

# بافر محدود MAC چه تاثیری در شبکه های حسگر بیسیم خوشه ای دارد؟ (نسخه PDF)

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 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.

## ۱. مقدمه

شبکه‌های حسگر بی‌سیم (WSN) به خاطر ویژگی‌ها و مزیت‌های منحصر به فردی که دارند، (مصرف انرژی کم، 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 کنترل کننده‌ی تاخیر، توان عملیاتی، و مصرف انرژی WSNهایی بر اساس IEEE ۸۰۲.۱۵.۴ هستند.

مدل‌های مختلف با شیوه‌های ریاضیاتی متفاوت پیشنهاد شده‌اند، تا به نمایشی برسند که عملکرد WSNها را تحت شرایط ترافیکی خاصی شرح می‌دهد [۱-۵]. در برخی موقعیت‌ها، این مدل‌های ارزیاب بسیار پیچیده شده و برای استفاده در گره‌های حسگر منبع محدود نامناسب می‌شوند [۳-۵]. 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).

## ۳. 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 تاکید کنیم که مدل ساری ما از فرضیه‌های زیر پیروی می‌کند:

- WSN در وضعیت beacon فعال IEEE ۸۰۲.۱۵.۴ اجرا می‌شود.
- بسته‌ها با سرعتی برابر ۸ 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 پیرو فریم سوپر (superframe) است. یعنی، یک بسته بایستی در یک چرخه‌ی انتقال به مختصات منتقل شود.
- تمامی گره‌ها دارای صف MGI/L هستند و فرض می‌شود که بافر هر گره از نوع FIFO و بدون اولویت جریان باشد. علاوه بر این، زمان پردازش بسته در بافر قابل چشم‌پوشی است.

## توپولوژی ستاره‌ای

در این بخش، تغییراتی را در مدل مقاله (در ادامه‌ی به آن مدل 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.

Park، مدلی تک گره‌ای را بر اساس زنجیره‌ی Markov، برای یک WSN با توپولوژی ستاره‌ای، با اعمال الگوریتم CSMA-CA شیاردار ایجاد کرد. ترافیک شبکه شناخت محور بوده و شرایط به صورت اشباع نشده فرض می‌شوند. زنجیره‌ی Markov سه بعدی بوده و توسط سه پروسه‌ی تصادفی به نام‌های وضعیت برگشت در زمان  $s(t)$ ، وضعیت شمارنده‌ی برگشت در زمان  $c(t)$ ، و وضعیت شمارنده‌ی انتقال دوباره در زمان  $r(t)$  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

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

نوشته شود که در آن  $i \in \{0, 1, \dots, m\}$  است. 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، تاثیر درج یک بافر محدود سطح MAC را بر عملکرد WSNها در نظر می‌گیریم. این مدل را برای دو 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 شبیه‌سازی‌ها در محیط‌هایی که با مدل تحلیلی همخوانی دارند، تست می‌کنیم. مهمترین دستاوردهای این مقاله توسعه‌ی یک مدل عملی برای زیر لایه‌ی MAC IEEE 802.15.4 است که سرعت تولید ترافیک و تاثیر یک بافر محدود سطح MAC را بر تاخیر پروتکل مبداء-مقصد، قابلیت اطمینان و مصرف انرژی در نظر می‌گیرد.

مرتضی پاک نیت

موفق باشید.

مطلب اصلی