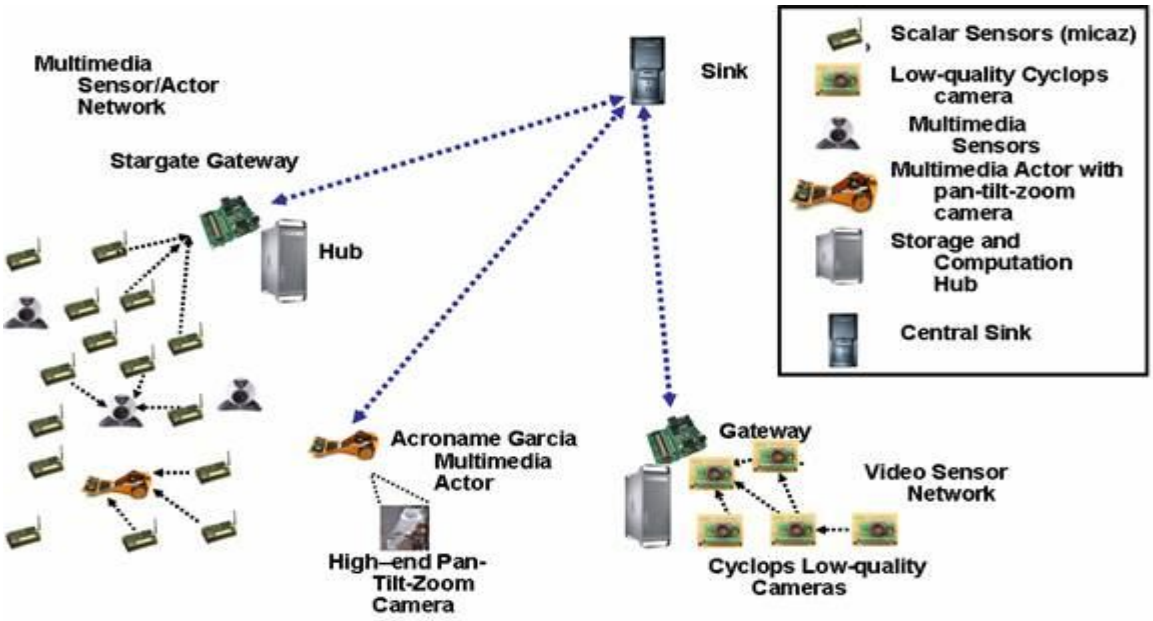
شبکه حس‌گر بی‌سیم

هومن مرجانی، مهدی حولکیان



چکیده

شبکه حس‌گر بی‌سیم از تعدادی گره‌های حس‌گر تشکیل شده است که برای جمع‌آوری اطلاعات مفید از محیط مورد نظر به‌کار گرفته می‌شود. داده‌های حس‌شده باید جمع‌آوری شود و سپس به‌منظور پردازش و پاسخ به درخواست کاربر نهایی به گره اصلی شبکه فرستاده شوند. از آنجائی‌که این شبکه از گره‌هایی با انرژی محدود تشکیل شده است، باید روش‌هایی برای جمع‌آوری و اجماع داده با راندمان انرژی بالا به‌کار گرفته شود تا طول عمر شبکه بالا رود. به‌کار بردن تکنیک‌های اجماع داده در هر دور از برقراری ارتباط، باعث کاهش انرژی مصرفی کل سیستم و درنتیجه باعث افزایش طول عمر شبکه خواهد شد. برای این منظور تکنیک‌های زیادی با توجه معماری شبکه و الگوریتم‌های مسیریابی مورد استفاده در آن معماری در شبکه‌های تخت و سلسله مراتبی ارائه شده است.

کلمات کلیدی: شبکه حس‌گر بی‌سیم، گره حس‌گر، تکنیک اجماع داده، طول عمر شبکه، شبکه تخت، شبکه سلسله مراتبی.

مقدمه:

با توسعه و تکامل اتوماسیون سیستم‌های نظامی، حمل و نقل، صنعت، بهداشت و درمان و غیره، این سیستم‌ها به محیط پیرامون خود مانند یک محیط جدید با قابلیت تغییرپذیری و هوشمندی نگاه می‌کنند و مکانیزم کارکرد این سیستم‌های جدید ابتدا دریافت مداوم داده‌های محیط اطراف خود و سپس اتخاذ تصمیم در مورد عملکرد خود نسبت به محیط است. مهمترین مسائل در این سیستم‌ها به‌طور کلی به‌صورت زیر دسته‌بندی می‌شوند:

1- جمع‌آوری داده‌های مناسب و متناسب برای انجام عملکرد سیستم با توجه به درخواست کاربران از سیستم.
2- ارزیابی داده‌های خام به‌دست آمده از محیط و ایجاد اطلاعات صحیحی از این داده‌ها.
3- چگونگی فرموله کردن (معنی دارکردن) آن‌ها برای نمایش به کاربران.
4- ارزیابی عملکرد انجام شده با توجه به داده‌های جمع‌آوری شده و بهبود آن در هر مرحله.

اما از آنجائی‌که تمامی موارد گفته شده، به چگونگی و نحوه جمع‌آوری داده‌ها بستگی دارد، می‌توان گفت جمع‌آوری داده‌های مناسب و متناسب برای انجام عملکرد سیستم، اصلی‌ترین مسئله برای سیستم‌های جدید تلقی می‌شود که این اطلاعات و داده‌های مورد نیاز از محیط پیرامون توسط شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم تهیه می‌شوند.

1- شبکه حس‌گر بی‌سیم

شبکه حس‌گر بی‌سیم[1] معمولاً از تعداد زیادی گره‌های حس‌گر[2] تشکیل شده است که قادر به برقراری ارتباط با یکدیگر و همچنین با یک گره خارجی به‌نام سینک[3] (چاهک) یا ایستگاه (گره) اصلی شبکه[4] هستند. حسگرها می‌توانند به‌طور تصادفی در یک محیط غیرثابت و تغییرپذیر با شرایط سخت، مانند یک میدان جنگ یا در یک محیط ثابت و مشخص کارگذاشته شوند. حس‌گرها می‌توانند با یکدیگر ارتباط برقرار کنند و با همکاری هم، یک شبکه ارتباطی مانند یک شبکه تک یا چند مسیره یا یک ساختار سلسله مراتبی[5] با چندین خوشه[6] (کلاستر) و رهبر خوشه[7] (کلاستر هد) تشکیل دهند. سنسورها به‌طور مرتب از محیط پیرامون خود داده حس می‌کنند، آن‌ها را پردازش می‌کنند و به گره اصلی شبکه انتقال می‌دهند. تعداد تکرارهای ارسال داده و تعداد حس‌گرهای کارگذاشته شده در محیط معمولاً به کاربرد شبکه بستگی دارد.

روی کارآمدن تکنولوژی‌های جدید در ساخت پردازش‌گر[8] و حافظه‌های[9] کوچک و کم‌هزینه و تکنولوژی‌های جدید رادیویی، محققین را قادر ساخت تا به ساختن گره‌های حس‌گر کوچک[10] کم هزینه با قابلیت برقراری ارتباط بی‌سیم بپردازند. اگر چه این نودها در مقایسه با حس‌گرهای بزرگ[11] و پرهزینه از نظر انرژی و میزان پایداری بسیار ضعیف‌تر هستند، اما با به‌کاربردن صدها یا هزاران گره از آن‌ها می‌توان شبکه حس‌گر با کیفیت ساخت.

2- کاربردها و چالش‌های شبکه حس‌گر بی‌سیم

شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم برای کاربردهای مختلفی از جمله مسائل نظامی، مشاهده محیط، سیستم‌های حمل و نقل و غیره به‌کار می‌روند. برای هر کابر حس‌گرهای مخصوصی مانند حس‌گرهای حساس به درجه حرارت، گرما و غیره مناسب با عملکرد شبکه ساخته می‌شود.

مهمترین مسئله در گره‌های حس‌گر انرژی محدود و پایان‌پذیر باطری آن‌ها است، این امر باعث ایجاد محدودیت در طور عمر[12] و کیفیت عملکرد شبکه می‌شود. به همین دلیل پروتکل‌هایی که بر روی این شبکه‌ها اجرا می‌شوند باید قادر باشند تا منابع (توان باطری) گره‌ها را به‌طور سودمند مصرف کنند تا طول عمر شبکه افزایش پیدا کند.

بنابر آنچه که گفته شد، تحقیقات بسیاری بر روی مسئله محدودیت انرژی و مدیریت منابع در شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم صورت گرفت و در این راستا پروتکل‌هایی ارائه شد که تمامی این پروتکل‌ها (الگوریتم‌ها) در صدد افزایش طول عمر گره‌ها، کاهش پهنای باند مورد نیاز با برقراری ارتباطات محلی در بین گره‌ها و در نهایت افزایش طول عمر شبکه بودند.

از آنجائی‌که داده‌های تولیدشده (حس‌شده) توسط گره‌های موجود در شبکه حس‌گر بی‌سیم که در مجموع داده‌ها و اطلاعات شبکه حس‌گر را تشکیل می‌دهند، برای پردازش کاربر نهایی بسیار زیاد هستند، به روش‌هایی برای جمع‌آوری داده‌ها و تبدیل آنها به یک‌سری اطلاعات دارای مفهوم و معنی نیاز است. یک راه ساده برای انجام این عمل «اجماع داده» نام دارد که هدف آن ایجاد یک فیلترینگ مناسب برای حذف داده‌های اضافه، تکراری و حذف نویزها بر روی داده‌ها است. برای انجام عمل اجماع داده پروتکل‌های مختلفی با توجه به معماری و مسیریابی‌های مختلف در شبکه حس‌گر بی‌سیم ارائه شده است که در ادامه به تعریف و توصیف دقیق آن‌ها می‌پردازیم.

1- wireless sensor network
2- sensor nodes
3- sink
4- Base station
5- Hierarchical
6- cluster
7- Cluster head
8- processor
9- memory
10- micro sensor
11- macro sensor
12- life time

3- پروتکل‌های اجماع داده براساس معماری شبکه

3-1- پروتکل‌های اجماع داده در شبکه‌های تخت

3-1-1- push diffusion

در این پروتکل تمام حس‌گرها نقش فعال و یکسانی را دارند و هنگامی که گره سینگ به آنها درخواستی را می‌فرستد، آغازکننده انتشار داده هستند. تکنیک اسپین[13] در این پروتکل به‌کار گرفته شده است. دو ویژگی مهم اسپین که در این پروتکل به‌کار گرفته شده است عبارتند از data negotiation و resource adaptation. برای اجرای این پروتکل، گره‌های حس‌گر به‌منظور توصیف آنچه که مشاهده کرده‌اند، نیازمند یک توصیف‌کننده هستند.

3-1-2- Two phase pull diffusion

یک پروتکل مجتمع‌سازی داده energy efficient است که آن را direct diffusion نیز می‌نامند. این پروتکل در واقع شمایی از مسیریابی data centric است که پایه و اساس آن مبتنی بر به‌دست آوردن داده در حس‌گرها است. ویژگی‌ها و صفات داده‌ها، پیام‌های مورد استفاده در شبکه است.

3-2- پروتکل‌های اجماع داده براساس خوشه‌بندی در شبکه های سلسله مراتبی

3-2-1- پروتکل LEACH 14

پروتکل غیر یکپارچه‌ای است که گره‌های حس‌گر خودشان را به خوشه‌هایی به‌منظور فیلترکردن داده‌ها تقسیم می‌کنند و برای هر خوشه یک رهبر خوشه تعریف می‌شود. در هر خوشه داده‌ها از گره‌های حس‌گر آن خوشه به رهبر خوشه ارسال می‌شوند و سپس از رهبر خوشه به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم به گره اصلی شبکه ارسال می‌شود. پیامد این الگوریتم کاهش اطلاعات ارسالی به گره اصلی شبکه است و این امر ناشی از این است که در گره رهبر هر خوشه ابتدا فیلترینگی روی داده‌های دریافتی از گره‌های خوشه انجام می‌شود و سپس ارسال به گره اصلی شبکه انجام می‌پذیرد.

اگر بخواهیم پروتکل LEACH را به طور جزئی‌تر مورد بحث قرار دهیم ، می‌توانیم آن را شامل دو فاز بدانیم :

Setup phase: شامل سازماندهی شبکه به خوشه‌ها و تعیین یک رهبر برای هرخوشه است.

Stead phase: مجتمع سازی داده در گره‌های رهبر هر خوشه و سپس ارسال به گره اصلی شبکه است.

3-2-2- پروتکل HEED [15]

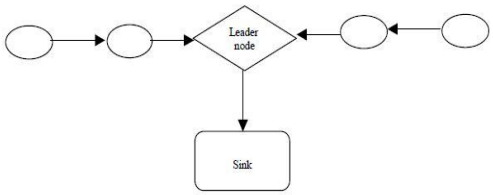
با توجه به محدودیت‌های پروتکل LEACH و عدم یکپارچگی آن، مکانیزم اجماع داده دیگری به نام HEED مطرح شد که هدف آن ایجاد خوشه‌هایی سودمند به منظور افزایش طول عمر شبکه است. اصلی‌ترین فرض به‌کارگرفته شده در این الگوریتم، توانایی در به‌کار بردن سطوح انرژی چندگانه در گره‌های حسگر است. انتخاب رهبر خوشه براساس ترکیبی از میزان انرژی باقی مانده هر گره و میزان مجاورت هر گره به گره‌های همسایه خود انجام می‌شود.

3-3- پروتکل اجماع داده براساس ساختار زنجیر در شبکه های سلسله مراتبی

3-3-1- پروتکل PEGASIS [16]

در این پروتکل گره‌ها به صورت یک ساختار خطی زنجیروار به منظور اجماع داده سازماندهی می‌شوند. گره‌ها ساختار زنجیروار را با به‌کار بردن یک الگوریتم زیاده‌خواهانه[17] ایجاد می‌کنند. این فرم زنجیروار فرض می‌کند که تمام گره‌ها از تمام وضعیت شبکه اطلاع دارند. در این ساختار، گره اصلی شبکه معمولاً در مرکز این زنجیر تعریف می‌شود.

13- SPIN
14-low Energy Adaptive clustering Hierarchy
15-Hybrid Energy Efficient Distributed Clustering Approach
16-Power Efficient data Gathering Protocol for Sensor Information System
17 - Greedy



3-4- پروتکل اجماع داده براساس ساختار درخت[18] در شبکه های سلسله مراتبی

3-4-1- پروتکل PEDAP [19]

در این پروتکل فرض بر آن است که گره‌ها به صورت غیر یکپارچه و تصادفی در محیط کارگذاشته شده‌اند. همچنین مکان استقرار آن‌ها ثابت است و گره اصلی شبکه از مکان گره‌ها در آگاه است. حسگرها می‌توانند به‌طور مستقیم با یکدیگر ارتباط داشته باشند و داده‌های خود را به گره اصلی شبکه ارسال کنند. گره‌ها به‌طور مداوم داده‌هایی را از محیط دریافت می‌کنند و همیشه داده‌هایی را در هر دوره از ارتباط برای ارسال دارند. همچنین گره‌ها داده‌هایی که از همدیگر دریافت می‌کنند را با داده‌های خود مقایسه کرده و سپس به فیلترینگ یا مجتمع‌سازی آن‌ها می‌پردازند.

4- نتیجه‌گیری

در این مقاله ما ابتدا به مساله محدودیت انرژی در شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم پرداختیم و سپس فاکتورهای را که راندمان انرژی بالایی را برای ما فراهم می‌آورند و در نهایت باعث افزایش طول عمر شبکه می‌شوند معرفی کردیم. در بین این فاکتورها تکنیک‌های اجماع داده نقش بسیار مهمی را در ایجاد راندمان انرژی بالا و سودمندی انرژی برای ما فراهم می‌کرد. در نتیجه با توجه به معماری شبکه و الگوریتم‌های مسیر یابی مورد استفاده در شبکه‌های بی‌سیم حس‌گر بر اساس ساختار شبکه به دسته‌بندی پروتکل‌های اجماع داده در سه معماری شبکه‌های تخت و سلسله مراتبی پرداختیم.

در شبکه‌های تخت به معرفی دو پروتکل Pull diffusion و Direct diffusion پرداخته و مزایا و معایب آن‌ها را بیان کردیم.

در شبکه‌های سلسله مراتبی اجماع داده را به سه بخش اجماع داده بر اساس خوشه‌بندی اجماع داده بر اساس ساختار زنجیر و اجماع داده بر اساس ساختار درخت تقسیم‌بندی کردیم. در دسته اول به معرفی دو پروتکل LEACH و HEED و در دسته دوم به معرفی پروتکل PEGASIS پرداختیم.

در ادامه با توجه به عیوب موجود در پروتکل‌های اجماع داده فوق به معرفی پروتکل اجماع داده براساس ساختار درخت (PEDAP) در شبکه‌های سلسله مراتبی پرداختیم که با توجه به نتایج شبیه‌سازی‌های انجام شده و مقایسه آن با سایر پروتکل‌ها و مزایا آن نسبت به دیگر روش‌ها، در حال حاضر به‌عنوان کارآمدترین پروتکل اجماع داده محسوب می‌شود.

پروتکل تمام جنبه‌های یک شبکه حس‌گر بی‌سیم هنگامی که گره اصلی در مرکز شبکه یا دور از گره‌های شبکه قرار گرفته باشد را در نظر می‌گیرد و در هر دو مورد از سایر پروتکل‌ها مزیت دارد و باعث ایجاد طول عمر بیشتری برای شبکه می‌شود.

18-Tree Based Data Aggregation
19-Power Efficient Data Gathering and Aggregation protocol