بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده برق و کامپیوتر

ارائه یک الگوریتم مبتنی بر کیفیت سرویس برای محدود کردن تأخیر در شبکه های حسگر بی سیم

پایان نامه کارشناسی ارشد معماری کامپیوتر

نرجس ترابی

استاد راهنما

دکتر مسعود رضا هاشمی

۱۳۸۸

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده برق و کامپیوتر

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته معماری کامپیوتر خانم نرجس ترابی

تحت عنوان

ارائه یک الگوریتم مبتنی بر کیفیت سرویس برای محدود کردن تأخیر در شبکه‌های حسگر بی سیم

در تاریخ ۱۳۸۸/۱/۲۲ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان نامه	دکتر مسعود رضا هاشمی
۲- استاد مشاور پایان نامه	دکترحسین سعیدی
۳- استاد داور	دکترمهدی مهدوی
٤- استاد داور	دکترپژمان خدیوی
سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده	دکتر علیمحمد دوست حسینی

تشکر و قدردانی

خداوند بزرگ را شاکر و سپاسگزارم که مرا یاری کرد تا این دوره تحصیلی را به پایان برسانم. بی شک، گذراندن این دوره، بدون همکاری، همراهی، تشویق و کمک های بی شائبه خانواده عزیزم به خصوص پدر و مادر بزرگوارم امکان پذیر نبود. لذا از خداوند متعال موفقیت، سلامتی و شادکامی این عزیزان را خواستارم.

از اساتید گرامیم، جناب آقای دکتر مسعود رضا هاشمی و جناب آقای دکتر حسین سعیدی که با راهنمودهای دلسوزانه خود، امکان به انجام رساندن این پایان نامه را فراهم نمودند، نهایت تشکر و قدردانی را دارم. همچنین، از آقایان دکتر مهدی مهدوی و دکتر پژمان خدیوی که زحمت داوری پایان نامه را متقبل شدند، سپاسگزارم.

در پایان، لازم می دانم از جناب آقای دکتر علیمحمد دوست حسینی، سرپرست محترم تحصیلات تکمیلی و نیز از سرکار خانم نکویی مسئول دفتر تحصیلات تکمیلی دانشکده، تشکر و قدردانی نمایم.

نرجس ترابی

بهار ۱۳۸۸

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه (رساله) متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است. این پایان نامه با حمایت مادی و معنوی مرکز تحقیقات مخابرات ایران به انجام رسیده است.

تقدیم به پدر و مادر مهربانم

که آرزوی آنان موفقیت من و

موفقیت من در خرسندی آنان است.

فهرست مطالب

عنوان ..... **صفحه**

فهرست مطالب ..... هشت

چکیده ۱

فصل اول: مقدمه

۱-۱ شبکه های حسگر بی سیم مالتی مدیا ۲

۱-۲ تبیین مسأله پایان نامه ٦

۱-۳ ساختار کلی گزارش ۸

فصل دوم: معرفی شبکه های حسگر بی سیم

۲-۱ مقدمه ۹

۲-۲ معماری شبکه های حسگر بی سیم ۱۰

۲-۲-۱ توپولوژی شبکه حسگر ۱۲

۲-۲-۲ محیط ۱۲

۲-۲-۳ واحدهای سخت افزار ۱۲

۲-۲-۴ جریان و پردازش داده در شبکه ۱٤

۲-۳ کاربردهای شبکه های حسگر بی سیم ۱٤

۲-۴ پشته پروتکل ۱٦

۲-۴-۱ لایه فیزیکی ۱۷

۲-۴-۲ لایه اتصال داده ۱۸

۲-۴-۳ لایه شبکه و مسیریابی ۲۰

۲-۵ تفاوت شبکه های حسگر با شبکه های سیار اقتضایی ۲۱

۲-۶ چالش های مطرح در شبکه های حسگر بی سیم ۲۱

فصل سوم: معرفی و مرور کارهای گذشته

۳-۱ مقدمه ۲۵

۳-۲ جلوگیری از بروز ازدحام و شناسایی عادلانه رخدادها در شبکه های حسگر ۲٦

۳-۲-۱ تبیین مسأله ۲٦

۳-۲-۲ مدل شبکه ۲۷

۳-۲-۳ الگوریتم دستیابی سلسله مراتبی به کانال (HMAC) ۲۹

۳-۲-۴ اجتناب از ازدحام ۳۰

۳-۲-۵ معایب الگوریتم ۳۱

۳-۳ مسیریابی آگاه از ازدحام در شبکه های حسگر ۳۱

۳-۳-۱ معایب الگوریتم ۳۵
۳-۴ مسیریابی مبتنی بر کاهش ازدحام(MCAR) ۳۵
۳-۴-۱ تشکیل ناحیه بحرانی در MCAR ۳۶
۳-٤-۲ مسیریابی در الگوریتم MCAR ۳۸
۳-۴-۳ معایب الگوریتم ۳۹
۳-۵ مسیریابی مبتنی بر تأخیرهای انتها به انتها در شبکه های حسگر(PRIMAR) ۳۹
۳-۵-۱ شناسایی مسیرهای موجود بین گره ها تا سینک ٤۰
۳-۵-۲ مدل لایه بندی اولویت ها ٤۱
۳-۵-۳ نحوه عملکرد الگوریتم ٤۲
۳-۵-۴ قرض گرفتن مسیر ٤۲
۳-۵-۵ معایب الگوریتم ٤۳
۳-۶ دریافت مطمئن اطلاعات در شبکه های حسگر(RBC) ٤٤
۳-۶-۱ مکانیزم زمانبندی ارسال توزیعی در الگوریتم RBC ٤٦
۳-۶-۲ معایب الگوریتم ٤٦
۳-۷ الگوریتم های مبتنی بر صف های اولویت دار ٤٦
۳-۸ پروتکل مسیریابی انرژی آگاه با کیفیت سرویس ٤۷
۳-۸-۱ معایب الگوریتم ٤۸
۳-۹ نتیجه گیری ٤۸

فصل چهارم: بنیان های لازم برای الگوریتم پیشنهادی

٤-۱ مقدمه ٤۹
٤-۲ استراتژی Stop & Go ٤۹
٤-۲-۱ الگوی صف بندی Stop & Go ۵۱
٤-۲-۲ محاسبه تأخیر بسته ها در مقصد ۵٤
٤-۳ مکانیزم های دستیابی به کانال مشترک در شبکه های حسگر بی سیم ۵۵
٤-۳-۱ روش های دستیابی به کانال مبتنی بر رقابت ۵٦
٤-۳-۲ روش های دستیابی به کانال مبتنی بر زمانبندی ۵۷
٤-٤ مکانیزم های تقسیم پهنای باند مشترک ۵۷
٤-٤-۱ مکانیزم های تقسیم پهنای باند با استفاده روش های مبتنی بر رقابت ۵۷
٤-٤-۲ مکانیزم های تقسیم پهنای باند با استفاده روش های مبتنی بر زمانبندی ۵۸
٤-۵ الگوریتم زمانبندی مبتنی بر حل مسأله تداخل بین گره های همسایه(NCR) ۵۹
۴-۶ الگوریتمNCR با استفاده از چندین شناسه(NCR-MI) ٦۳
۴-۷ مکانیزم دستیابی به کانال آگاه از جریان های ارسالی(FLAMA) ٦٤
۴-۸ نتیجه گیری ٦۷

فصل پنجم: ارائه الگوریتم پیشنهادی و نتایج حاصل از شبیه سازی آن

۵-۱ مقدمه ٦٨
۵-۲ مرحله آماده سازی شبکه ٦٨
۵-۳ فرضیات اولیه ٦٩
۵-۴ مسیریابی ۷۰
۵-۵ بازه با دستیابی تصادفی ۷۱
۵-۵-۱ طول بازه با دستیابی تصادفی ۷۲
۵-۶ مؤلفه های مؤثر در تعیین اندازه فریم ها ۷۲
۵-۷ محاسبه وزن گره ها ۷٤
۵-۸ الگوریتم پیشنهادی ۷٤
۵-۸-۱ زمانبندی ارسال بسته ها در هر گره ۷٦
۵-۹ شبیه سازی الگوریتم ۷۸
۵-۹-۱ مشخصات شبکه مورد نظر برای شبیه سازی ۷۸
۵-۱۰ نتیجه گیری ۹۲

فصل ششم: جمع بندی و ارائه پیشنهادها

٦-۱ نتیجه گیری ۹٤
٦-۲ پیشنهادات و چشم انداز کارهای آتی ۹۵

ضمیمه ۹۶

مراجع ۹۸

چکیده

در شبکه های حسگر ترکیبی، الگوهای ترافیکی مختلفی منتقل می شوند. جریان هایی از اطلاعات متناوب تا حجم وسیعی از بسته ها که در یک بازه زمانی کوتاه به صورت غیر قابل پیش بینی در شبکه ارسال می شوند، طیف وسیع الگوهای ترافیکی موجود در این دسته از شبکه ها را نشان می دهند. از این رو، یک شبکه حسگر باید بتواند اطلاعات مربوط به کاربردهای گوناگون با خصوصیات، نیازمندی ها و اولویت های ترافیکی متفاوت را به سینک انتقال دهد. پس لازم است که شبکه، تفاوت در الگو و اهمیت ترافیک ها را از طریق تفاوت در سرویسی که به آنها ارائه می دهد لحاظ نماید. لذا برخورد متناسب شبکه با نیازمندی های گونه های مختلف ترافیکی امری ضروری است. این ضرورت، نیاز به روند های انتقال داده با تضمین سطح مشخصی از کیفیت سرویس را ایجاد کرده است.

در این پایان نامه، هدف، تبیین یک الگوریتم مبتنی بر کیفیت سرویس با قابلیت پیاده سازی در گره های حسگر می باشد. این الگوریتم، امکان ارائه سرویس های متناسب با نیازهای هرگروه ترافیکی را فراهم می آورد. در این روش، ابتدا زمانبندی دستیابی گره ها به کانال مشترک، متناسب با نیازمندی ها و اولویت ترافیک های موجود در هر گره انجام می شود. سپس، ارسال بسته ها از هر گره، در یک ساختار زمانی مبتنی بر فریمینگ صورت می گیرد. استفاده از فریمینگ زمانی نه تنها باعث کاهش بروز ازدحام در شبکه می گردد بلکه منجر به محدود شدن تأخیر ارسال بسته ها به سینک می شود. ترکیب روش به کار گرفته شده در دستیابی گره ها به کانال، به همراه الگوی ارسال مبتنی بر فریمینگ، این الگوریتم را به یک مکانیزم کارامد در حل مسأله کیفیت سرویس تبدیل می کند.

نتایج شبیه سازی های صورت گرفته در محیط OPNET نشان می دهد که این الگوریتم علاوه بر محدود کردن تأخیر گروه های مختلف ترافیکی، حدود تأخیر هر گروه را متناسب با حساسیت آن گروه ترافیکی نسبت به تأخیر قرار می دهد. به علاوه، نتایج نشان می دهد که درصد دریافت بسته های هر گروه ترافیکی متناسب با میزان اهمیت اطلاعات آنها می باشد. به نحوی که درصد دریافت ترافیک ها در سینک، متناسب با میزان حساسیت آنها نسبت به حذف بسته ها می باشد. لذا، می توان نتیجه گرفت که این الگوریتم در شرایط مناسب و متنوع ترافیکی قادر به حل مسأله ارائه کیفیت سرویس های متمایز و محدود کردن تأخیر ارسال بسته گروه های مختلف ترافیکی می باشد.

واژه های کلیدی: ۱-شبکه های حسگر، ۲-کیفیت سرویس، ۳-تأخیرهای محدود شده، ۴-ازدحام، ۵-فریمینگ زمانی.

فصل اول

مقدمه

با توجه به پیشرفت های اخیر در زمینه ساخت حسگرهای صدا و تصویر ارزان قیمت و کوچک، شبکه های حسگر بی سیم امروزه تغییر بسیار زیادی کرده اند. امروزه این شبکه ها توانایی پشتیانی از کاربردهای متنوع مبتنی بر انتقال داده مالتی مدیا را دارا می باشند. با پیدایش این کاربردهای جدید، نیازهای جدیدی هم در این شبکه ها مطرح شده است. مهمترین نیاز برای داده بلادرنگ مالتی مدیا، همانند شبکه های سیمی، ارائه کیفیت سرویس شامل تاخیر، پهنای باند و میزان تحمل پذیری در برابر از دست زفتن بسته ها می باشد. بسیاری از کاربردهای جدید نیاز دارند که در مدل شبکه های حسگر، از نقطه نظر نیاز به مکانیزم های انتقال داده مالتی مدیا با تضمین کیفیت سرویس تجدید نظر شود. از آنجایی که بیشتر تحقیقات صورت گرفته تا کنون بر روی حداقل کردن مصرف انرژی بوده، مکانیزم هایی برای انتقال بهینه کیفیت سرویس لایه کاربرد و نگاشت نیازهای آن به معیارهای لایه شبکه، مثل تأخیر و اختلال زمانی[1]، تاکنون در شبکه های حسگر کلاسیک مورد توجه نبوده است.

۱-۱ شبکه های حسگر بی سیم مالتی مدیا

پیشرفت های اخیر در طراحی و ساخت تراشه های تجاری این امکان را به وجود آورده است که عمل حسگری و پردازش سیگنال در یک تراشه انجام گیرد. به این قطعات، حسگرهای شبکه بی سیم مجتمع (WINS[2]) گفته می شود که شامل سیستم های میکروالکترومکانیکی مانند حسگرها، محرک ها و قطعات رادیویی می باشد[۲۳]. تکنولوژی

---

[1].Jitter
[2].Wireless Integrated Network Sensor (WINS)

WINS،عملیات میکروسنسوری و پردازش با انرژی کم را در یک سیستم مجتمع ترکیب می نماید. از طرفی، تکنولوژی نیمه هادی باعث به وجود آمدن پردازنده های سریع با حافظه بالا شده است.

با ارائه این پیشرفت های سخت افزاری ایده شبکه حسگرهای بی سیم مالتی مدیا (WMSNs[1])، یعنی شبکه ای از ادوات متصل بهم به صورت بی سیم که اجازه دریافت جریان های ویدئو و صدا را علاوه بر داده حسگرهای اسکالر می دهد، مطرح شده است. با توسعه و کوچک شدن سریع سخت افزار، یک دستگاه حسگر به تنهایی می تواند به بخش های جمع آوری اطلاعات صوتی و تصویری مجهز شود. به عنوان مثال، بخش دریافت و استنتاج عکس Cyclops [۲۴] برای عکس برداری، فوق العاده کم وزن طراحی شده و می تواند روی حسگرهایی مثل Crossbow's MICA یا MICAz [۲۵] نصب شود. علاوه بر توانایی دریافت داده های چند رسانه ای، شبکه های حسگر مالتی مدیا توانایی ذخیره سازی، پردازش بلادرنگ و تجمیع داده مالتی مدیای منشاء گرفته از منابع ناهمگون را نیز دارد.

شبکه های حسگر مالتی مدیای بی سیم تنها کاربردهای شبکه های حسگر موجود، مثل ردیابی، خودکار کردن خانه و نظارت کردن محیطی، را ارتقاء نمی بخشند بلکه، تعداد زیادی کاربرد جدید را نیز به ارمغان می آورند، از جمله:

- شبکه مراقبت با استفاده از حسگرهای مالتی مدیا (بخصوص علیه جرم یا حملات تروریستی)
- ذخیره سازی فعالیت ها و اتفاق هایی که می توانند در آینده به کار بیایند (مثل دزدی یا تصادف ماشین)
- سیستم های کنترل و پیشگیری از ترافیک در شهرها (مثلاً با کنترل هوشمند ترافیک خیابان ها وبزرگراه ها و تغییر زمانبندی چراغ های راهنمایی)
- نظارت کردن پیشرفته وضعیت بیماران از راه دور(مثل دمای بدن، فشار خون، ضربان قلب و غیره)
- کنترل و نظارت بر افراد سالخورده
- نظارت کردن محیط (مثل نظارت بر زیستگاه های جانوری)
- پیدا کردن مکان اشخاص (برای پیدا کردن افراد گم شده یا مجرمان)
- کنترل پردازش در صنعت (مثلا کنترل کیفیت در کارخانه ها یا اتوماتیک کردن چرخه تولید)

بسیاری از کاربردهای بالا نیاز دارند که در مدل شبکه حسگر از نقطه نظر نیاز به مکانیزم های انتقال داده مالتی مدیا با تضمین کیفیت سرویس تجدید نظر شود. از آنجایی که بیشتر تحقیقات صورت گرفته تا کنون بر روی حداقل کردن مصرف انرژی بوده، مکانیزم هایی برای انتقال بهینه کیفیت سرویس لایه کاربرد و نگاشت نیازهای آن به معیارهای لایه شبکه، مثل تأخیر و اختلال زمانی، تاکنون در شبکه های حسگر کلاسیک مورد توجه نبوده است.

---

[1].Wireless Multimedia Sensor Networks

تعداد زیادی ویژگی منحصر بفرد وجود دارد که انتقال با کیفیت سرویس داده مالتی مدیا در شبکه های حسگر را پر چالش تر می کند و نشان می دهد که هنوز جای کار بسیاری وجود دارد. این ویژگی ها عبارتند از:

- محدودیت منابع: منابع حسگرها از نظر باتری، حافظه، پردازش و نرخ داده قابل حصول محدود است.
- ظرفیت متغیر کانال: برعکس شبکه های سیمی در شبکه های بی سیم چندگانه، ظرفیت به دلیل وجود تداخل، متفاوت و در هر لینک متغیر است و این مسأله ارائه کیفیت سرویس را مشکل می کند.
- تأثیرات متقابل لایه ها[1]: در شبکه های بی سیم چند گامی، یک وابستگی قوی داخلی بین لایه ها و توابع وجود دارد که برای ارائه کیفیت سرویس نباید گذاشت این وابستگی ها بر معیارها اثر بگذارند.
- پردازش داخل شبکه ای مالتی مدیا: بیشتر راهکار های ارائه شده برای پردازش داده مالتی مدیا، پردازش را از انتقال و سایر مسایل طراحی شبکه جدا می کند و به صورت مستقل به آن می پردازد [۲۶]. ولی درحقیقت این دو مساله ازهم جدا نیستند و ارتباط آنها تاثیر زیادی بر سطح کیفیت سرویس ارائه شده می گذارد. شبکه های حسگر مالتی مدیا اجازه استفاده از الگوریتم های پردازش مالتی مدیا در داخل شبکه را می دهند و در نتیجه پردازش های مخصوص برای یک کاربرد می توانند پرورش یافته و اعمال شوند.

تعداد زیادی فاکتور وجود دارند که طراحی شبکه حسگرهای مالتی مدیای بی سیم را تحت تأثیر قرار می دهند:

۱. نیازهای کیفیت سرویس مخصوص کاربرد: کاربردهای مختلف، سطوح کیفیت سرویس متفاوتی نیاز دارند. علاوه بر حالت های انتقال معمول در شبکه های حسگر اسکالر، داده مالتی مدیا شامل دو نوع لحظه ای و جریانی نیز می شود. اولی شامل مشاهدات لحظه ای تحریک شونده با اتفاق است و دومی در مدت بیشتری از زمان، تولید می شود.

۲. نیاز به پهنای باند بالا: پهنای باند مورد نیاز برای داده مالتی مدیا چندین برابر مقدار موجود در حسگرها می باشد. مثلا نرخ ارسال اجزای استاندارد IEEE 802.15.4 مثل Crossbow's MICAz یا TelosB [۲۵]، ۲۵۰ کیلو بیت بر ثانیه است. این در حالی است که، حداقل دو برابر این مقدار برای حسگرهای مالتی مدیای انتهایی مورد نیاز است. در این رابطه، تکنولوژی UWB[2] برای شبکه حسگرهای مالتی مدیا بسیار امیدوارکننده و آینده دار است.

۳. تکنیک های کدینگ منبع مالتی مدیا: به علت محدودیت شدید پهنای باند، روش های فشرده سازی از دست دهنده[3] برای شبکه های حسگر بسیار ضروری می باشد. برای این منظور، روش های معروف به کدینگ منبع

---

[1].Cross-layer coupling
[2].Ultra Wide Band
[3].Lossy compression

توزیع شده[۵۸]، که به جای استفاده از کدکننده پیچیده و کدگشای ساده، عکس آنرا استفاده می کند، به نظر مناسب می رسند.

۴. مصرف انرژی: پروتکل های ارائه شده برای شبکه حسگرهای مالتی مدیا علاوه بر مساله محدودیت شدید انرژی باید به مسأله برآوردن کیفیت سرویس هم بپردازند.

۵. ساختار انعطاف پذیر برای پشتیبانی از کاربردهای ناهمگون

۶. پوشش مالتی مدیا: با توجه به موانع احتمالی در شبکه، شعاع و زاویه دید دوربین حسگرها، نیاز به الگوریتم های جدید برای پوشش همه شبکه می باشد.

۷. تجمیع با ساختار اینترنت: برای دسترسی از راه دور به شبکه حسگرهای مالتی مدیا، که با توجه به کاربردهای جدید این شبکه ها بسیار ضروری است، این شبکه ها باید با اینترنت تجمیع شوند تا از طریق آن بتوان اطلاعات شبکه را دریافت کرد.

۸. تجمیع با سایر تکنولوژی های بی سیم.

۹. ازدحام: این مشکل زمانی رخ می دهد که ترافیک درون شبکه و ما بین گره ها بیش از حد باشد و این امر باعث پایین آمدن بیش از حد سرعت در انتقال می گردد و به نوعی سیستم را از کار می اندازد. در این حالت، فرستنده وگیرنده ارتباط به نوعی ناهماهنگی در درخواست های ارتباطی می رسند. یعنی فرستنده با حجم زیادی از درخواست و داده، گیرنده را در بن بست قرار می دهد و برعکس.

۱۰. تداخل در امواج رادیویی: این نوع تداخل ناشی از عواملی نظیر تلفن های بی سیم و مایکروویو است. تداخل در امواج رادیویی مانع از رسیدن صحیح داده می گردد.

با مطرح شدن ایده شبکه حسگرهای مالتی مدیا و پیدا شدن کاربردهای جدید، بحث نیازهای کیفیت سرویس به بقیه مسایل موجود در شبکه های حسگر بی سیم اضافه شده است. در شبکه های حسگر مالتی مدیا، به علت وجود داده بلادرنگ نیاز است که شبکه در زمینه های مختلف بتواند سطحی از کیفیت سرویس را تضمین دهد. در واقع، ایده آل آن است که همانند شبکه های سیمی، کاربر بتواند برای سرویس مورد نیاز خود، سطح کیفیت سرویس دلخواه خود را با جزئیات مشخص کند و شبکه هم بتواند ارائه این سطح را تضمین کند. معیارهای مهم کیفیت سرویس در این شبکه ها می تواند شامل تأخیر، پهنای باند، اختلال زمانی و قابلیت اطمینان باشد. البته درست است که تا رسیدن به این ایده آل، با توجه به دشواری های خاصی که در شبکه های حسگر وجود دارد، راه درازی در پیش است، ولی به هر حال، همیشه رسیدن به ایده آل یکی از محرک های اصلی در تحقیقات می باشد.

۱-۲ تبیین مسأله پایان نامه

در یک شبکه حسگر انواع مختلفی از ترافیک شامل اطلاعات مربوط به تصاویر محلی گرفته شده توسط گره ها، اطلاعات ناشی از شناسایی رخدادها، اطلاعات مربوط به دما و فشار گاز موجود در محیط و .... می تواند منتقل شود. بنابراین، شبکه با طیف وسیعی از خصوصیات و نیازمندی های ترافیکی روبه رو می باشد. پارامترهایی چون نرخ ارسال و میزان هجوم ترافیکی[1] از خصوصیات ترافیکی هستند. تأخیر ارسال، تحمل در برابر از دست رفتن بسته ها و تحمل در برابر خطای کانال از جمله نیازمندی های ترافیکی شبکه به شمار می آیند.

به طور مثال اطلاعات ناشی از شناسایی رخداد جزء ترافیک های بلادرنگ محسوب می شود. لذا، باید با حداقل تأخیر ممکن به سینک ارسال بشود. در مورد کلیه ترافیک هایی که شبکه حمل می کند باید تا حد ممکن از دست رفتن بسته ها حداقل باشد. از آنجا که هر گره بخش کوچکی از اطلاعات محیط پیرامون خود را پوشش می دهد و مجموع این اطلاعات در سینک یک تصویر کلی از شبکه ایجاد می کند، لذا، الگوریتم کنترل ازدحام[2] باید تا حد ممکن ازمسأله از دست رفتن بسته ها جلوگیری نماید.

علاوه بر آن، اگرچه گره های حسگر قیمت کمی دارند ولی شبکه ای متشکل از صدها گره حسگر می تواند قیمت قابل توجهی را تحمیل کند. لذا، شایسته است که در مقابل هزینه صرف شده، از قابلیت های شبکه، استفاده بهینه صورت گیرد. به نحوی که شبکه قادر باشدگروه های مختلف اطلاعات دریافتی از محیط را منتقل کند و منحصر به پوشش دادن تنها یک نوع از اطلاعات نشود.

شبکه ای را در نظر بگیرید که به صورت متناوب اطلاعات دما و فشار هوای محیط را منتقل می کند. در این میان، بروز یک رویداد که حاکی از برهم خوردن شرایط عادی است محتمل می باشد. بالارفتن بیش از حد دمای یک بخش می تواند مثالی از بروز شرایط بحرانی باشد. لذا، این شبکه قادر به ارسال ترکیبی از ترافیک های مختلف می باشد. در چنین وضعیتی واضح است که اولویت بالاتر باید به اطلاعاتی داده شود که در اثر بروز شرایط غیرعادی تولید شده اند.

یک محیط جنگی را در نظر بگیرید که در آن هدف، پوشش انفجارها و آگاهی از ورود آلات جنگی به محیط است. به علاوه، گره ها به صورت متناوب نوع گازهای موجود در محیط را نیز منتقل می کنند. اطلاعات مربوط به بروز انفجار در این شبکه باید بهترین سرویس ممکن از لحاظ تأخیر و میزان درصد بسته های دریافتی در سینک را دریافت کنند. این در حالی است که، اطلاعات مربوط به ورود یک آلت جنگی می توانند تأخیر بیشتری را تحمل

---

[1].Burstiness
[2].Congestion

کنند. در پایان نیز، شبکه باید سعی کند که سرویس خوبی، هرچند بدون تضمین مشخصی، برای انتقال بسته های حاوی اطلاعات مربوط به گازهای موجود را فراهم کند.

از مثال ها به خوبی برمی آید که یک شبکه حسگر باید بتواند مسئول انتقال اطلاعات مربوط به کاربردهای گوناگون، با ویژگی های ترافیکی و اولویت های متفاوت، به سینک باشد. پس لازم است که، شبکه تفاوت در الگو و اهمیت ترافیک ها را از طریق تفاوت در سرویسی که به آنها ارائه می دهد لحاظ نماید.

در این شبکه ها بروز یک رخداد باید با حداقل تأخیر ممکن و از دست دادن بسته ها به سینک اطلاع داده شود تا در اسرع وقت واکنش لازم نسبت به آن رخداد اعمال شود. لذا، رعایت زمان سررسید[1] برای این دسته ترافیکی ضروری است. از طرفی، رخدادها نیز می توانند از نظر درجه اهمیت و اولویت با یکدیگر متفاوت باشند و تفاوت هایی از نظر سرویس های مورد نیازشان با یکدیگر داشته باشند. در مقابل، ترافیک های با اولویت پایین تر می توانند از نوع بهترین تلاش[2] تفسیر شوند. لذا، شبکه سعی می کندکه تا حد ممکن سرویس خوبی برایشان فراهم آورد.

مسأله مهم دیگر آن است که بروز رخدادها منجر به تولید تعداد بسته های زیادی در یک بازه زمانی کوتاه می شوند. بنابراین، بروز ازدحام در بخشی از شبکه که رخداد حادث شده است محتمل می باشد. ازطرفی، وجود بسته های مربوط به کاربردهای دیگر در شبکه، می تواند ازدحام ایجاد شده را تشدید کند. این ازدحام، کیفیت کانال رادیوئی آن بخش را تحت تأثیر قرار داده و منجر به بالا رفتن تأخیرها و افزایش بسته های از دست رفته آن ناحیه می شود. بنابراین، ممکن است بسته های حاوی اطلاعات مربوط به بروز رخداد نیز از دست بروند و یا با تأخیرهای غیر معقولی روبه رو بشوند. افزایش تأخیر می تواند به حدی باشد که این اطلاعات در هنگام رسیدن به سینک، دیگر فاقد ارزش باشند.

لذا در هنگام بروز شرایط بحرانی باید اولاً، از تداخل بسته های با اولویت کم با بسته های با اهمیت بیشتر جلوگیری شود و ثانیاً، روشی اعمال شود که با از دست رفتن اطلاعات با اهمیت بالا، در اثر بروز ازدحام ناشی از شناسایی رخداد، مقابله کند. باید توجه داشت که در بروز شرایط بحرانی، اگرچه دیگر اطلاعات جاری شبکه اولویت کمتری نسبت به آن رخداد دارند ولی در هر حال، این اطلاعات برای مدیریت شبکه و به دست آوردن تصویر کلی از محیط لازم هستند. لذا، الگوریتم های پیشنهادی باید به گونه ای باشند که تا حد ممکن از بروز ازدحام جلوگیری کنند. به علاوه، کیفیت سرویس ارائه شده به ترافیک های مختلف را در ازدحام های احتمالی در حد مطلوبی نگه دارند.

---

[1].Deadline
[2].Best Effort

در این پایان نامه، هدف، بیان یک الگوریتم ساده با قابلیت پیاده سازی در گره های حسگر است، که امکان ارائه سرویس های متناسب با نیازهای هرگروه ترافیکی را فراهم آورد. هدف الگوریتم زمانبندی، ارسال بسته ها در هر گره به طریقی است که بسته های هر گروه ترافیکی با یک تأخیر محدود شده در سینک دریافت شوند و تا حد ممکن از بروز ازدحام در شبکه جلوگیری بشود. این الگوریتم، همان طور که در نتایج حاصل از شبیه سازی نشان داده شده، در شرایط مختلف ترافیکی قادر است، سرویس های قابل قبولی را برای گروه های مختلف ترافیکی فراهم آورد.

۱-۳ ساختار کلی گزارش

مطالب این پایان نامه به صورت زیر نوشته شده اند: ابتدا، در فصل دوم، توضیحات مختصری در مورد شبکه های حسگر، کاربردها، ملاحظات مربوط به طراحی، معماری، ساختار و چالش های این شبکه ها پرداخته شده است. فصل سوم، به مرور و بررسی تعدادی از الگوریتم های مطرح در زمینه ارائه کیفیت سرویس در شبکه های حسگر اختصاص یافته است. در فصل چهارم، مکانیزم های مورد استفاده در ساختار الگوریتم پیشنهادی بیان گردیده است. در فصل پنجم، الگوریتم پیشنهادی که یک روش زمانبندی ارسال بر مبنای اهمیت اطلاعات موجود در گره ها است مطرح شده و به کمک شبیه سازی کارایی الگوریتم در سناریوهای مختلف یک شبکه حسگر ترکیبی بررسی شده است. در نهایت، فصل ششم به بیان نتایج و ارائه پیشنهادها اختصاص پیدا کرده است.

فصل دوم

معرفی شبکه های حسگر بی سیم

۲-۱ مقدمه

توسعه روز افزون شبکه های کامپیوتری و نیاز به دست یابی به اطلاعات ناشی از دستگاه های در حال حرکت و محیط های فاقد دستیابی فیزیکی، موجب توسعه دنیای بی سیم و موبایل شده است. از این رو، به مدد ارتباطات بی سیم، امکان ارسال داده ها و اطلاعات بدون نیاز به برقراری اتصالات فیزیکی سیمی، به مقصدهای مورد نظر در سراسر جهان فراهم شده است.

شبکه های حسگر بی سیم دسته ای از شبکه های بی سیم اقتضایی[1] هستند که گره های تشکیل دهنده ی آنها را حسگرهای کوچک و ارزان قیمت تشکیل می دهند. در حقیقت، تمایل روزافزون به داشتن محصولات کم قیمت با کارایی بالا، زمینه های لازم برای ظهور این دسته از شبکه ها را فراهم نموده است. در حال حاضر، مسائل مربوط به شبکه های حسگر بی سیم، از موضوعات جدید و با اهمیت در زمینه فناوری اطلاعات محسوب می شود، به نحوی که، دانشمندان زیادی در دانشگاه های مختلف جهان مشغول به پژوهش در مورد آنها می باشند.

شبکه های حسگر بی سیم مجموعه ای از حسگر ها هستند که در یک محیط نزدیک به هم و یا درون منطقه ای خاص قرار می گیرند. این حسگرها، اجزای کوچکی هستند که با دریافت اطلاعات از محیط، پردازش و انتقال آنها،

---

[1].Adhoc Networks

نیازهای اطلاعاتی شبکه را برآورده می سازند. در این شبکه ها، حسگرها پارامترهای مربوط به یک پدیده را در محل وقوع آن رویداد نمونه برداری می کنند[۱] و این اطلاعات را در صورت لزوم برای حسگرهای دیگر، و در نهایت، برای مشاهده گر اصلی ارسال می نمایند.در این شبکه ها، لازم نیست مشاهده گر از ساختار شبکه، حسگرها و ارتباطات بین آنها چیزی بداند زیرا که، این شبکه ها ماهیت مستقل و خودگردان دارند و بدون دخالت و مراقبت ناظر کار می کنند[۲]. قابلیت خود سازماندهی گره های حسگر این امکان را فراهم می آورد که بتوان گره ها را در یک منطقه با فواصل چندین کیلومتر بدون ناظر و مراقب مستقر نمود.

سیگنال های ارسالی از گره های حسگر، به دلیل نویز موجود در محیط، دچار تضعیف شده و این امر موجب محدودیت در برد ارتباطی گره ها می گردد. با این وجود، اگرچه که هرگره ی حسگر قابلیت محدودی برای دریافت اطلاعات محلی پیرامون خود دارد اما از طریق ارتباطات چند گامی، قادر به انجام یک فعالیت با همراهی چندین گره دیگر می باشد، که این امر می تواند موجب پردازش غیر متمرکز اطلاعات بشود.

در شبکه های حسگر، به دلیل عدم امکان تعویض حسگرها یا جبران انرژی از دست رفته آنها، مصرف انرژی در گره های حسگر عاملی محدود کننده محسوب می شود. لذا، هدایت شبکه در راستای حداقل نمودن مصرف انرژی گره ها، کاری حساس و بحرانی می باشد[۳]. از این رو، یک شبکه حسگر بی سیم باید قادر به کاهش تعداد عملیات انجام شده توسط گره های پایانی باشد. برای این منظور، به جای اینکه اطلاعات گره ها، به طور مستقیم برای گیرنده های پایانی فرستاده شوند، این سیگنال ها در گره های میانی شبکه ترکیب شده و در نهایت سیگنال حاصل از ادغام های متوالی، به گیرنده پایانی یا سینک[1] فرستاده می شود.

۲-۲ معماری شبکه های حسگر بی سیم

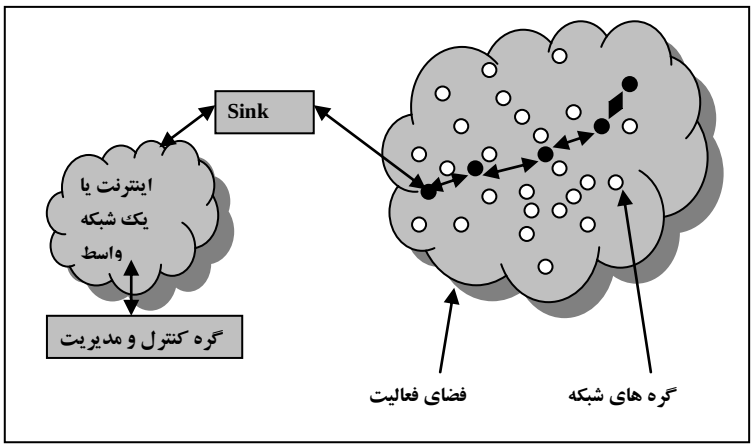
نحوه و ساختار ارتباطی یک شبکه حسگر بی سیم، در شکل ۲-۱ نشان داده شده است. همان طور که در شکل نیز مشخص است، گره ها معمولاً به تعداد بسیار زیاد و به صورت تصادفی در یک ناحیه و یا در نزدیکی یک پدیده فیزیکی خاص، برای جمع آوری اطلاعات توزیع می شوند. هرگره حسگر، دارای قابلیت پردازش محدودی می باشد. ولی وقتی یک گره به همراه دیگر گره های حسگر قرار می گیرد، مجموعه حسگر ها می توانند اطلاعات جزئی را در مورد یک موضوع خاص پردازش کرده و اطلاعات کاملی را در اختیار کاربر قرار دهند. از این رو، می توان شبکه های حسگر را به صورت مجموعه ای از گره های حسگر، که با همکاری هم یک هدف خاص را دنبال می کنند، تعریف کرد[۴].

---

[1].Sink

از آنجا که گره ها معمولاً بدون ساختار از پیش تعیین شده ای در محیط توزیع می شوند، می توان، شبکه های حسگر بی سیم را گونه ای از شبکه های اقتضائی برشمرد. گره ها، پس از قرار گرفتن در ناحیه ی مورد نظر، مسؤولیت عمل پیکربندی[1] شبکه را بر عهده خواهند گرفت.

داده های دریافت شده توسط حسگرها به وسیله یک معماری بدون سازمان چندگامی و با مسیر یابی از میان گره های میانی شبکه، به سمت گره یا گره های پایانی به نام سینک مسیریابی می شوند. واحد سینک ممکن است اطلاعات دریافتی را برای پردازش بیشتر، از طریق اینترنت و یا ماهواره به شبکه دیگری منتقل نماید. نحوه اتصال این حسگرها و شیوه مسیریابی داده ها برای رسیدن به گره های پایانی، بسیار مهم و اساسی است. چراکه مسیریابی بر عواملی چون مصرف انرژی، تأخیر ارسال شبکه، حجم داده های ارسالی و تحمل پذیری خطای شبکه، تأثیر قابل توجهی دارد[۵].



شکل۲-۱: معماری شبکه های حسگر بی سیم [۴]

در بسیاری از موارد، به دلیل حجم و تعداد بسیار زیاد حسگرها، ناحیه بندی شبکه[2] در تعدادی از الگوریتم های مسیریابی دنبال می شود، که البته این روش تأثیر فراوانی بر روی الگوریتم های مسیر یابی و سایر پارامترها مانند تأخیر شبکه دارد. بر این اساس، ناحیه هایی از گره های حسگر تشکیل می شود، تا مدیریت هر حوزه مستقلاً صورت گیرد. به علاوه، در هر حوزه گره هایی به عنوان گره مرجع محلی انتخاب می شوند. هرکدام از این گره های مرجع محلی، وظیفه نظارت بر حوزه مربوط به خود، انجام ارتباطات بین حوزه ای و ارتباط با گره پایانی را بر عهده دارند[۶]. یکی از فواید حوزه بندی شبکه های حسگر بی سیم و استفاده از مسیریابی سلسله مراتبی، توزیع عادلانه بار شبکه

---

[1].Self configuration
[2].Network Clustering