات ارسال در کاربردهای خاص، گره ها داده ها و منابع آن ها را می شناسند. این اطلاعات از حسگرها در انتشار داده با انرژی کمی در گره ها پشتیبانی میکند. پروتکل های مسیریابی SPIN، SAR و DD نیز مانند پروتکل های مبتنی بر مذاکره کار میکنند .پروتکل های مسیریابی کیفیت خدمات موجب رضایت از کیفیت خدمات مورد نیاز در پهنای باند و تاخیر می شود. در این موارد، مسیریابی نیاز به شناخت انرژی و کیفیت خدمات لایه های مختلف پشته پروتکلی دارد. مشابه این، محاسبه تابع هزینه کیفیت خدمات نیز باید در نظر گرفته شود. SAR و MMSPEED از این نوع پروتکل ها هستند که روی کیفیت خدمات مسیریابی کار میکنند.

۵.چالش های طراحی پروتکل های مسیریابی

چالشهای طراحی پروتکلهای مسیریابی در ابتدا شبکه حسگر بیسیم برای کاربردهای نظامی در نظارت بر میدان جنگ استفاده شدند. دامنه کاربردهای عمرانی شبکه حسگر بیسیم مانند کاربردهای محیطی، سلامتی و تولیدات ، خانه هوشمند و غیره بعدا مطرح شدند. برای مواجهه با این تنوع ، فاکتورهای مهم در طراحی شبکه حسگر در ادامه آمده اند:

- تحمل پذیری خطا: تحمل پذیری خطا توانایی انجام عملکردهای شبکه حسگر بدون هیچ وقفه ایست که به خاطر خطای گره ها اتفاق می افتد
- مقیاس پذیری: پروتکل های مسیریابی باید برای پاسخ به رخدادهایی نظیر افزایش بسیار زیاد گره های حسگر بیسیم در دامنه محیطی قابل انطباق باشند
- محیط عملیاتی : ممکن است گره های حسگر در هر شرایط محیطی استفاده شوند
- مصرف انرژی: باتری گره های حسگر دارای طول عمر باتری محدودیست
- کیفیت خدمات: کیفیت خدمات به معنی خدمات کیفیت مورد نیاز برنامه کاربردی است
- پویایی شبکه: گاهی گره های حسگر متحرک اند و بنابراین شبکه های حسگر ایستا نیستند

۶.پروتکل های مسیریابی مبتنی برخوشه و مقایسه پروتکل های مسیریابی مختلف

در شبکه های حسگر بیسیم مجموعه ای از گره ها در یک خوشه جا میگیرند که با عنوان خوشه بندی شناخته می شود. هر خوشه یک رهبر دارد که سرخوشه نامیده می شود. ممکن است سرخوشه توسط گره های درون گروه تعیین شود. سرخوشه اطلاعاتی را از گره های درون خوشه جمع آوری کرده و آنها را به ایستگاه پایه (مقصد) می فرستد. خوشه بندی می تواند بعنوان یک پروتکل ارتباطی با انرژی کارآمد استفاده شود. هدف خوشه بندی حداقل کردن کل توان مورد نیاز برای ارسال گره ها است تا عمر شبکه را بهبود دهد. الگوریتم های مبتنی بر خوشه بندی درحال توسعه اند و با حساب مزیت هایی که دارند مانند مقیاس پذیری بالا، بارکم، میزان کمتر مصرف انرژی و استحکام بیشتر به قسمت مهمی از تکنولوژی مسیریابی در شبکه های حسگر بیسیم تبدیل شده اند.

جدول ۲: خلاصه مزایا و معایب پروتکل های مسیریابی مبتنی بر خوشه گیرید

پروتکل	مزایا	معایب
GAF	GAF یک پروتکل محلی و ایستا است GAF می تواند طول عمر شبکه حسگر را با ذخیره انرژی بهبود دهد	GAF موجب تزریق ترافیک می شود و میزان زمان انتظار در آن محدودیتی ندارد . این ویژگی ها آنرا برای شرایط بلادرنگ در شبکه حسگر بیسیم نامناسب کرده است.
SLGC	در طرح SLGC، مصرف انرژی به حداقل می رسد طرح SLGC دارای سطح کارآیی بهتری است	SLGC می تواند موجب سربار اضافی در شرایط ارتباط داده های پیچیده شود.
TTDD	TTDD می تواند چاهک های چندگانه متحرک و حرکت چاهک در شبکه های حسگر بزرگ را تشخیص دهد TTDD بهترین مورد کاربردی برای شبکه های حسگر تشخیص رخداد دارای ناهمواری ، به جای ترافیک ثابت داده می باشد	TTDD تاخیر بیشتری دارد زیرا مسیر ارسال یک مسیر کوتاه نیست به خاطر شکل گیری ساختار گرید و کیفیت ارسال، TTDD کارآمدی انرژی کمتری دارد
PANEL	PANEL یک کاربرد غیرهمزمان ارائه میکند متدی با انرژی کارآمد است که طول عمر طولانی شبکه و تعادل بار را تضمین میکند زیرا هر گره با احتمال یکسانی تبدیل به سرخوشه می شود	در این طرح خوشه ها از قبل انتخاب می شوند که این باعث نامناسب شدن آنها در WSN می شود برای یافتن اطلاعات موقعیت جغرافیایی ، به شرایط ویژه ای نیاز است که همیشه مهیا نیست و نمی توان کاربرد PANEL را در WSN کنترل کرد.
HGMR	مسئله مقیاس پذیری در آن وجود ندارد مدیریت عضویت ساده ای دارد یک پروتک مسیریابی با انرژی کارآمد است.	ممکن است توزیع شبکه ای ساده ، بهترین مسیرهای مسیریابی را ندهد ممکنن است استفاده از انرژی توزیع شود زیرا همه ارتباطات به نقطه دسترسی است. در این طرح ، کارآیی مسیر در کمترین میزان است

جدول۳. مقایسه پروتکل های خوشه ای

پروتکل ها	مقیاس پذیری	تعادل بار	کارآمدی انرژی	پیچیدگی الگوریتم	مقیاس پذیری الگوریتم	تاخیر تحویل
GAF	بالا	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	ضعیف
SLGC	خیلی ضعیف	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	خیلی کم
TTDD	ضعیف	خوب	خیلی ضعیف	کم	خیلی بالا	خیلی بزرگ
PANEL	ضعیف	خوب	متوسط	بالا	ضعیف	متوسط
MGMR	خیلی بالا	ضعیف	ضعیف	متوسط	ضعیف	بزرگ
CCS	ضعیف	خیلی ضعیف	ضعیف	متوسط	ضعیف	بزرگ
TSC	متوسط	ضعیف	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط
PEGASIS	متوسط	خیلی ضعیف	ضعیف	بالا	ضعیف	خیلی بالا
TEEN	ضعیف	خوب	خیلی بالا	بالا	بالا	کوچک
LEACH	خیلی ضعیف	متوسط	خیلی ضعیف	پایین	متوسط	خیلی کم
LEACH-VF	خیلی ضعیف	متوسط	متوسط	متوسط	بالا	خیلی کم
HEES	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	بالا	متوسط
CCM	خیلی ضعیف	متوسط	خیلی ضعیف	متوسط	بالا	کم
EECS	ضعیف	متوسط	متوسط	خیلی بالا	بالا	کم
UCS	ضعیف	ضعیف	خیلی ضعیف	متوسط	بالا	کم
HCTE	خیلی ضعیف	بالا	خیلی ضعیف	متوسط	متوسط	خیلی کم
BCDCP	خیلی ضعیف	خوب	خیلی ضعیف	خیلی بالا	بالا	کم
MWBCA	خیلی ضعیف	بالا	متوسط	متوسط	متوسط	خیلی کم

۷ .نتیجه گیری و کارهای آتی

در سالهای اخیر حوزه مسیریابی شبکه های بیسیم توجه بسیاری از محققین را به منظور پیشنهاد راه حل هایی برای چالشهای خاص آنها در مقایسه با مسیریابی های سیمی سنتی به خود جلب کرده است در این مقاله تحقیقات اخیر درمورد پروتکل های مسیریابی شبکه حسگر بیسیم و طبقه بندی آنها بحث شده است. توسعه کاربردهای عمرانی و نظامی موجب افزایش کارآیی شبکه حسگر بیسیم در مناطق دور و خطرناک شده است. کارآیی این پروتکل های مسیریابی از نظر پارامترهای مختلف به خصوص وضعیت انرژی بحث شده است. پروتکل هایی هستند که فقط مخصوص کاربردهای خاصی اند و برخی پروتکل ها را می توان در موارد مختلفی به کار گرفت. بر مبنای مقایسه متدهای مختلف، مشخص است که طرح های مسیریابی مبتنی بر خوشه بندی در رشد کارآیی شبکه های حسگر بیسیم تاثیر به سزایی دارند،مصرف انرژی یکی از مهم ترین حوزه های تحقیقاتی شبکه حسگر بیسیم است. نیاز است که پروتکل های مبتنی بر مکانی ارائه شوند که حجم انرژی کمتری مصرف کنند و توان عملیاتی بیشتری داشته باشند. در آینده پروتکلی که حداقل مصرف انرژی را دارد می تواند پیشنهاد و پیاده سازی شود. روش شکل گیری خوشه ها در شبکه های حسگر ناهمگن هنوز مسئله ایست که میشود روی آن تحقیق کرد. در حوزه تحمل پذیری خطا، امنیت ، پوشش خوشه، سلسله مراتب چندگانه و جایگذاری گره ها هنوز سوالاتی وجود دارد در این مقاله مزایا و معایب هر تکنیک مسیریابی را نیز بررسی کرده ایم ، مسیریابی در شبکه حسگر حوزه تحقیقاتی درحال توسعه ایست که محدود است اما تحقیقات این حوزه در حال افزایش است. در این مقاله مروری بر تکنیک های مسیریابی در شبکه حسگر بیسیم ارائه شده است. همه آنها یک هدف دارند که توسعه طول عمر شبکه است ولی با تحویل داده سازگار نیست. عموما، تکنیک های مسیریابی به پروتکل های مسیریابی مبتنی بر ساختار شبکه و عملیات شبکه تقسیم می شوند. در ساختار شبکه، پروتکل های مسیریابی به سه دسته به صورت پروتکل های مسیریابی مسطح، سلسله مراتبی و مبتنی بر موقعیت تقسیم می شوند. بعلاوه، برخی پروتکل ها نیز بر مبنای عملیات پروتکل به دسته های مبتنی بر چندمسیری، مبتنی بر مذاکره، مبتنی بر کوئری، مبتنی بر تجسم، مبتنی بر کیفیت خدمات و غیرتجسمی تقسیم می شوند . این مقاله مروری به محققانی که درحوزه بهبود، تغییر یا بهینه سازی طرح های مسیریابی در شبکه های حسگر بیسیم کار میکنند کمک می کند.

منابع

[۱] Cluster based Routing Schemes in Wireless Sensor Networks: A Comparative Study Awanish Kumar Yadav Department of computer science and engineering Krishna institute of engineering and technology Ghaziabad (U.P.), India.,Poonam Rana Department of computer science and engineering Krishna institute of engineering and technology Ghaziabad (U.P.)india International Journal of Computer Applications (0975 – 8887 (Volume 125 – No.13, September 2015

[۲]A TUTORIAL OF ROUTING PROTOCOLS IN WIRELESS SENSOR NETWORKS, Rajesh Chaudhary (STUDENT) Dr. Sonia Vatta (GUIDE (CSE Department CSE Department Bahra University, Shimla Hills Bahra University, Shimla Hills Himachal Pradesh, INDIA Rajesh Chaudhary et al, International Journal of Computer Science and Mobile Computing, Vol.3 Issue.6, June- 2014, pg. 971-979

[۳]A Survey Analysis of Routing Protocols in Wireless Sensor Networks, Kaebeh Yaeghoobi S.B. #1, M.K. Soni *2, S.S. Tyagi #3 #Department of Computer Science and Engineering, Faculty of Engineering and Technology, Manav Rachna International University, 121004, India 1 kaebeh@gmail.com 3 shyam.fet@mriu.edu.in *Faculty of Engineering and Technology, Manav Rachna International University, 121004, India 2 ed.fet@mriu.edu.in ISSN : 0975-4024 Vol 7 No 4 Aug-Sep 2015