

تاثیرات بافر محدود شده MAC بر عملکرد شبکه‌های حسگر بیسیم خوشه‌ای و درختی)

نام و نام خانوادگی نویسنده اول (مرتضی پاک نیت)
آدرس پست الکترونیک نویسنده (mortezapakniyat021@gmail.com)

چکیده

برخی از برنامه‌های شبکه‌ی حسگر بی‌سیم (WSN) مثل نظاره‌گر بر بیمار، شبکه‌ی (grid) هوشمند، و نظاره‌گر وضعیت تجهیزات، نیاز دارند تا پارامترهای خاصی از WSN مثل تاخیر پروتکل مبداء-مقصد، قابلیت اطمینان و مصرف انرژی را دقیقاً تخمین بزنند. برای تخمین این پارامترها به یک مدل دقیق و سبک از WSN نیاز است که مناسب قابلیت‌های پردازش سطح پایین گره‌های حسگرها باشد. در این مقاله برای WSN‌ها مدلی بر اساس Markov را ارائه می‌دهیم که تاثیر درج بافر محدود شده در سطح MAC را بر عملکرد WSN‌ها بررسی می‌کند. ما آنالیز عملکردی گسترده‌ای را بر روی تاخیر پروتکل مبداء-مقصد، قابلیت اطمینان و مصرف انرژی انجام می‌دهیم. (با استفاده از وضعیت‌های مختلفی که ترافیک و شبکه در توپولوژی‌های ستاره‌ای و خوشه‌ای-درختی WSN‌ها دارند). به علاوه، دقت مدل خود را به وسیله‌ی اجرای شبیه‌سازی‌های گسترده در محیط‌هایی که با مدل ارزیاب همسان هستند تست می‌کنیم.

واژگان کلیدی: توپولوژی ستاره‌ای، توپولوژی درختی و خوشه‌ای، بافر سطح MAC، قابلیت تاخیر.

مقدمه

شبکه‌های حسگر بی‌سیم (WSN) به خاطر مزیت‌های منحصر به فردی که دارند (مصرف انرژی و هزینه‌ی کم، تنظیم خودکار) به شدت مورد توجه محققان قرار گرفته‌اند. با این وجود، این تکنولوژی بالقوه، در برنامه‌های زیادی مورد استفاده قرار نگرفته است. دلیل اصلی این پیاده‌سازی کند در برنامه‌های حساسی چون مراقبت بهداشتی، شبکه‌ی هوشمند، و نظاره‌گر وضعیت این است که WSNها ضمانت‌های کیفیت خدمات (QoS) سفت و سختی را ارائه نمی‌دهند. از آنجایی که توان عملیاتی متوسط این دستگاه‌های حسگر کوچک نسبتاً پایین است، ارائه‌ی ضمانت‌های QoS تبدیل به چالشی می‌شوند که نیازمند بهینه‌سازی دقیق پارامترهای شبکه‌ی حسگر است. انتخاب پارامترهای شبکه‌ی بهینه به مدل تحلیلی دقیق و عملی نیاز دارد که عواملی را در نظر می‌گیرد که کنترل‌کننده‌ی تاخیر، توان عملیاتی، و مصرف انرژی WSNهایی بر اساس IEEE 802.15.4 هستند. مدل‌های مختلف با شیوه‌های ریاضیاتی متفاوت پیشنهاد شده‌اند تا به نمایشی برسند که عملکرد WSNها را تحت شرایط ترافیکی خاصی شرح می‌دهد (T.R.Park et al, 2016). در برخی موقعیت‌ها، این مدل‌های ارزیاب بسیار پیچیده شده و برای استفاده در گره‌های حسگر منبع محدود نامناسب می‌شوند (P.Di Marco et al, 2016). از طرف دیگر، برخی از مدل‌ها تمایل دارند که از تقریب‌های خاصی استفاده کنند که باعث بی‌دقتی‌هایی در خود مدل می‌شود، (چرا که عوامل مهمی چون بافرها و الگوهای ترافیکی را در نظر نمی‌گیرند). (S. Misra et al, 2013)

روش تحقیق

در این مقاله، مدلی عملی را ارائه می‌کنیم که بی‌دقتی‌های خاص موجود در مدل‌های قبلی را در نظر می‌گیرد و مشکلاتی را بررسی می‌کند که قبلاً در این زمینه به آن‌ها پرداخته نشده است. ما، مخصوصاً، تأثیر درج یک بافر محدود شده سطح MAC را بر عملکرد WSN‌ها در نظر می‌گیریم. این مدل را برای سه توپولوژی WSN، با نام‌های ستاره و خوشه‌ای-درختی، استنتاج کرده و آنالیز عملکردی گسترده‌ای را تحت شرایط ترافیکی و شبکه‌ای دشوار اجرا می‌کنیم. به علاوه، دقت مدل خود را از طریق اجرای شبیه‌ساز متلب در محیط‌هایی که با مدل تحلیلی همخوانی دارند، تست می‌کنیم. مهمترین دستاوردهای این مقاله توسعه‌ی یک مدل عملی برای زیر لایه‌ی IEEE 802.15.4 MAC است که سرعت تولید ترافیک و تأثیر یک بافر محدود شده‌ی سطح MAC را بر تأخیر پروتکل مبداء-مقصد، قابلیت اطمینان و مصرف انرژی در نظر می‌گیرد. قسمت‌های بعدی این مقاله به صورت زیر مرتب شده‌اند. (S. Pollin et al, 2015)

مدل تحلیلی: در این بخش، مدلی ریاضی را برای توپولوژی‌های WSN ستاره‌ای و خوشه‌ای - درختی بسط می‌دهیم. در ابتدا مدل را برای توپولوژی ستاره‌ای شرح داده و سپس نحوه‌ی به کارگیری آن را برای مدل کردن یک توپولوژی خوشه‌ای - درختی توضیح می‌دهیم، و عملکردش را مطالعه می‌کنیم. باید تأکید کنیم که مدل سازی ما از فرضیه‌های زیر پیروی می‌کند:

WSN در وضعیت Beacon فعال IEEE 802.15.4 اجرا می‌شود.

بسته‌ها با سرعتی برابر λ بسته در ثانیه و با توزیع پویسن، به لایه‌ی زیرین MAC می‌رسند.

برای بهبود قابلیت اطمینان، فرض می‌شود که از بسته‌های شناسایی (ACK) استفاده می‌شود.

در توپولوژی ستاره‌ای، گره مختصات سینک است در حالی که در توپولوژی خوشه‌ای - درختی، گره ریشه سینک است.

فرض می‌شود که یک بسته مناسب پررود فریم سوپر (Super frame) است. یعنی، یک بسته بایستی در یک چرخه‌ی انتقال به مختصات منتقل شود.

توپولوژی ستاره‌ای: برای این که توپولوژی ستاره‌ای را بهتر توضیح دهیم، در ادامه تغییراتی را در مدل مقاله ایجاد کردیم. (در ادامه به آن Park می‌گوییم) ایجاد می‌کنیم تا مدل دقیق و عملی را برای WSN‌هایی با توپولوژی‌های ستاره‌ای و خوشه‌ای - درختی طراحی کنیم. در ابتدا، شرحی مختصر از تحلیل مدل سیستم Park داده و سپس تغییرات ایجاد شده را شرح می‌دهیم. (J. Misic et al, 2014)

¹ Acknowledgment Packets

^۲ گره‌ای که در پایین ترین سطح قرار گرفته است.

^۳ فرمت قاب بندی که در انتقال‌های 4D از آن استفاده می‌شود و شامل ۱۲ فریم پشت سر هم است.

Park، مدلی تک گره‌ای را بر اساس زنجیره‌ی Markov، برای یک WSN با توپولوژی ستاره‌ای، با اعمال الگوریتم CSMA-CA شیاردادار ایجاد کرد. ترافیک شبکه شناخت محور بوده و شرایط به صورت اشباع نشده فرض می‌شوند. (T.R.Park et al, 2016) زنجیره‌ی Markov سه بعدی بوده و توسط سه پروسه‌ی دقیق به نام‌های وضعیت برگشت در زمان t ($s(t)$)، وضعیت شمارنده‌ی برگشت در زمان t ($c(t)$)، و وضعیت شمارنده‌ی انتقال دوباره در زمان t ($r(t)$) شرح داده می‌شود. یک فرض مهم برای اینکه زنجیره‌ی Markov در متن WSNها قابل استفاده شود این است که گره‌ها رسانه‌ی بی سیم را به صورت مستقل دریافت کنند. مدل Markov نتیجه می‌تواند توسط سه تایی $(s(t), c(t), r(t))$ شرح داده شده و توزیع ثابت زنجیره‌ی Markov می‌تواند به صورت

$$1. \quad b_{i,k,j} = \lim_{t \rightarrow \infty} P(s(t) = i, c(t) = k, r(t) = j)$$

نوشته شود. بر اساس تمامی این فرضیات می‌توانیم زنجیره‌ی Markov را که در شکل ۱ نمایش داده شده است را ایجاد کنیم. این شکل تنها یک انتقال تکراری دقیق را که شامل بیش از m وضعیت بازگشت است نشان می‌دهد. $n-1$ تلاش مجدد باقی مانده می‌توانند مستقیماً با بررسی دقیق این تصویر درک شوند. می‌توانیم بر اساس این زنجیر، وضعیت‌هایی با فرم بسته را استخراج کنیم که کل سیستم ما را شرح می‌دهند. از آنجایی که زنجیر Markov همانند زنجیر Park است، البته به غیر از وجود بافر، اکثر اشتقاق‌های Park در اینجا قابل استفاده هستند. پارامترهای L_s ، L_{ACK} و L_c به ترتیب نمایشگر زمان‌های انتقال‌های موفق، بسته‌ی ACK، و برخورد بسته‌ها می‌باشند. σ احتمال تولید یک بسته است. به علاوه، W_0 کوچکترین پنجره‌ی بازگشت است که در استاندارد برابر $2^{macMinBE}$ در نظر گرفته شده است، m برابر $MacMax$ و n برابر $MacMaxFrameRetried$ قرار داده شده اند. در نهایت، احتمال‌های β ، α و τ و P_c به ترتیب نمایشگر مشغول یافتن $CCA1^4$ ، مشغول یافتن $CCA2^5$ ، شروع $CCA1$ ، و برخورد بسته‌ها هستند. بنابراین وضعیت Q ، وضعیت بیکاری است که برای مدل کردن ترافیک غیر اشباع استفاده شده و زمان آن برابر L_0 می‌باشد. هیچ انتقال بسته‌ای قبل از سپری شدن این زمان شروع نمی‌شود. (C. Buratti, 2011)

برای مطالعه‌ی عملکرد WSN با تغییراتی که نسبت به مدل Park به آن وارد کردیم، بر چهار عملکرد تمرکز می‌کنیم، از جمله مصرف انرژی، قابلیت اطمینان، و تاخیر پروتکل مبدا به مقصد.

مصرف انرژی: میانگین کل انرژی مصرفی در شبکه (E_{tot}) را به وسیله‌ی جمع کردن متوسط انرژی مصرف شده در طول بازگشت (E_{bo})، دریافت کانال (E_{sc})، ارسال بسته (E_t)، وضعیت بیکاری (E_Q)، بافرینگ (E_B)، و بیداری (E_D) محاسبه کردیم.

$$2. \quad E_{tot} = E_{bo} + E_{sc} + E_B + E_Q + E_D + E_t$$

هر یک از عبارات معادله‌ی ۲ می‌توانند با دانستن احتمال بودن در وضعیتی مشخص و مقدار انرژی متوسطی که در آن وضعیت مصرف می‌شود، محاسبه شوند.

^۴ CCA1 اولین کانال ارزیابی مشخص است.

^۵ CCA2 دومین کانال ارزیابی مشخص است.

قابلیت اطمینان (R): به صورت احتمال دریافت موفقیت آمیز بسته‌ها تعریف شده است.

تاخیر مبدا به مقصد: ما نیز تاخیر مبدا به مقصد را نتیجه‌ی زمان صرف شده در طول بازگشت (D_{bo})، زمان به هدر رفته به خاطر j برخورد (jL_C)، و زمان مورد نیاز برای ارسال موفق یک بسته (L_s) در نظر گرفتیم:

$$3. \quad T = L_s + jL_C + D_{bo} = (1+j) L + D_{bo}$$

توپولوژی خوشه‌ای - درختی: در این بخش، WSN‌ای را که بر اساس توپولوژی خوشه‌ای - درختی است به وسیله‌ی گسترش توپولوژی ستاره‌ای که در بالا مشتق شد، مدل می‌کنیم. یک توپولوژی درختی - خوشه‌ای WSN معمولاً در موقعیت‌هایی که به توسعه‌ی گستره‌ی ارتباطات نیاز است استفاده می‌شود. در توپولوژی خوشه‌ای - درختی، ترافیک تولید شده در منابع (گره‌ها و برگ‌های نهایی) به سمت سینک (ریشه) حرکت می‌کند، (از طریق یک سری از گره‌های میانی به نام سرهای خوشه یا رله). هر سر خوشه، به طور خاص، بسته‌هایی را دریافت می‌کند که از یک خوشه‌ی به خصوص از منابع می‌آیند. همزمان، ممکن است که سرهای خوشه به صورت گروهی از خوشه‌های سطح بالا درآیند که می‌توانند در کنار دسته‌های مشابه دیگر یا خود سینک قرار گیرند. (G. Bianchi, 2010)

با دسته بندی گره‌های پایانی و سرهای خوشه‌ای در سطوح سلسله مراتبی مختلف، می‌توان عمق شبکه‌ی خوشه‌ای - درختی را به دست آورد. مثلاً، شبکه‌ی درون تصویر ۱ یک شبکه‌ی خاص خوشه‌ای - درختی است که عمقی برابر ۳ دارد و سلسله مراتب سطوح آن به این صورت است: سطح اول دربرگیرنده‌ی ۲۰ دستگاه یا منبع پایانی است، سطح دوم از دو سر خوشه تشکیل شده و هر یک از این سرخوشه‌ها دستگاه پایانی خودش را دارد. سطح آخر دربرگیرنده‌ی سینک است. توپولوژی شرح داده شده در تصویر ۱ از چندین الگوی درخت برای انتقال داده از منبع به مقصد استفاده می‌کند. سرهای خوشه‌ها علاوه بر رله کردن بسته‌ها، آن‌ها را از گره‌های حسگری که متعلق به خوشه‌های مربوط به خود هستند جمع آوری می‌کنند، و بسته‌ها را به سرهای خوشه‌های سطوح بعدی در درخت می‌فرستند تا به سینک برسند. در حالی که مکالمات میان گره‌ها و سرهای خوشه‌های متناظرشان بر اساس رقابت است، مکالمات میان خود سرهای خوشه‌ها یا بر اساس رقابت است یا اختصاص دادن ضمانت خدماتی حداقل در تمام طول مسیری که داده رله می‌شود (یعنی استفاده از شیارهای زمانی ضمانت شده (GTSS)). هنگامی که WSN‌های خوشه‌ای - درختی را مدل می‌کنیم، از فرضیات زیر پیروی می‌کنیم: (J. Zhu et al, 2016)

-سرهای خوشه‌ها باید از طریق رقابت با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند (CSMA-CA).

-تمام سرهای خوشه‌ها در هر سطحی که باشند می‌توانند با یکدیگر ارتباط برقرار کرده و صدای هم را بشنوند (مثلاً، مشکل پنهانی در رابطه با ترمنال میان خوشه‌ها وجود ندارد).

-هر خوشه دارای تعداد محدودی از دستگاه‌های پایانی است که با یکدیگر رقابت می‌کنند تا داده را به سر خوشه برسانند.

-تمام دستگاه‌های پایانی بسته‌ها را با سرعتی یکسان تولید می‌کنند (بسته در هر ثانیه).

-ترافیک دریافت شده توسط یک سر خوشه که در سطح بالایی قرار دارد برابر مجموع ترافیک‌های سرهای خوشه‌های سطوح پایینی است.

-تمامی سرهای خوشه‌ها دارای صف‌های $M/G/1/L$ هستند؛ تفاوت بین آن‌ها در سرعت رسیدن بسته‌ها به آن‌ها است.

-همه‌ی کلاسترها با مدل Markov که در بالا شرح داده شد شکل گرفته و مدل شده‌اند.

در بررسی WSN‌هایی که بر اساس توپولوژی خوشه‌ای - دسته‌ای هستند، برای ارزیابی عملکرد بر معیارهای زیر تمرکز می‌کنیم:

کل تاخیر پروتکل مبداء به مقصد: فرض می‌شود که کل تاخیر مبداء به مقصد برای انتقال یک بسته در توپولوژی خوشه‌ای - درختی برابر مجموع تاخیرهای مبداء به مقصد در طول مسیری از گره منبع تا گره سینک است. کل تاخیر مبداء به مقصد (T_{total}) بر تعداد گره‌ها و سرعت تولید بسته‌ها در هر سطح وابسته است و مقدار آن توسط معادله‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$4. \quad T_{total} = \sum_{i=1}^{E_i} E_i$$

در این معادله T_i تاخیر مبداء به مقصد در هر سطح شبکه است (از یک گره پایانی به یک سر خوشه، از یک سر خوشه به یک سر خوشه یا از یک سر خوشه به سینک)، و J برابر تعداد سطوحی است که از گره پایانی شروع شده و تا سینک ادامه می‌یابد و تاخیر باید برای آن‌ها محاسبه شود.

قابلیت اطمینان مبداء به مقصد: قابلیت اطمینان مبداء به مقصد به صورت احتمال دریافت موفق بسته‌ها از هر گره‌ای در شبکه تا گره سینک تعریف می‌شود. این ویژگی (Re_{2e}) برابر ضرب قابلیت‌ها در طول مسیر به سوی سینک است.

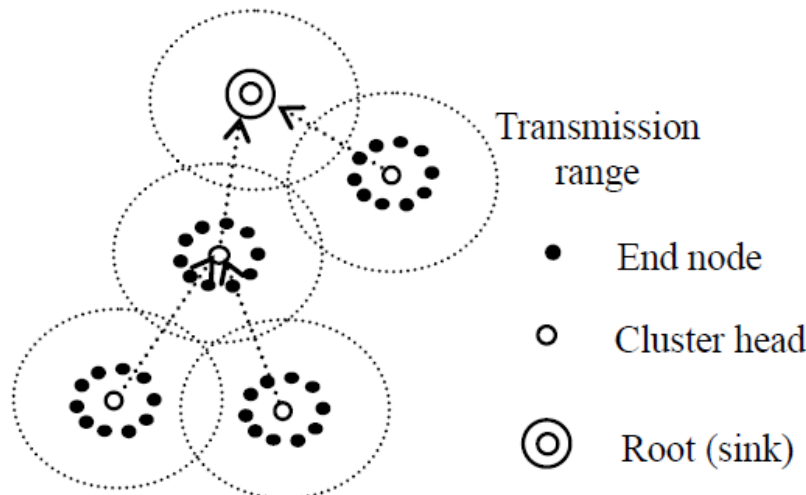
$$5. \quad Re_{2e} = \prod_{i=1}^J R_i$$

در اینجا R_i ، قابلیت اطمینان از یک گره تا یک سر خوشه، از یک سر خوشه به یک سر خوشه یا از یک سر خوشه به سینک است. (S. Busanelli et al, 2014)

مصرف انرژی: میانگین کل مصرف انرژی (E_{total}) در یک توپولوژی خوشه‌ای - درختی برابر مجموع کل مصرف انرژی در طول مسیر از سوی گره پایانی تا سینک است:

$$6. \quad E_{total} = \sum_{i=1}^{E_i} E_i$$

در این معادله، E_i متوسط انرژی مصرفی در انتقال یک بسته از گره‌ای پایانی به یک سر خوشه، از یک سر خوشه به یک سر خوشه یا از یک سر خوشه به سینک است.



شکل ۱: توپولوژی خوشه‌ای - درختی پیشنهادی

یافته‌ها

برای تایید اعتبار مدل مشتق شده در بخش ۳، از شبیه ساز متلب برای شبیه سازی یک WSN با beacon فعال شده و در توپولوژی‌های ستاره‌ای و خوشه‌ای - درختی استفاده کردیم. تمام پارامترهای شبیه ساز را مشابه محیط مدل ریاضی تنظیم کردیم. ما از تولید ترافیک پویسن بهره بردیم. تعداد گره‌ها را در ناحیه‌ای برابر $(50m * 50m)$ تغییر دادیم. فرض کردیم که تمام گره‌های حسگر در باند $3.4GHz$ و با سرعت بیتی حداکثری $300Kbps$ فعالیت می‌کنند. هر شبیه‌سازی را به مدت 300 ثانیه اجرا کرده و هر کدام را 20 بار تکرار کردیم (S. Pollin et al, 2015). تمام گره‌های درون شبکه از CSMA-CA برای دسترسی به مديوم استفاده می‌کنند. فرض کردیم که تمامی گره‌ها با انرژی و قدرت کافی منتقل می‌شوند، و این به این معنی است که تمام گره‌ها درون یک PAN یا خوشه می‌توانند یکدیگر را بشنوند (listen). علاوه بر این فرض کردیم سطح نویز در تمام شبیه‌سازی‌ها ثابت است (مثلاً عامل نویز ثابت). مکانیزم شناخت به منظور بهبود قابلیت اطمینان سیستم فعال می‌شود. فرض کرده‌ایم که انرژی مصرفی در طول وضعیت بافرینگ و همچنین وضعیت بازگشتی برابر انرژی مصرفی در طول وضعیت بیکاری است. جدول ۱ برخی از پارامترهای شبیه سازی ما را نشان می‌دهد. سایر پارامترها از سند استاندارد IEEE 802.15.4 گرفته شده است. (IEEE Std, 802.15.4, 2015). باید ذکر کنیم که شبیه‌سازی‌هایی که برای توپولوژی ستاره‌ای به کار بردیم شباهت‌های زیادی را با ویژگی‌های مدل تحلیلی ما نشان داده است. معیارهایی که برای اندازه‌گیری عملکرد در آنجا مطالعه شدند شامل مصرف انرژی، تاخیر مبداء به مقصد، و قابلیت اطمینان بودند. با این وجود، به علت محدودیت حجم این مقاله، نتایج حاصله برای توپولوژی ستاره را نمایش می‌دهیم. از آنجایی که برای مطالعه و بررسی توپولوژی خوشه‌ای - درختی به مدل تحلیلی یکسانی وابسته هستیم، انتشار نتایج مربوط به این آزمایش (شبیه سازی توپولوژی خوشه‌ای - درختی) برای نمایش نتایج دقیق حاصله کافی است. (M. Di Francesco et al, 2011)

پارامترهای شبیه سازی

جدول ۱: برخی از پارامترهای شبیه سازی

پارامتر	مقدار
(dBm) قدرت انتقال	۵,۵
(dB) عامل نویز	۲۰,۰
(Byte) اندازه ی بسته	۱۳۰
Beacon ترتیب	۳
super frame ترتیب	۳
آیتم های ارسالی	۲۰۰
فاصله میان آیتم های ارسالی	۲
(mW) میانگین مصرف انرژی در وضعیت "بیکاری - شنیدن"	۰,۱۰
(mW) میانگین مصرف انرژی در "دریافت کانال"	۵۰
(mW) میانگین مصرف انرژی در وضعیت "ارسال"	۴۰
(mW) میانگین مصرف انرژی در وضعیت "دریافت"	۴۰

شکل ۲ تاخیر مبداء به مقصد را به صورت تابعی از سرعت دریافت بسته (λ) برای ساینزهای مختلف بافر MAC نشان می دهد. این تاخیر از دستگاه های پایانی اندازه گیری می شوند (گره های برگ) که بیشتری عمق را از گره سینک (ریشه) دارند. می توان مشاهده کرد که با افزایش λ ، تاخیر مبداء به مقصد نیز به مقدار کمی افزایش می یابد، سپس تاخیر به مرحله ی اشباع می رسد چرا که تعداد حداکثر برخورد ها برابر سرعت بالای تولید بسته شده است. برای بافری به اندازه ی 512B، افزایش تاخیر مبداء به مقصد از طریق افزایش λ ، در مقایسه با زمانی که ساینز بافر برابر 2kB و 1kB است بیشتر به چشم می آید. S. Pollin et al, (2015) دلیل این اتفاق این است که وقتی بافرهای MAC اندازه ی بزرگتری دارند، گره ها تمایل دارند تا بسته های دریافتی را قبل از ارسال بافر کنند، و در نتیجه گرادیان تاخیر نسبت به λ افزایش می یابد. علت این است که با افزایش اندازه ی بافر، رقابت



چهارمین کنفرانس ملی
فناوری اطلاعات، کامپیوتر و مخابرات

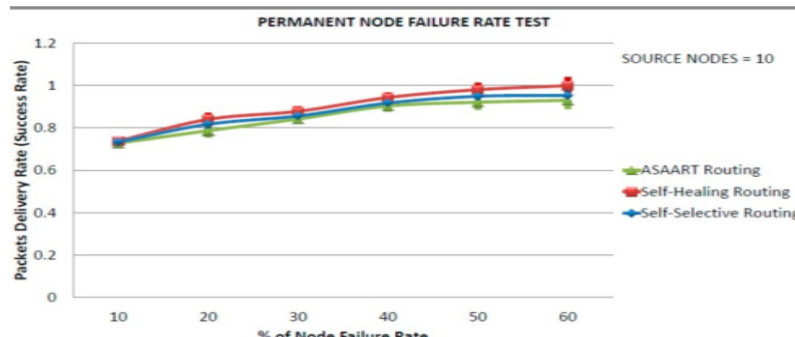
4th National Conference On Information Technology, Computer & Telecommunication

July 13 2017

۲۲ تیر ۱۳۹۶

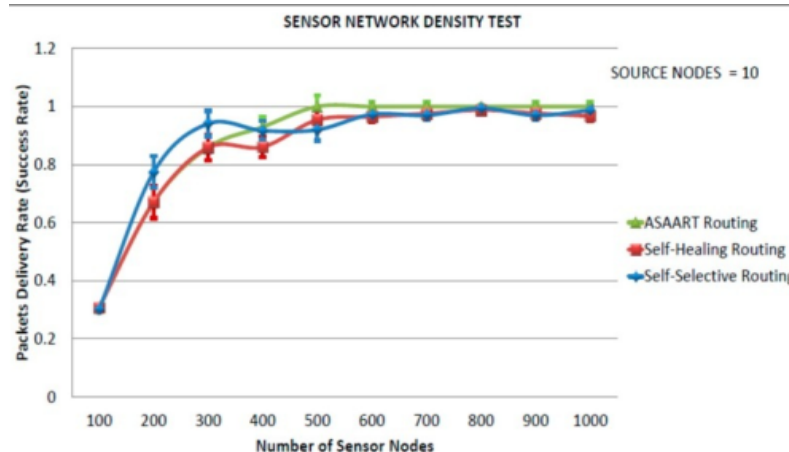


میان گره‌ها کم می شود، که این باعث برخورد کمتر و در نتیجه کاهش تاخیر می شود. هماهنگی مطلوبی میان شبیه سازی ها و نتایج تحلیلی برای تمام ساینزهای بافر وجود دارد (M. Di Francesco et al, 2011).



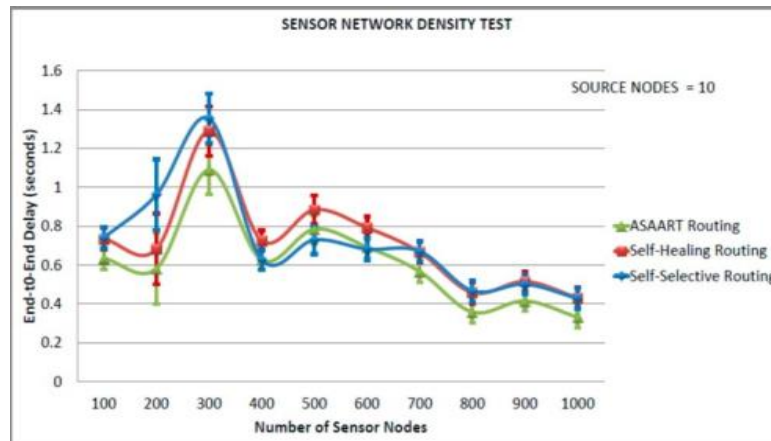
شکل ۲: تاخیر مبداء به مقصد در توپولوژی خوشه‌ای - درختی

شکل ۳ قابلیت اطمینان را به صورت تابعی از سرعت دریافت بسته‌ها برای اندازه‌های مختلف بافر نشان می‌دهد. قابلیت اطمینان به صورت کل قابلیت اطمینان از دستگاه‌های پایانی تا سینک محاسبه می‌شود. (S. Pollin et al, 2015) مشاهده می‌شود که با افزایش بافر MAC، مجموع قابلیت اطمینان مبداء به مقصد افزایش می‌یابد. این ویژگی بافرهایی است که رقابت را کاهش داده و از این طریق باعث کاهش برخوردها می‌شوند. نتیجه، افزایش قابلیت اطمینان است. همچنین مشاهده شده است که با افزایش سرعت تولید بسته‌ها، به علت تعداد برخوردهای بیشتر و سپس رسیدن به مرحله‌ی اشباع (به این دلیل که احتمال برخورد حداکثر برای این WSN رخ داده است) قابلیت اطمینان کاهش می‌یابد (S. Pollin et al, 2015).



شکل ۳: کل انرژی مصرف شده در یک توپولوژی خوشه‌ای - درختی

شکل ۴، کل انرژی مصرفی یک گرهی تنها را در شبکه‌ی خوشه‌ای - درختی نشان می‌دهد. مصرف انرژی به وسیله‌ی اضافه کردن کل انرژی مصرفی برای انتقال بسته‌های داده از یک گره پایانی به سینک محاسبه می‌شود. بنابراین مصرف انرژی به تعداد تاخیرها میان گره پایانی و سینک وابسته است. (J. Zhu et al, 2016) می‌توان دید که کل انرژی مصرفی با افزایش اندازه‌ی بافر MAC کاهش می‌یابد. این کاهش در مصرف انرژی به این دلیل رخ می‌دهد که گره‌ها به علت تجربه‌ی برخوردهای کمتر انتقال‌های مجدد کمتری را نیز تجربه می‌کنند. کاهش مصرف انرژی، همانطور که قبلاً ذکر شد، یکی از اصلی‌ترین اهداف طراحی در تکنیک‌های WSNها است.



شکل ۴: کل انرژی مصرف شده در یک توپولوژی خوشه‌ای - درختی

بحث و نتیجه‌گیری

این مقاله، مدلی تحلیلی را برای زیرلایه‌ی MAC استاندارد IEEE 802.15.4 ارائه داد. این مدل هر دو توپولوژی ستاره محور و خوشه‌ای - درختی WSN را مورد توجه قرار داد. ما از سرعت تولید ترافیک حقیقی به جای یک مدت زمان از قبل تعریف شده وضعیت بیکاری استفاده کردیم تا عملکرد کلی را از نظر تأخیر مبداء به مقصد، قابلیت اطمینان و مصرف انرژی مورد مطالعه قرار دهیم. همچنین، تأثیر استفاده از بافرهای محدود سطح MAC را بر عملکرد WSN بررسی کردیم. ما مدل خود را اعتبار سنجی کرده و با استفاده از شبیه‌سازی متلب عملکردها را تک تک با پارامترهای جدید و متغیر ارزیابی کردیم. نتایج ما با نتایج شبیه‌سازی‌ها برای تعداد مختلف گره‌ها که در ترافیک سرعت تولیدی مختلف عمل می‌کنند مطابقت دارد. (G. Bianchi, 2010) این نتایج، دقت مدل ما را در ۳ محیط مختلف نشان می‌دهد. از طریق مطالعات تحلیلی و شبیه‌سازی نشان می‌دهیم که معرفی یک بافر محدود MAC تأثیری شگرف بر عملکرد شبکه دارد. به عنوان فعالیت در آینده، قصد داریم تا عملکرد مدل تحلیلی خود را با ۷ جریان ترافیک جهت دار و غیر جهت دار و همچنین شبکه‌های ATM مورد بررسی قرار دهیم.



– منابع:

- [1] T.R. Park, T.H. Kim, J.Y. Choi, S. Choi, W.H. Kwon, “Throughput and Energy Consumption Analysis of IEEE 802.15.4 Slotted CSMA/CA”, Electronics Letters, Vol. 41, Issue. 18, pp. 1017 – 1019, 1 Sept. 2016.
- [2] P. Park, P. Di Marco, P. Soldati, C. Fischione, K.H. Johansson, “A Generalized Markov Chain Model for Effective Analysis of Slotted IEEE 802.15.4” in the Proc. of Mobile Adhoc and Sensor Systems, MASS '09, pp. 130 – 139, 17 November 2016, Macau, China.
- [3] S. Misra, P.D. Thomasinos, A simple, least-time and energy-efficient routing protocol with one-level data aggregation for wireless sensor networks, The Journal of Systems and Software 83 (2013) 852–860.
- [4] S. Pollin, M. Ergen, S. C. Ergen, B. Bougard, L. Van der Perre, I. Moerman, A. Bahai, P. Varaiya, F. Catthoor, “Performance Analysis of Slotted Carrier Sense IEEE 802.15.4 Medium Access Layer”, IEEE Transactions on Wireless Communications, Vol. 7, No. 9, pp. 3359- 3371, September 2015.
- [5] J. Mistic, S. Shafi, V B. Mistic, “Performance of a Beacon Enabled IEEE 802.15.4 Cluster with Downlink and Uplink Traffic”, IEEE Transactions On Parallel And Distributed Systems, Vol. 17, No. 4, pp. 360-376, April 2014.
- [6] C. Buratti, “Performance Analysis of IEEE 802.15.4 Beacon-Enabled Mode”, in IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 59, no. 4, pp. 2031 - 2045 , May 2011.
- [7] G. Bianchi, “Performance Analysis of the IEEE 802.11 Distributed Coordination Function”, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 18, no. 3, pp. 535-574, March 2010.
- [8] J. Zhu · Z. Tao · C. Lv, “Performance Evaluation of IEEE 802.15.4 CSMA/CA Scheme Adopting a Modified LIB Model”, Wireless Personal Communications Journal, Vol. 65, N. 1, pp. 25-51, 30 January 20116.
- [9] S. Busanelli, M. Martalò, G. Ferrari, “ Markov Chain-based Optimization of Multihop IEEE802.15.4 Wireless Sensor Networks”, Proceedings of the Fourth International ICST Conference on Performance Evaluation Methodologies and Tools, 2014, Brussels, Belgium.
- [10] M. Di Francesco, G. Anastasi, M. Conti, S.K. Das, V. Neri, “Reliability and Energy-Efficiency in IEEE 802.15.4/ZigBee Sensor Networks: An Adaptive and Cross-Layer Approach”, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 29, no. 8, pp. 1508 – 1524, September 2011.
- [11] IEEE Std 802.15.4-2006 (Revision of IEEE Std 802.15.4-2003), online.