

کنترل نرخ بهینه شده برای کنترل ازدحام و بهبود قابلیت اعتماد در شبکه‌های حسگر بی سیم با کاربرد مراقبت پزشکی

عباسعلی رضائی*^۱، محمدحسین یغمایی مقدم^۲، امیرمسعود رحمانی^۳

^۱دانشگاه پیام نور، دانشکده مهندسی، گروه کامپیوتر و فن آوری اطلاعات، تهران، ایران

^۲دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد، گروه کامپیوتر، مشهد، تهران

^۳دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه کامپیوتر، تهران، ایران

چکیده:

پیشرفت‌های اخیر در فناوری شبکه‌های حسگر بی سیم، توسعه سیستم‌های مراقبت پزشکی راه دور را ساده‌تر کرده و هزینه‌های مراقبت پزشکی از راه دور را برای بیماران و افراد مسن ارزانتر کرده است. یکی از چالش‌های اصلی در شبکه‌های حسگر بی سیم، وجود ازدحام در این شبکه‌هاست که باعث اتلاف انرژی در گره‌های حسگر با باتری محدود شده و نرخ گم شدن بسته‌ها را بالا می‌برد. این امر در کاربردهای مراقبت پزشکی مانند اورژانس دارویی یا اعلام علائم حیاتی بیماران از راه دور اهمیت و حساسیت بالایی دارد. در چنین شرایطی باید بتوان حتی الامکان از وقوع ازدحام جلوگیری کرد و در صورت افزایش ترافیک و وقوع ازدحام آن را کنترل کرد. در این مقاله یک قرارداد کنترل نرخ بهینه شده برای کاربردهای مراقبت پزشکی ارائه شده است که می‌تواند قابلیت اعتماد را بالا ببرد. در قرارداد پیشنهادی با روش چند مسیری و تغییر مسیر در شرایط مورد نیاز ابتدا سعی در جلوگیری از ازدحام دارد؛ اما در صورت ارسال همزمان چندین فرستنده و وقوع ازدحام با الگوریتم کنترل ازدحام بهینه شده، ازدحام را کاهش می‌دهد و با کاهش اتلاف بسته در شبکه قابلیت اعتماد را بالا می‌برد. ما کارایی روش پیشنهادی را با شبیه ساز OPNET بررسی کرده‌ایم. نتایج حاصل از شبیه سازی نشان می‌دهد که روش پیشنهادی به اهداف خود از قبیل کاهش مصرف انرژی، افزایش عدالت در مصرف انرژی و کاهش تأخیر برسد.

واژه‌های کلیدی:

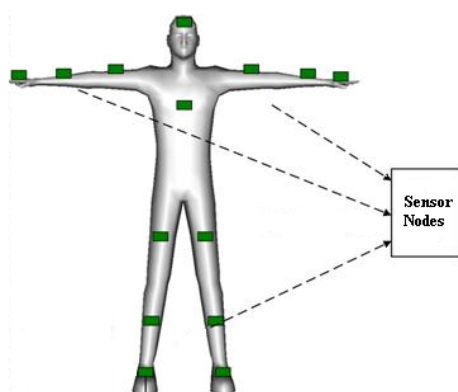
شبکه‌های حسگر بی سیم، کاربرد مراقبت پزشکی، کنترل ازدحام، قرارداد مسیریابی، بهینه سازی، قابلیت اعتماد

*عهده‌دار مکاتبات

دانشگاه پیام نور، دانشکده مهندسی، گروه کامپیوتر و فن آوری اطلاعات، تهران، ایران

پست الکترونیکی: aa.rezaee@srbiau.ac.ir

همچنین بیماران می‌توانند در حال حرکت و یا ثابت باشند که البته در این مقاله ثابت فرض می‌شوند.



شکل (۱): حسگرهای مختلف روی بدن بیمار

در کاربردهای پزشکی داده‌ها معمولاً به صورت متناوب و در بازه‌های زمانی مشخص به چاهک داده می‌شوند. اگر در این بین رخداد مهمی اتفاق بیفتد، گره حسگری که رخداد مربوطه را تشخیص داده، باید آن را طی یک پیام اخطار به چاهک اطلاع دهد. این اطلاعات می‌تواند شامل زمان وقوع رخداد و میزان اهمیت داده آن باشد. البته حسگرهای به کار رفته در پزشکی، انواع مختلفی دارند و داده‌های متنوعی را منتقل می‌کنند. ممکن است سطح اهمیت این داده‌ها متفاوت باشد و در نتیجه، شبکه حسگر مجبور باشد برای ارسال داده‌های با اهمیت بیشتر منابع بیشتری را هزینه کند. از طرفی به دلیل اهمیت بالا تنظیم نرخ برای این نوع داده‌ها در نظر گرفته نمی‌شود. در برخی شرایط نیز نیاز به قابلیت اعتماد بالا برای آنها وجود دارد؛ از این رو طبیعت ترافیک‌های با اولویت بالا به صورت انفجاری و غیر قابل پیش بینی می‌باشد. در شرایطی که شبکه حسگر پزشکی ناهمگن باشد، ممکن است به یک بیمار انواع مختلفی از حسگرها متصل شود: حسگرهای حرکتی، صوتی، تصویری و غیره. با توجه به اینکه اولویت ترافیک‌های تولید شده توسط این حسگرها متفاوت است، لذا بهتر است از معماری سرویس‌های جدا شده DiffServ [5-7] در این

پیشرفت‌های تکنولوژی اخیر در حسگرهای بی سیم با مدارات مجتمع کم توان باعث شده تا بتوان نمونه‌هایی از گره‌های حسگر فیزیولوژیکی با هزینه کم و اندازه کوچک ساخت و در بدن انسان به کار برد. این امکان اجازه می‌دهد تا بتوان بر سلامتی انسانها از راه دور به طور پیوسته نظارت کرد. از اینرو کاربرد شبکه‌های حسگر در محیطهای پزشکی، فرصت منحصر به فردی به وجود می‌آورد تا مراقبتهای پزشکی خارج از کلینیکهای تخصصی با نصب حسگرهایی روی بدن بیماران نیز قابل انجام باشد. در صورتیکه تغییر ناگهانی در سیستم علائم حیاتی بیمار مشاهده شود، حسگرها به طور اتوماتیک با ارسال سیگنال‌های مناسب به مرکز پزشکی ناظر، وضعیت را گزارش می‌کند و مرکز می‌تواند در جهت بهبود وضعیت بیمار اقدامات لازم را در کمترین زمان و با هزینه کم انجام دهد. این امر خود باعث استفاده بهینه از فضای کلینیک‌ها می‌شود [1-3].

یک شبکه حسگر بی سیم با کاربرد مراقبت پزشکی (HWSN) مجموعه‌ای از حسگرها هستند که روی بدن بیماران و افراد مسن نصب می‌شوند. در شکل (۱) حسگرهای مختلف نصب شده روی بدن بیمار نشان داده شده‌اند. این حسگرها ممکن است اطلاعات حساس (علائم حیاتی از قبیل نرخ ضربان قلب و وضعیت تنفس) و یا غیر حساس (علائم حرکتی مانند حسگرهای متصل به پا) را گزارش کنند [4]. این اطلاعات از طریق گره‌های همسایه به چاهک (مرکز پزشکی) ارسال می‌گردد. داده‌های حساس نیاز به تأخیر کم داشته و نرخ اتلاف بسته در آن باید کم باشد؛ در حالیکه داده‌های غیر حساس می‌توانند تأخیر بیشتر و نرخ اتلاف بسته بیشتری را تحمل کنند. بدین ترتیب HWSN می‌تواند انواع کلاسهای ترافیکی را پشتیبانی نماید.

شبکه‌ها استفاده نمود. و برای هر کلاس ترافیکی یک اولویت مشخص کرد.

عبور بسته‌های اطلاعاتی از حسگرها به چاهک مسائل مختلفی را در لایه‌های شبکه در بر می‌گیرد و تا کنون مطالعات زیادی در زمینه لایه‌های شبکه در حسگر بی‌سیم انجام شده است [8,9]. در طبیعت مبتنی بر رخداد شبکه‌های حسگر، بار شبکه در کاربردهایی مانند مراقبت پزشکی غیر قابل پیش بینی است. در صورتی که حال عمومی همه بیماران خوب باشد، بار شبکه کم است؛ ولی اگر در یک لحظه وضعیت چندین بیمار حاد شود (ضربان قلبش بالا رود، دچار حمله قلبی شود و یا میزان قند خون آنها از حد نرمال بیشتر شود)، ترافیک شبکه به طور ناخواسته افزایش می‌یابد. در این افزایش ترافیک اگر نرخ ورودی بیشتر از نرخ سرویس دهی شود، می‌تواند منجر به وقوع ازدحام در شبکه گردد.

در هر حال اگر در شبکه ازدحام رخ دهد، نرخ اتلاف بسته در گره‌ها افزایش می‌یابد و این اتلاف انرژی را بالا برده و کارایی شبکه را کاهش می‌دهد. در کاربردهای حساسی مانند مراقبت پزشکی که گاه از بین رفتن یک بسته مربوط به علائم حیاتی فرد ممکن است منجر به مرگ یک بیمار شود، ازدحام غیر قابل قبول است. البته باید توجه داشت که نمی‌توان ازدحام را به صورت قطعی از بین برد؛ اما می‌توان با تمهیداتی از وقوع آن تا حدودی جلوگیری کرد و حتی در صورت وقوع آن را کنترل نمود.

هدف اصلی قرارداد پیشنهادی در درجه اول اجتناب از ازدحام با ایجاد مسیرهای چندگانه بوده و در صورت بالا بودن نرخ ارسال داده‌ها و وقوع ازدحام، کنترل ازدحام با یک روش بهینه شده می‌باشد. با این کار علاوه بر مدیریت ازدحام، قابلیت اعتماد شبکه نیز بالا می‌رود.

مدل پیشنهادی از سه نوع کلاس ترافیکی پشتیبانی می‌کند: کلاس ترافیکی با اولویت بالا برای داده‌های حساس، کلاس ترافیکی با اولویت پایین برای داده‌های غیر حساس و کلاس ترافیکی با اولویت تنظیم شده برای داده‌های کنترلی. برای هر کلاس ترافیکی یک اولویت متفاوت در نظر گرفته می‌شود. به دلیل اینکه تضمین تأخیر کم و قابلیت اعتماد بالا برای ترافیک حساس بسیار مهم است، مدل پیشنهادی تأخیر کم را برای این نوع ترافیک در یک صف مجزا تضمین می‌کند و با سریع رسیدن این نوع بسته‌ها احتمال از بین رفتن آن‌ها در مسیر کاهش و قابلیت اعتماد قرارداد پیشنهادی برای ترافیک‌های حساس بالا می‌رود.

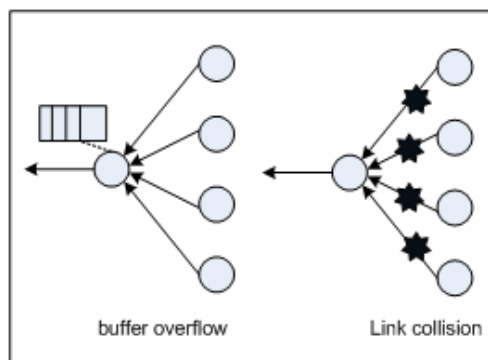
ادامه این مقاله به صورت ذیل می‌باشد. در بخش ۲ کنترل ازدحام در شبکه‌های حسگر بی‌سیم و کارهای مرتبط توضیح داده می‌شوند. بخش ۳ روش اجتناب از ازدحام و کنترل ازدحام پیشنهادی را معرفی می‌کند. در بخش ۴ با شبیه‌سازی کامپیوتری، کارایی مدل پیشنهادی را ارزیابی می‌کنیم و در بخش ۵ نتیجه مقاله آورده می‌شود.

۲- کارهای مرتبط

ازدحام، یکی از مشکلات بزرگ در شبکه‌های حسگر بی‌سیم می‌باشد؛ چرا که نه تنها به دلیل اتلاف بسته و ارسال‌های مجدد مصرف انرژی را بالا می‌برد؛ بلکه قابلیت اعتماد را در ارسال داده‌های با اهمیت بالا دچار خدشه می‌کند. ازدحام در شبکه‌های حسگر و HWSN در مصرف انرژی و کیفیت خدمات تأثیر مستقیمی دارد. امروزه کارهای زیادی در زمینه حل مشکل ازدحام انجام شده است [7,10].

دو نوع ازدحام ممکن است در شبکه رخ دهد [11]. ازدحام در سطح گره که در شبکه‌های معمولی رایج بوده و

در اثر سرریز بافر در گره رخ داده و منجر به اتلاف بسته و افزایش تأخیر صف می‌شود. اتلاف بسته نیز منجر به ارسال مجدد و اتلاف انرژی در شبکه می‌گردد. البته احتمال این نوع ازدحام معمولاً در گره‌های نزدیک به چاهک بیشتر است. در شبکه‌های حسگر بی سیم که کانال‌های بی سیم بین چندین نفر با قراردادهایی مانند CSMA به اشتراک گذاشته می‌شوند، احتمال برخورد در حین تخصیص کانال توسط چندین گره فرستنده به صورت همزمان وجود دارد که منجر به ازدحام در سطح لینک می‌گردد. این نوع ازدحام زمان سرویس دهی بسته را افزایش داده، بهره وری کانال و قابلیت گذردهی شبکه کلی شبکه را پایین آورده و مصرف انرژی را در گره‌های شبکه بالا می‌برد.



شکل (۲): عوامل ازدحام در شبکه‌های حسگر بی سیم

کنترل ازدحام عموماً از وظایف لایه انتقال بوده و معمولاً به صورت انتها به انتها و یا پرش به پرش انجام می‌شود [12]. برای کنترل ازدحام، تاکنون قراردادهای مختلفی ارائه شده‌اند؛ اما همه قراردادهای معمولاً در سه مرحله انجام می‌شوند: تشخیص ازدحام، اعلام ازدحام و تنظیم نرخ. برای تشخیص ازدحام روش‌های گوناگونی وجود دارد: استفاده از طول صف در روش Fusion و [14]، [13] CODA، زمان سرویس بسته در روش CCF [11]، نسبت بین زمان سرویس دهی و زمان ورود بسته‌ها در گره‌های میانی

در روش PCCP [15] و یا حتی استفاده از بار کانال در لایه [14] MACCODA، البته قرارداد Siphon [16] نیز از روش CODA برای تشخیص استفاده می‌کند، اما کاربرد مورد نظر را در چاهک نیز بررسی می‌کند. بعد از تشخیص ازدحام قراردادهای انتقال می‌بایست اطلاعات مربوط به ازدحام را از گره میانی؛ یعنی جایی که ازدحام رخ داده به گره مبدأ یا به گره چاهک منتقل نمایند. اعلام ازدحام می‌تواند به صورت یک بیت [13,14,17] CN یا اطلاعات بیشتری از قبیل نرخ داده مجاز [11] و یا درجه ازدحام [15] باشد. بعد از دریافت پیام اعلام ازدحام در فرستنده، مرحله تنظیم نرخ انجام می‌شود. اگر بیت اعلام ازدحام دریافت شد، روش رایج تنظیم نرخ AIMD و یا روش‌های دیگری معمولاً انجام می‌شود. در صورتیکه اطلاعات ازدحام بیشتری در پیام اعلام ازدحام ارسال شود، تنظیم نرخ می‌تواند با دقت بهتری انجام بگیرد [11,15].

یکی از قراردادهای مهم در کنترل ازدحام CCF [11] می‌باشد. اما این روش دو مشکل عمده دارد که در [15] بیان شده است. تنظیم نرخ این روش تنها بر زمان سرویس دهی مبتنی است که اگر برخی از گره‌ها داده کافی نداشته باشند، بهره‌وری پهنای باند آن کم می‌شود. علاوه، پهنای باند باقی‌مانده را نمی‌تواند به خوبی در شبکه تخصیص داده و زمانیکه برخی از گره‌ها داده‌ای برای ارسال نداشته باشند، کارایی آن پایین می‌آید.

علاوه بر قراردادهای فوق، برای جلوگیری از ازدحام در کاربردهای مراقبت پزشکی قرارداد، [18] LACAS ارائه شده که از اتوماتای یادگیر استفاده می‌کند. یکی از ویژگی‌های مهم این قرارداد یادگیری از گذشته و بهبود کارایی با گذشت زمان می‌باشد.

در قرارداد ESRT [17] با نظارت بیت ازدحام در سر آیند بسته، گره نرخ مشترکی را برای همه حسگرها به دست

می‌آورد تا ائتلاف بسته حداقل شود. این روش از عدالت پشتیبانی می‌کند، اما همه حسگرها نمی‌توانند در شرایط ازدحام با بدترین نرخ خود را وفق دهند. در این روش یک الگوی کنترل ازدحام با قابلیت تخصیص عادلانه پهنای باند پیشنهاد شده است. یکی از مشکلات این روش این است که تعداد جریان‌های فعال و پهنای باند قابل دسترس با زمان تغییر کرده و نمی‌توان نرخ را ثابت فرض کرد و باید به طور مداوم پهنای باند عادلانه محاسبه شود.

۳- قرارداد پیشنهادی

قرارداد پیشنهادی برای کنترل ازدحام در شبکه‌های حسگر بی سیم با کاربرد مراقبت پزشکی ارائه شده است. هدف اصلی این قرارداد در درجه اول، جلوگیری از ازدحام و در صورت افزایش بار ترافیکی و وقوع ازدحام، کنترل ازدحام می‌باشد. قرارداد پیشنهادی در مرحله اول از مسیریابی مشابه روش‌هایی مانند REEP[19] و DD[20] با چندین فاز استفاده می‌کند که در [21] نیز به آن پرداخته شده است. این قرارداد همچنین پارامترهایی مانند تأخیر، انرژی، طول عمر شبکه، قابلیت اعتماد و عدالت را در نظر می‌گیرد. پارامتر تأخیر در کاربرد حساسی مانند مراقبت پزشکی بسیار مهم می‌باشد؛ چرا که دیر رسیدن بسته‌های حساس مربوط به علائم حیاتی ممکن است منجر به خطرات جانی برای یک بیمار با وضعیت حاد شود. هر چه انرژی عادلانه‌تر توزیع شود، مصرف انرژی هر گره به نسبت کمتر شده و طول عمر شبکه افزایش می‌یابد. روش پیشنهادی از دو نوع ترافیک استفاده می‌کند: ترافیک حساس و غیر حساس. ترافیک حساس برای انتقال داده‌هایی با اولویت بالا که تأخیر کمی نیاز دارند و ترافیک غیر حساس برای انتقال داده‌های معمولی به کار می‌رود.

فازهای قرارداد پیشنهادی عبارتند از:

۱- ارسال درخواست توسط چاهک

۲- گزارش رخداد واقعه در حسگر متصل به بیمار توسط بسته‌هایی از بیمار به مرکز پزشکی چاهک ۳- برقراری مسیر ۴- ارسال داده، تنظیم نرخ در صورت وقوع ازدحام و تغییر مسیر در صورت خرابی یا پایتربودن انرژی گره از مقدار آستانه.
در طراحی روش پیشنهادی طراحی قرارداد مسیریابی بخشی از کار می‌باشد. داده‌های ارسالی نیز با توجه به اهمیتشان در حوزه مراقبت پزشکی با اولویت‌های متفاوت فرض می‌شوند.

۳-۱- فاز ارسال درخواست

این اولین فاز در اجرای قرارداد مسیریابی می‌باشد. در این فاز اطلاعات مورد نیاز چاهک مانند چک کردن علائم حیاتی بیمار برای همه گره‌های شبکه ارسال می‌گردد. قرارداد پیشنهادی از روش MLAF[15] در این فاز کمک می‌گیرد. الگوریتم MLAF خود از روش‌های جدید برای بهینه سازی مصرف انرژی استفاده می‌کند. همچنین این الگوریتم از پخش داده‌هایی با اولویت‌های مختلف پشتیبانی می‌کند که این خود برای کاربرد مراقبت پزشکی بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

۳-۲- فاز گزارش رخداد

بعد از فاز ارسال درخواست، اگر حسگری تغییر وضعیت خاصی را در علائم بیمار مشاهده کرد، آن را به چاهک گزارش می‌دهد. گزارش باید دارای اطلاعات شفاف و مناسبی باشد تا چاهک بتواند عکس العمل مناسبی بدهد.

در این فاز تنها اطلاعات مرتبط با وقوع رخداد به چاهک ارسال می‌شود و داده‌های اصلی در فاز ارسال داده

فرستاده می‌شوند. همچنین در این فاز جدول مسیریابی اولیه تشکیل می‌شود؛ بدین صورت که حسگر فرستنده بسته‌ای را برای تمام همسایگان خود می‌فرستد. چون حسگرها از موقعیت خود آگاه هستند، بسته‌ها به گره‌هایی که نسبت به فرستنده داده به چاهک نزدیکتر هستند ارسال می‌شود. سپس هر گره همسایه یک جدول مسیریابی اولیه با فیلدهایی مشابه ذیل، برای خودش تشکیل می‌دهد:

Source	Sender	Time	Packet Priority	Hop count	Distance
--------	--------	------	-----------------	-----------	----------

در قرارداد پیشنهادی هر گره یا حسگر یک شناسه منحصر به فرد دارد که در فیلدهای فرستنده و مبدأ به کار می‌روند. همچنین فیلد فاصله، مربوط به گره فرستنده تا گره جاری می‌باشد. بعد از ایجاد جدول و درج رکورد مربوط به بسته دریافتی، فرایند تا رسیدن به چاهک تکرار می‌شود. با توجه به اینکه فرستنده گزارش مربوط به فاز ۲ را از مسیرهای مختلفی پخش می‌کند، لذا ممکن است برای یک فرستنده چندین رکورد در گره همسایه ایجاد شود؛ از اینرو بسته‌هایی که تمام فیلدهایشان در جدول مسیریابی مشترک باشند حذف خواهند شد. انتهای فاز ۲ یک جدول مسیریابی در گره‌های موجود مسیرهای منتهی به چاهک به جا می‌ماند.

۳-۳- فاز برقراری مسیر

بعد از رسیدن بسته‌های فاز ۲ در چاهک، یک بسته تأیید با توجه به اهمیت و اولویت گزارش ارسالی به سمت گره فرستنده از طرف چاهک ارسال می‌شود. برای مثال فرض کنید که گزارشی از دو بیمار یکی با وضعیت عادی و یکی با وضعیت حاد در فاز ۲ به چاهک برسند. چاهک باید ابتدا بیمار حاد را انتخاب کرده و بسته تأیید را در فاز ۳ برای

حسگر بیمار با وضعیت حاد بفرستد (ترافیک حساس) و سپس بسته تأیید را برای بیمار معمولی ارسال کند (ترافیک غیر حساس). این بسته‌های تأییدیه در امتداد مسیر تا رسیدن به فرستنده‌ها حرکت خواهند کرد. نحوه تشکیل بسته‌های تأیید بدین صورت می‌باشد که چاهک جدول مسیریابی فاز ۲ را که در آن رکوردها بر اساس زمان ورود بسته‌ها مرتب شده‌اند بررسی می‌کند. اولین رکورد در جدول مسیریابی فاز ۲ نشان می‌دهد که این بسته از مسیری نزدیکتر به گره رسیده است؛ لذا اطلاعات این رکورد برای تأیید بسته‌های حساس استفاده می‌شود؛ بدین صورت که فیلد فرستنده در جدول مسیریابی فاز ۲ به عنوان پرش بعدی به کار می‌رود. رکوردهای ۲ و ۳ در جدول مسیریابی فاز ۲ برای تأیید مسیر بسته‌های غیر حساس به کار برده می‌شوند.

در انتهای فاز ۳ دو جدول مسیریابی در هر گره میانی در مسیر چاهک تا فرستنده‌ها تشکیل خواهد شد؛ جدول مسیریابی برای ترافیک حساس با اولویت بالا و جدول مسیریابی برای ترافیک غیر حساس با اولویت پایین. البته برای ترافیک غیر حساس از رابطه معادله (۱) استفاده می‌شود.

$$x_i = \frac{\text{Distance}}{\text{Hop Count}} P_j = \frac{x_i}{x_i + x_j} \times R_{ej} \quad (1)$$

$$P_i = \frac{x_j}{x_i + x_j} R_{ei} \quad i, j \text{ are record indexes}$$

در این رابطه Distance طول مسیر، R_{ei} مانده انرژی گره i و Hop Count تعداد پرش‌هاست. اگر برای پرش بعدی دو انتخاب i و j داشته باشیم، هر چه تعداد پرش کمتر شود با توجه به اینکه انرژی ارسال به نسبت مجذور فاصله است، مصرف انرژی بیشتر می‌گردد و از طرفی هر چه انرژی مانده در یک گره بیشتر باشد احتمال انتخاب بیشتر می‌شود؛ از این رو احتمال P_i احتمال انتخاب رکورد مربوطه

به عنوان پرش بعدی طبق رابطه (۱) تعریف می‌گردد. بدین ترتیب برای ترافیک‌های غیر حساس که حداقل دو مسیر به عنوان پرش بعدی دارد. این عمل عدالت در مصرف انرژی و طول عمر شبکه را افزایش می‌دهد.

ساختار فیلدهای جدولهای مسیریابی فاز ۳ به شکل ذیل می‌باشند:

ساختار جدول مسیریابی فاز ۳			ساختار جدول مسیریابی فاز ۳ برای ترافیک حساس		
Source	Sender	Distance /hop count	Source	Sender	Next Hop

۳-۴- فاز ارسال داده

در انتهای فاز ۳، جداول مسیریابی برای ترافیک‌های حساس و غیر حساس در هر گره میانی در مسیر مبدأ تا چاهک ایجاد می‌گردند. وجود این جداول باعث می‌شود تا فرستنده‌ها در موقع ارسال داده از مسیریابی چند مسیریابی در شبکه استفاده کنند.

زمانی که از یک حسگر متصل به بیمار درخواست گزارش می‌شود، ممکن است حال عمومی بیمار خوب بوده باشد؛ لذا اطلاعاتی که حسگر در این مواقع برای چاهک ارسال می‌کند از نوع ترافیک غیر حساس خواهد بود. بعضی از حسگرها نیز مانند حسگرهای حرکتی که به پا یا دست بیمار متصل می‌شوند، طبیعتاً داده‌هایی از نوع ترافیک غیر حساس تولید می‌کنند. در چنین مواقعی از جدول مسیریابی برای ترافیک غیر حساس در گره‌های میانی استفاده می‌شود؛ اما زمانی که حال عمومی بیمار خوب نباشد، مثلاً دچار حمله قلبی یا نوسان شدید در ضربان قلب یا میزان قند خون شود، ترافیک تولید شده در حسگرها از نوع ترافیک حساس خواهد بود. برای این نوع ترافیک در گره‌های میانی

از جدول مسیریابی برای ترافیک حساس که دارای یک رکود نیز می‌باشد، استفاده می‌گردد.

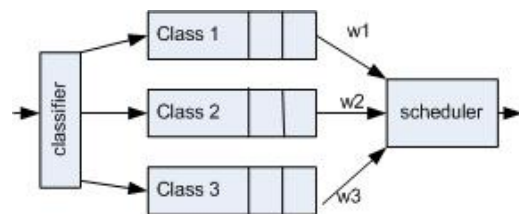
در فاز ارسال داده و در گره‌های میانی با دریافت هر بسته ابتدا نوع آن از سرآیند بسته بررسی می‌شود. اگر بسته از نوع حساس باشد، پرش بعدی بر اساس جدول ترافیک حساس انتخاب می‌شود که مسیر نزدیکتری خواهد بود و در صورتیکه از نوع غیر حساس باشد از جدول ترافیک غیر حساس که حداقل دو رکورد دارد با یک احتمال P_i پرش بعدی انتخاب خواهد شد. اگر چندین بیمار همزمان ارسال داده داشته باشند، آنگاه به ازای هر بیمار که یک مبدا شناخته می‌شود، یک رکورد در جدول ترافیک حساس و دو رکورد در جدول ترافیک غیر حساس اضافه خواهد شد.

۳-۴-۱ مکانیزم کنترل ازدحام در گره‌های میانی

هدف ما ارائه یک قرارداد مدیریت ازدحام برای کاربردهای مراقبت پزشکی است. این قرارداد از دو قسمت تشکیل می‌شود: ابتدا با استفاده از یک روش مسیریابی چند مسیره سعی می‌شود تا از ازدحام جلوگیری گردد؛ اما اگر چندین حسگر به طور همزمان داده ارسال کرده و در مسیرهای انتخاب شده ازدحام رخ دهد، روش کنترل ازدحام و تنظیم نرخ بهینه شده پیشنهادی به کار می‌رود. در این روش در هر بازه زمانی مشخص (به ازای هر ۵۰ بسته) ازدحام بررسی شده و در صورت وقوع ازدحام تنظیم نرخ بررسی شده است.

یکی از روش‌های مهم در تأمین کیفیت خدمات و جلوگیری از وقوع ازدحام در شبکه‌های IP، استفاده از مکانیزم‌های مدیریت فعال صف و زمان‌بندی در مسیریاب‌های IP می‌باشد. به کمک این مکانیزم‌ها، وقوع تراکم کنترل شده و کارایی شبکه بهتر می‌شود [22].

در شکل (۳) مدل صف هر گره حسگر در گره‌های میانی نشان داده شده است. در این شکل یک کلاس‌بند در لایه شبکه قرار داده شده است تا انواع داده را بر اساس نوع آنها کلاس‌بندی کرده و در صف‌های مجزا قرار دهد. نوع داده در هنگام ایجاد بسته در سرآیند آن قرار داده می‌شود. در روش پیشنهادی سه نوع ترافیک تعریف می‌گردد: ۱- ترافیک با اولویت بالا برای داده‌های حساس، ۲- ترافیک با اولویت پایین برای داده‌های غیر حساس و ۳- بسته‌های کنترلی. ترافیک حساس در کلاس ۱، ترافیک غیر حساس در کلاس ۲ و بسته‌های کنترلی در کلاس ۳ قرار داده می‌شوند.



شکل (۳) ساختار یک گره حسگر میانی

در مدل پیشنهادی در خروجی کلاس‌بندها یک زمان‌بند استفاده می‌شود. در ارزیابی کارایی از زمان‌بند صف عادلانه وزن دار مبتنی بر کلاس [23][24] استفاده می‌شود. البته اگر برای ترافیک حساس از صف اولویت دار PQ استفاده شود، تأخیر کمتر می‌شود؛ چرا که ابتدا بسته‌های مربوط به صف اولویت دار سرویس‌دهی می‌شوند و این باعث می‌شود در شرایطی که ترافیک‌های حساس خیلی زیاد باشند، تمام وقت سرویس‌دهی به ترافیک‌های حساس تخصیص یافته و اتلاف بسته و تأخیر سایر ترافیک‌ها بالا برود و عدالت در تقسیم پهنای باند کاهش یابد. از اینرو از زمان‌بندی عادلانه وزن دار استفاده می‌شود و در خروجی صف‌های کلاس‌ها با وزن‌های W_i نسبت خروجی هر کلاس در زمان‌بند با توجه به شرایط تنظیم می‌شود.

همان‌طور که در بخش ۲ گفته شد، کنترل ازدحام از سه قسمت تشکیل شده است: تشخیص ازدحام، اعلام ازدحام و تنظیم نرخ. این روال‌ها به صورت پخش به پخش از گره ازدحام یافته تا مبدأ انجام می‌شوند. هر گره‌ای که ازدحام را تشخیص داد، یک بسته شامل سهم نرخ ارسالی فرزند (در مسیر تا فرستنده) ایجاد و به گره فرزند ارسال می‌کند. در اینجا برای تشخیص ازدحام از وضعیت کلی ازدحام در گره و طول صف استفاده می‌شود.

از آنجایی که داده‌ها در فاز ارسال داده فرستاده می‌شوند، احتمال وقوع ازدحام در این فاز وجود دارد. مدل پیشنهادی با کنترل نرخ ارسال داده فرستنده‌ها ازدحام را کنترل می‌نماید. البته این در شرایطی است که با روش چند مسیره نتوان از وقوع آن جلوگیری کرد.

مکانیزم کنترل ازدحام از دو قسمت تشکیل می‌شود: مدیریت فعال صف AQM در گره‌های میانی و مکانیزم کنترل نرخ فرستنده. AQM صف‌ها را با تشخیص درجه ازدحام مدیریت می‌کند.

معادلات ذیل، مسئله بهینه‌سازی برای کنترل نرخ ارسال را نشان می‌دهند:

$$(۲-۱)$$

$$MinF = \alpha \left[\sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{s_i}{1 + s_i} \right) \cdot P_i \right] + (1 - \alpha) s_c \quad (۲-۲)$$

$$\begin{aligned} s_1 + s_2 + \dots + s_n + s_c &= 1 \\ \forall i, 0 \leq s_i &\leq 1 \\ 0 \leq s_c &\leq 1 \\ 0 \leq \alpha &\leq 1 \end{aligned}$$

هدف از بهینه‌سازی حداقل کردن تابع معادله (۲.۱)

می‌باشد. شکل (۴) متغیرهای معادله را نشان می‌دهد.

ازدحام و یا افزایش نرخ ارسال یکی از همسایه‌ها نرخ ارسال جدیدی (سهم ارسال) برای همسایه‌ها مشخص کرده و برایشان ارسال می‌نماید. البته برای بهره‌وری بیشتر از لینک سهم جدید S_i^{new} بر اساس نسبتی از سهم جاری و قدیمی که بر اساس آن داده‌های گره فرزند در حال ارسال هستند S_i^{old} ، طبق رابطه ذیل به دست می‌آید:

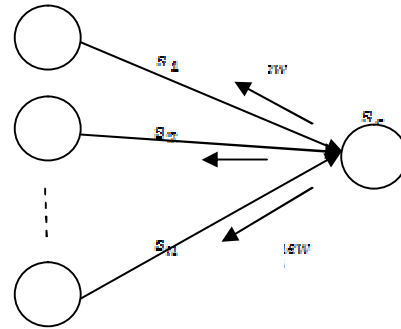
$$S_i^{new} = \gamma S_i^{new} - (1 - \gamma) S_i^{old} \quad 1 < \gamma < \infty \quad (4)$$

طبق معادلات (۲-۲) مقدار سهم در بازه $0 \leq S_i \leq 1$ می‌باشد. مقدار α بدین معنی است که گره همسایه می‌تواند از حداکثر پهنای باند خروجی خود برای ارسال استفاده کند و مقدار γ یعنی اینکه اجازه ارسال ندارد.

پارامتر α اهمیت ازدحام را در شبکه مشخص می‌کند. هر چه مقدار این پارامتر بیشتر باشد اهمیت ازدحام در شبکه بیشتر خواهد شد و اگر $\alpha = 1$ باشد، جمله S_c در معادله (۲.۱) صفر و مقدار S_c عملاً α می‌شود و در نتیجه در جمله اول مقدار سهم همواره فرستنده‌ها صفر می‌گردد.

مقدار P_i در معادله (۲.۱) توسط مکانیزم AQM مشخص می‌شود که نشان دهنده احتمال اتلاف بسته است. مدل پیشنهادی از یک روال انعطاف پذیر برای مدیریت صف استفاده می‌کند. این روش صف هر گره را بین جریان‌های عبور به اشتراک می‌گذارد. بهر حال، صفها مجازی بوده و مرز بین آنها ثابت نیست؛ یعنی اینکه اگر یکی از صف‌های مجازی فضای خالی داشته باشد، جریان‌های مربوط به دیگر همسایه‌ها که صف مجازیشان پر شده، می‌توانند از صف مجازی خالی استفاده کنند.

احتمال رد یک بسته در هر صف مجازی موجود در گره i از معادله ۴ به دست می‌آید:



شکل (۴): سهم نرخ ارسال همسایه‌ها در گره‌های میانی

در شبکه پهنای باند تمام خطوط یکسان فرض می‌شوند. متغیرهای S_1, S_2, \dots, S_n سهم همسایه‌های یک گره میانی با n همسایه هستند. اگر پهنای باند هر همسایه r_i باشد، آنگاه $r_i S_i$ سهم ارسال مجاز همسایه i ام خواهد بود. S_c به عنوان پارامتر ازدحام در نظر گرفته می‌شود. در واقع S_c بخشی از پهنای باند گره میانی است که به دلیل ازدحام قابل استفاده نمی‌باشد. هر کدام از S_i ‌ها که در گره جاری محاسبه و برای همسایه‌ها ارسال می‌شوند، در گره همسایه به عنوان S_c^{NH} شناخته می‌شوند.

تابع بهینه سازی در معادله (۲.۱) درجه ازدحام در گره جاری را به همراه نرخ مجاز ارسال فرزندان مشخص می‌کند. در صورتی که یک گره میانی n همسایه داشته باشد، یک صف فیزیکی شامل n صف مجازی در نظر گرفته می‌شود که در آن داریم: $vq_1(t) + vq_2(t) + \dots + vq_n(t) = QL$ و QL/n حداکثر طول صف مجازی برای همسایه i ام



$$\sum_{i=1}^n S_i \cdot (q_i \cdot n / QL) < S_c^{NH} \quad (3)$$

هر گره میانی بعد از یک بازه زمانی مشخص (در اینجا هر ۵۰ بسته) معادله (۱-۲) را اجرا و در صورت تشخیص

طول کلی صف QL مقدار نرمال شده تغییرات طول صف را نشان می‌دهد. جمله دوم در معادله، عامل کاهشدهنده است و هر چه میزان خالی باشد و صف فیزیکی بیشتر شود، احتمال حذف بسته کم می‌شود. البته میزان تأثیر جملات اول و دوم در معادله (۶) به مقادیر پارامترهای β_1 و β_2 بستگی دارد.

۳-۴-۲- فاز تغییر مسیر

در صورتی که انرژی یک گره از یک مقدار آستانه کمتر شود، دیگر داده نباید از آن عبور کند و باید تغییر مسیر انجام شود. این امر برای ترافیکهای غیر حساس در نظر گرفته می‌شود. با توجه به اینکه بر اساس رابطه (۱) در جدول مسیریابی ترافیک غیر حساس در گره‌های میانی بیش از یک رکورد گره وجود دارد؛ لذا در صورتی که مقدار انرژی گره از یک مقدار آستانه (۵۰٪ مقدار انرژی اولیه) مشخص کمتر شود، داده‌های غیر حساس از مسیر دوم در جدول ترافیک غیر حساس عبور خواهند کرد و تنها داده‌های کنترل و حساس اجازه عبور خواهند داشت. این مسئله طول عمر شبکه را افزایش می‌دهد.

۴. ارزیابی کارایی قرارداد پیشنهادی

نرم افزار مطلب و شبیه ساز OPNET دو نرم افزاری هستند که برای پیاده سازی و شبیه سازی قرارداد پیشنهادی استفاده شده‌اند. تابع معادله (۲) با دیگر توابع مورد نیاز در نرم افزار مطلب اجرا شده‌اند. فاز شبیه سازی نیز توسط نرم افزار OPNET انجام شده است. یکی از مزایای نرم افزار OPNET امکان ارتباط با نرم افزار مطلب می‌باشد؛ از اینرو در فرایند شبیه‌سازی سناریوها با صدا زدن توابع مطلب ارتباط برقرار شده و خروجی تابع بهینه سازی وارد OPNET شده است و دو نرم افزار به طور همزمان قرارداد را اجرا نموده‌اند. توپولوژی به

$$P_i = \beta_1 \cdot \delta v q_i(t) - \beta_2 \cdot \left(1 - \frac{\sum_{j=1}^n v q_j(t)}{QL} \right) + P_i^{pri} \quad (5)$$

در این معادله مقدار اولیه برای P_i می‌باشد که از معادله (۵) به دست می‌آید.

(۶)

$$P_i^{pri} = \begin{cases} 0 & \text{if: } v q_i(t) < kQL/n \\ n^2 \cdot (v q_i(t)/QL) - 2 & \text{if: } v q_i(t) \geq kQL/n \end{cases} \quad 0 < k < 1$$

همچنین مقدار $\delta v q_i(t)$ که نسبت نرمال شده تغییرات صف مجازی $v q_i(t)$ در لحظه t ، می‌باشد مربوط به ترافیک ورودی از همسایه i است و از معادله (۶) به دست می‌آید.

$$\delta v q_i(t) = \frac{\Delta v q_i(t)}{v q_i(t)}, \quad v q_i(t) = \frac{QL}{n} \quad (7)$$

$$\Delta v q_i(t) = v q_i^{new}(t) - v q_i^{old}(t-1)$$

مقدار $\delta v q_i(t)$ در لحظه t می‌تواند مثبت و یا منفی باشد. مقدار مثبت نشان دهنده این است که صف در حال پر شدن است و مقدار منفی نشان می‌دهد که صف در حال خالی شدن است. اگر تغییرات طول صف افزایشی و مثبت باشد، احتمال حذف بسته و وقوع ازدحام بالا می‌رود.

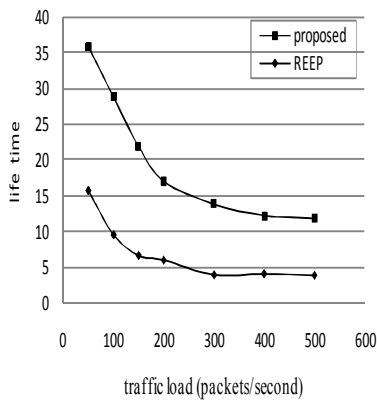
پارامترهای موجود در معادلات (۷ و ۶) به صورت متناوب معین می‌شوند. بنابراین در معادله (۷-۱) مقدار $v q_i^{old}$ طول صف مجازی برای همسایه i ام در شروع بازه و مقدار $v q_i^{new}$ طول صف مجازی برای همسایه i ام در انتهای یک بازه می‌باشد.

مقدار $\sum_{j=1}^n v q_j$ نشان دهنده کل فضای استفاده در صف فیزیکی گره میانی می‌باشد. با تقسیم عدد مربوطه به

A. مقایسه کارایی انرژی

قرارداد پیشنهادی از الگوریتم MLAF [25] در فاز اول استفاده می‌کند. الگوریتم MLAF اساساً برای پخش داده در شبکه‌های حسگر بی سیم طراحی شده است. قرارداد داده محور REEP در فاز اول از روش سیل آسا (Flooding) استفاده می‌کند که کارایی آن پایین است. الگوریتم MLAF با استفاده از یک روش جدید از اتلاف انرژی جلوگیری کرده و امکان ارسال با چندین اولویت را فراهم می‌کند.

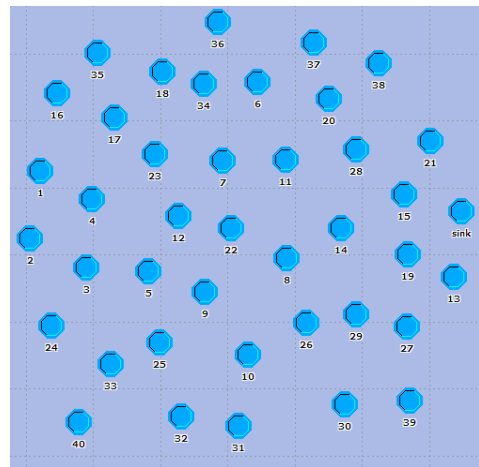
طول عمر، میانگین انرژی باقی مانده و عدالت سه عامل مهم برای ارزیابی کارایی قرارداد پیشنهادی می‌باشند. در شکل ۶ طول عمر شبکه و در شکل (۷) انرژی باقی مانده شبکه نشان داده شده است. در شکل (۶) محور افقی بار ترافیکی به بسته در ثانیه و محور عمودی طول عمر شبکه در واحد زمان می‌باشد. طول عمر شبکه از زمان شروع شبیه سازی تا زمان خاموش شدن اولین حسگر تعریف می‌شود.



شکل (۶): عمر شبکه نسبت به بار ترافیکی

همان‌طور که در شکل (۶) دیده می‌شود، کارایی قرارداد پیشنهادی در مقایسه با REEP از لحاظ طول عمر شبکه به ازای نرخ‌های مختلف ارسال فرستنده‌ها بیشتر است. برای مثال وقتی بار ترافیک ارسالی ۲۰۰ بسته در ثانیه باشد،

کار رفته در شکل ۵ نشان داده شده است. در جدول (۱) پارامترهای به کار رفته در شبیه سازی نشان داده شده‌اند. برای ارزیابی کارایی قرارداد پیشنهادی علاوه بر قرارداد REEP [19] از روش فشار به عقب backpressure نیز استفاده شده است. قرارداد REEP یک قرارداد مسیریابی داده محور قابل اطمینان در شبکه‌های حسگر بی سیم می‌باشد. این قرارداد مانند سایر قراردادهای داده محور از چندین فاز تشکیل شده است: انتشار رخداد حس کردن، انتشار رخداد اطلاعات، انتشار رخداد درخواست، REEP همچنین از یک آستانه انرژی استفاده می‌کند تا گره‌های حسگر، آگاه از انرژی شوند. البته آستانه انرژی در قرارداد REEP تنها روی یک مسیر عبور عمل می‌کند و بسته‌های حساس و غیر حساس در یک مسیر عبور می‌کنند؛ در حالیکه در روش پیشنهادی ما روی چند مسیر این کار را انجام می‌دهیم.

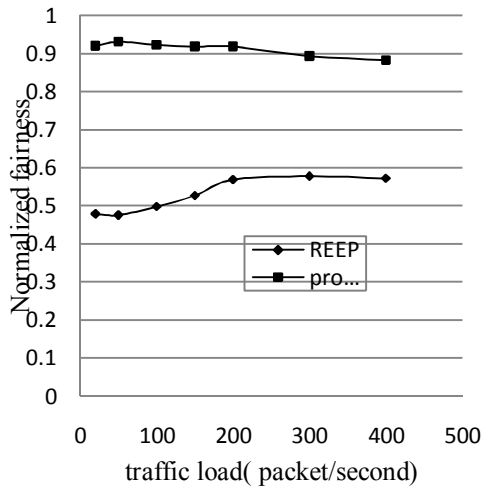


شکل (۵): توپولوژی به کار رفته در شبیه سازی

جدول (۱): پارامترهای شبیه سازی

Radio range of a sensor node	40 meter
Initial node energy	50 joule
type traffic	Sensitive and non-sensitive
Network area	200×200 m ²
Packet sent energy	12 mj
Packet receive energy	10 mj
Congestion detection epoch	each 50 packet
Number of Sensor nodes	40
Data packet length	64 byte
Control packet length	30 byte

مصرف انرژی با در نظر گرفتن میزان افزایش طول عمر در شکل (۶) قابل قبول است.

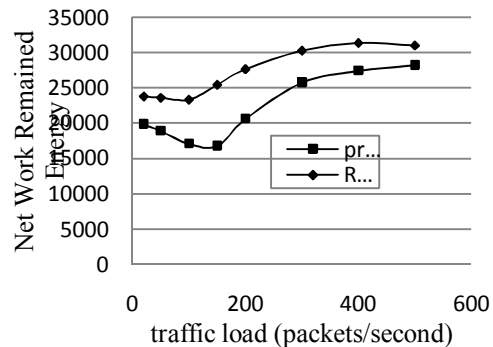


شکل (۸): عدالت نسبت به بار ترافیکی

یکی از نقاط قوت قرارداد پیشنهادی عدالت در مصرف انرژی است. اگر بتوان مصرف انرژی گره‌ها را متوازن کرد، آنگاه در شرایط مساوی طول عمر شبکه افزایش خواهد یافت. مطابق شکل (۸) پارامتر عدالت در قرارداد پیشنهادی بهتر از قرارداد REEP می‌باشد. پارامتر عدالت با استفاده از رابطه معادله (۷) به دست می‌آید. در این معادله واریانس انرژی باقی‌مانده در زمان خاموش شدن اولین گره، محاسبه می‌شود. $Energy_i$ انرژی باقیمانده گره i و Ave میانگین انرژی باقیمانده تمام گره‌های شبکه در زمان خاموش شدن اولین گره را نشان می‌دهند. بدترین حالت مقدار واریانس DEV_{Worst} زمانی است که نیمی از گره‌ها خاموش و نیمی دیگر کاملاً شارژ باشند؛ از اینرو در معادله (۸) مقدار نرمال شده عدالت به دست آمده است.

همان‌طور که معادله (۸) نشان می‌دهد، پارامتر عدالت هر چه به مقدار ۱ نزدیکتر باشد، نشان‌دهنده عادلانه‌تر بودن است و اگر مقدار عدالت به صفر نزدیک شود، بدین معنی است که قرارداد در مصرف انرژی عدالت را رعایت نکرده است.

طول عمر روش پیشنهادی بیشتر از روش REEP است. در واقع روش پیشنهادی با استفاده از چند مسیرهای مختلف برای داده‌های حساس و غیر حساس و توزیع عادلانه‌تر داده‌ها از روی مسیرهای مختلف به همراه استفاده از آستانه انرژی و تغییر مسیر مخصوصاً در گره‌های نزدیک به چاهک که انرژی آن‌ها حساس‌تر است، عمر شبکه را بین ۸۰ تا ۱۰۰ درصد نسبت به روش REEP افزایش می‌دهد. این امر در مراقبت پزشکی که عمر بعضی از حسگرها مانند حسگرهای متصل به قلب بسیار حائز اهمیت است، نقش مهمی خواهد داشت.



شکل (۷): میانگین انرژی باقی‌مانده شبکه نسبت به بار ترافیکی شبکه

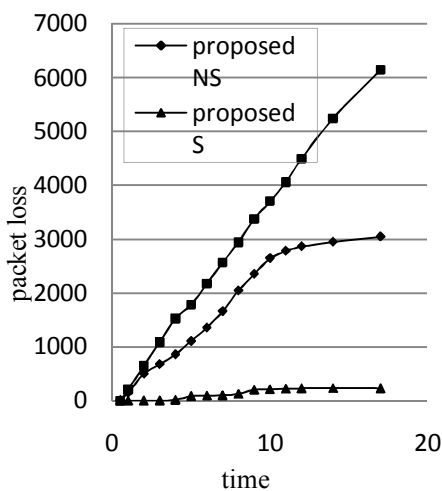
در شکل (۷) متوسط انرژی باقی‌مانده در زمانیکه اولین گره خاموش شود، محاسبه می‌گردد. بر اساس نتایج شکل (۷)، میانگین انرژی باقی‌مانده گره‌ها برای قرارداد پیشنهادی کمتر از روش REEP است. چون ترافیک تولید شده برای هر دو روش یکسان می‌باشد، این مسئله به همراه نمودار شکل (۶) نشان می‌دهد که روش پیشنهادی با توزیع عادلانه داده‌ها از چندین مسیر توانسته عمر شبکه را طولانی‌تر کند؛ لذا داده‌های بیشتری در شبکه به جریان افتاده و مصرف انرژی را بالا برده؛ از اینرو میانگین باقی‌مانده کمتری داشته است. از این

انرژی اولیه ۵۰٪ انرژی اولیه) نرخ کاهش انرژی کندتر و طول عمر شبکه به بیشتر از ۳۰٪ افزایش می‌یابد. در پایان شکل‌های (۶-۹) نشان می‌دهند که کارایی انرژی قرارداد پیشنهادی بهتر است.

B. مقایسه اتلاف بسته

شکل (۱۰) اتلاف بسته را نسبت به زمان نشان می‌دهد. همان‌طور که پیش‌تر گفته شد در قرارداد پیشنهادی دو نوع ترافیک حساس و غیر حساس وجود دارد. در شکل (۱۰) سه جریان: ترافیک حساس در قرارداد پیشنهادی، ترافیک غیر حساس در قرارداد پیشنهادی و ترافیک قرارداد REEP نشان داده شده‌اند.

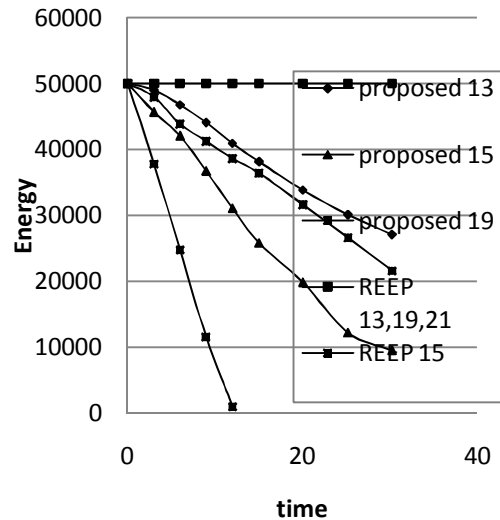
البته در قرارداد REEP که هیچ نوع اولییتی ندارد، هر دو نوع ترافیک از یک مسیر حرکت می‌کنند و به همین دلیل یک نمودار اتلاف بسته برای آن در نظر گرفته شده است. در شکل (۱۰) بسته‌های گم شده در شبکه نسبت به زمان با نرخ ارسال اولیه ۲۰۰ بسته در ثانیه نشان داده شده است. در خروجی گره میانی وزن لازم برای زمان‌بندی ترافیک حساس در قرارداد پیشنهادی داده می‌شود؛



شکل (۱۰): نرخ اتلاف بسته نسبت به زمان

$$DEV = \sum_{i=1}^n (Energy_i - Ave)^2 \quad (8)$$

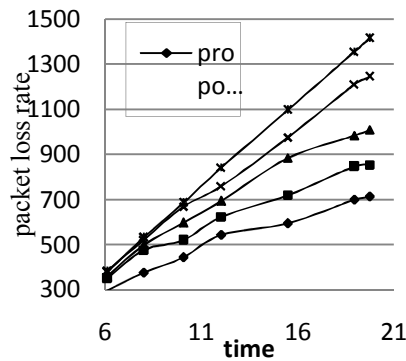
$$Fairness = 1 - DEV/DEV_{Worst}$$



شکل (۹): انرژی باقی مانده گره‌های نزدیک به چاهک نسبت به زمان

از آنجا که در شبکه‌های حسگر بی سیم بسته‌ها پس از تولید به سمت چاهک ارسال می‌شوند، لذا احتمال وقوع ازدحام در گره‌های نزدیک به چاهک و اتلاف بسته‌ها بیشتر از سایر گره‌هاست. که در نتیجه آن، انرژی گره‌های نزدیک به چاهک اهمیت بیشتری دارد. اگر بتوان عدالت را در بین این گره‌ها افزایش داد، طول عمر شبکه نیز افزایش خواهد یافت.

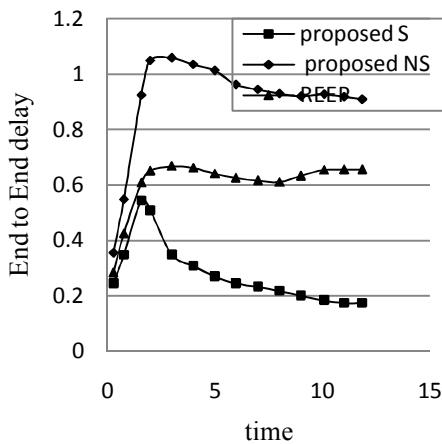
همان‌طور که شکل (۹) نشان می‌دهد، کاهش انرژی گره‌های نزدیک به چاهک در قرارداد پیشنهادی نسبت به REEP به هم نزدیکتر است. در روش REEP انرژی سه تا از گره‌ها که هیچ بسته‌ای از آنها عبور نمی‌کند، ثابت می‌باشد ولی انرژی گره ۱۵ که تمام بسته‌ها از طریق آن به چاهک می‌رسند، خیلی سریع‌تر کاهش می‌یابد و در زمان ۱۳ به صفر می‌رسد. اما در قرارداد پیشنهادی با توزیع عادلانه بسته در بین گره‌های نزدیک به چاهک و انجام عمل تغییر مسیر در صورت پایین آمدن سطح انرژی (آستانه



شکل (۱۱): اتلاف بسته بسته تجمعی شبکه نسبت به زمان

همان طور که در شکل (۱۱) دیده می شود، نرخ اتلاف بسته در قرارداد پیشنهادی برای ترافیکهای غیر حساس کمتر از دیگر روشهاست. بعد از قرارداد پیشنهادی، مدل ۵۰٪ و سپس ۲۵٪ نرخ اتلاف کمتری را نشان می دهند. قرارداد REEP کنترل ازدحام نداشته؛ از این رو بیشترین نرخ اتلاف بسته را در شرایط ازدحام نشان می دهد.

C. مقایسه تأخیر انتها به انتها



شکل (۱۲): تأخیر انتها به انتها نسبت به زمان

یکی از پارامترهای مهم دیگر در قرارداد پیشنهادی تأخیر انتها به انتهاست. تأخیر انتها به انتها زمان صرف شده بین ارسال داده از مبدأ تا مقصد می باشد. این پارامتر در کاربرد مراقبت پزشکی اهمیت زیادی دارد؛ زیرا دیر رسیدن یک بسته با اهمیت بالا ممکن است در تصمیم گیری برای

از اینرو ترافیک حساس با تأخیر کم سرویس دهی می شود و کمترین اتلاف بسته را خواهد داشت و قابلیت اعتماد آن نیز بالا می رود. البته با توجه به شرایط، می توان وزن هر کدام از صفها را طوری تغییر داد تا بیشترین زمان سرویس دهی و کمترین تأخیر را داشته باشند، از اینرو اگر در شرایط حادی، داده گزارش شده از بیمار وضعیت بیمار را حاد نشان دهد، وزن سرویس دهی آن بالا در نظر گرفته شده و بسته های مربوط به داده های آن ترافیک به صورت صف اولویت دار سرویس دهی خواهند شد.

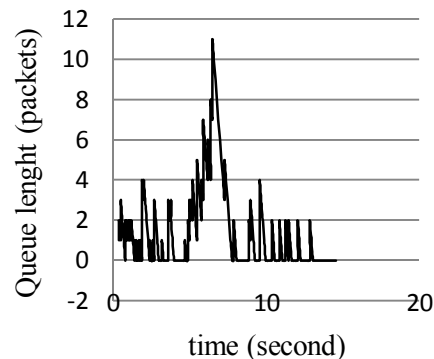
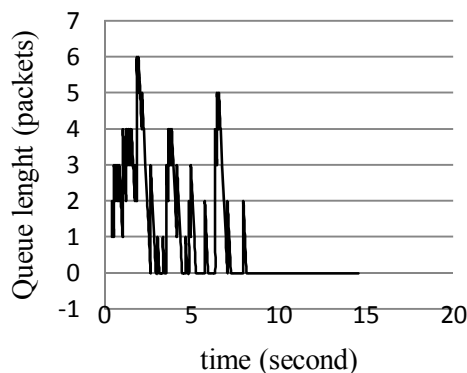
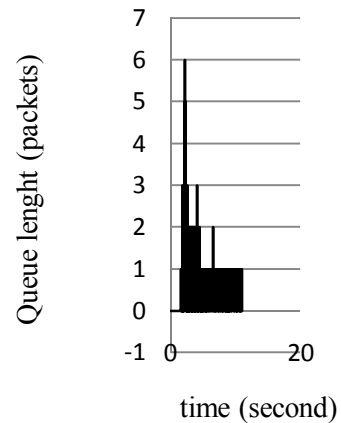
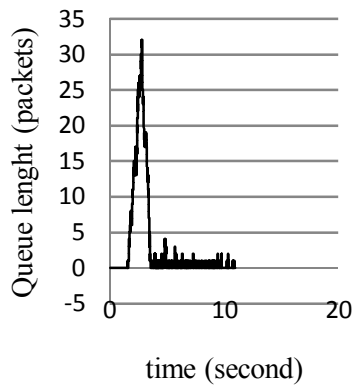
به هر حال در شرایط معمولی بسته های مربوط به ترافیک غیر حساس در قرارداد پیشنهادی در اوایل شبیه سازی که هنوز ازدحام تشخیص داده نشده و تنظیم نرخ نیز انجام نشده، دچار اتلاف می شوند. از طرفی فرایند تنظیم نرخ از گره ازدحام یافته تا گره فرستنده به صورت پرش به پرش انجام شده و تأخیر دارد؛ لذا در زمانهای اولیه کمتر از ۱۰ ثانیه اتلاف بسته قرارداد پیشنهادی برای ترافیک غیر حساس نیز بالا می باشد. بعد از زمان ۱۰ تنظیم نرخ در گره فرستنده اعمال، و در نتیجه با کاهش سرعت فرستنده، اتلاف بسته نیز کاهش می یابد.

در شکل (۱۱) قرارداد پیشنهادی علاوه بر قرارداد REEP با Backpressure ۲۵٪ و ۵۰٪ مقایسه می گردد. Backpressure یا فشار به عقب به الگوریتم های اطلاق می گردد که در صورت نیاز با اندازه های ثابتی مانند ۲۵٪ و یا ۵۰٪ نرخ فرستنده ها را کاهش می دهند. محور افقی زمان و محور عمودی کل اتلاف بسته در شبکه می باشد. نرخ ارسال اولیه ۱۰۰ بسته در ثانیه فرض می شود. قرارداد پیشنهادی برای ترافیک غیر حساس ۵۰٪ بدین معنی است که قرارداد پیشنهادی در حین تنظیم نرخ، سرعت فرستنده را به اندازه ۵۰٪ کاهش می دهد. برای ۲۵٪ نیز به همین منوال عمل می شود.

است. هرچه طول صف بیشتر شود، زمان انتظار و تأخیر بسته‌ها در صف بیشتر می‌شود. روال AQM یک فاکتور مهم برای محاسبه طول صف است که در بخش ۴ و ۳ و ۱ توضیح داده شده است. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود، گره‌های نزدیک به چاهک همگی در عبور داده شرکت می‌کنند. این امر باعث می‌شود. بسته‌ها بین گره‌ها توزیع شده و عدالت در مصرف انرژی بالا برود. همچنین طول عمر شبکه افزایش می‌یابد؛ زیرا گره‌هایی که بیشترین ترافیک را عبور می‌دهند، معمولاً نزدیک به چاهکمی باشند و عدالت در بین گره‌های نزدیک به چاهک اهمیت بالایی دارد.

جان بیمار بسیار مهم باشد؛ از این رو در مقایسه با قرارداد REEP که هیچ گونه اولییتی برای ترافیک‌های مختلف قائل نمی‌شود و در آن همه ترافیک‌ها دارای اولویت یکسانی هستند، قرارداد پیشنهادی با اولویت‌بندی می‌تواند تأخیر را کم کند. در شکل (۱۲) تأخیر انتها به انتها برای ترافیک‌های حساس و غیر حساس در قرارداد پیشنهادی و برای REEP نشان داده شده است. شکل ۱۲ نشان می‌دهد که تأخیر انتها به انتها برای ترافیک‌های حساس کمتر از ترافیک‌های غیر حساس و روش REEP می‌باشد. این مسئله نشان می‌دهد که قرارداد پیشنهادی به هدف خود جهت کاهش تأخیر برای ترافیک‌های مهم رسیده است.

شکل (۱۳) طول صف لحظه‌ای را نسبت به زمان نشان می‌دهد. این پارامتر در اندازه‌گیری میزان تأخیر بسیار مهم

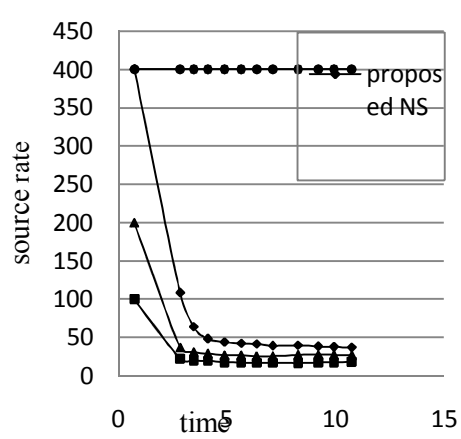


شکل (۱۳): طول صف در ۴ گره نزدیک به چاهک نسبت به زمان در قرارداد پیشنهادی

اما در روش REEP همه بسته‌ها از یک مسیر عبور کرده و در نتیجه به دلیل نبود عدالت عمر شبکه کوتاه‌تر می‌شود.

D. تنظیم نرخ فرستنده‌ها

شکل (۱۴) نرخ تولید فرستنده را نسبت به زمان نشان می‌دهد. عمل تنظیم نرخ در قرارداد پیشنهادی به صورت پرش به پرش از گره ازدحام یافته تا گره فرستنده ترافیک انجام می‌شود. عمل تنظیم نرخ تا زمانی انجام می‌شود که ازدحام در شبکه از بین برود و دیگر پیامی جهت تنظیم نرخ به فرستنده داده نشود. همان‌طور که در شکل (۱۴) دیده می‌شود، در ابتدای شبیه‌سازی سرعت فرستنده مورد نظر بالا می‌باشد؛ ولی با گذشت زمان به یک نرخ ثابت بدون ازدحام می‌رسد.



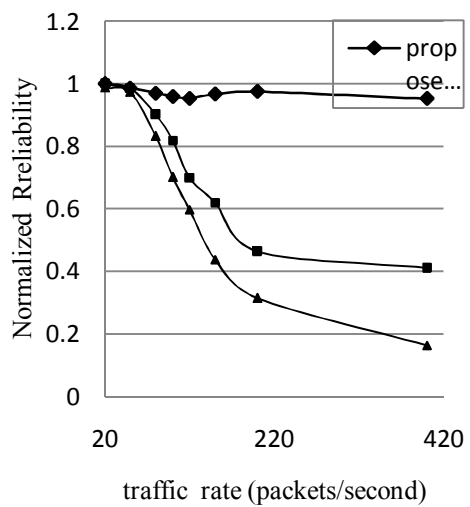
شکل (۱۴): نرخ ارسال مبدأ نسبت به زمان

از آنجا که قرارداد REEP تنظیم نرخ ندارد، نرخ سرویس دهی و نرخ ارسال فرستنده‌ها در آن ثابت می‌ماند. در نتیجه در شکل (۱۴) قرارداد پیشنهادی با مدل ۵۰٪ و ۲۵٪ مقایسه می‌شود و در آن نرخهای ارسال فرستنده در روش‌های مختلف نشان داده می‌شوند. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود، نرخ ارسال روش REEP ثابت است؛ اما قرارداد پیشنهادی با تنظیم نرخ بهینه شده در برابر روش

۵۰٪ و ۲۵٪ بهتر عمل می‌کند؛ زیرا که با بالا نگه داشتن نرخ تولید بسته نسبت به روشهای دیگر منجر به افزایش بهره‌وری کانال می‌شود و در عین حال نرخ اتلاف بسته را نیز پایین‌تر از دیگر روش‌ها نگه می‌دارد.

D. قابلیت اعتماد نرمال شده

یکی از وظایف مهم لایه انتقال، قابلیت اعتماد می‌باشد. این امر معمولاً با استفاده از بسته‌های تأییدیه محقق می‌شود. در این قرارداد ما قابلیت اعتماد را به صورت تعداد بسته‌های دریافتی در چاهک فرستاده شده تعریف می‌کنیم. اگر تمام بسته‌های ارسال شده به مقصد برسند در این صورت، قرارداد توانسته ۱۰۰٪ قابلیت اعتماد داشته باشد. اگر تعداد بسته‌های کمتری به مقصد برسد، به نسبت قابلیت اعتماد کم می‌شود. در شکل (۱۵) رابط بین قابلیت اعتماد نرمال شده و نرخ تولید بار ترافیکی نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل (۱۵) دیده می‌شود، قابلیت اعتماد قرارداد پیشنهادی برای ترافیکهای حساس از همه بالاتر است. دلیل اصلی این امر تعداد بسته‌های گم شده در قرارداد REEP و قرارداد پیشنهادی با ترافیک غیر حساس می‌باشد.



شکل (۱۵): قابلیت اعتماد نرمال شده نسبت به بار ترافیکی

هر چه بسته‌های بیشتری در یک قرارداد گم شود، قابلیت اعتماد در آن قرارداد پایین می‌آید.

از طرفی قرارداد پیشنهادی از چند مسیر مختلف برای ارسال بسته‌ها استفاده می‌کند؛ لذا تأخیر کلی بسته‌ها در مسیر کمتر و بسته‌ها سریع‌تر به مقصد می‌رسند و احتمال از بین رفتن آنها در مسیر به دلیل برخورد یا پر شدن صفهای گره‌های میانی کمتر می‌شود.

۵. نتیجه گیری

در این مقاله یک قرارداد مدیریت ازدحام در شبکه‌های حسگر برای کاربرد مراقبت پزشکی ارائه شده است. قرارداد پیشنهادی از دو قسمت اجتناب از ازدحام و کنترل ازدحام تشکیل شده است. فاز اول این قرارداد برای پخش کردن درخواستهای چاهک و فازهای بعدی برای حس کردن پارامترهای سلامتی بیمار، ارسال گزارش وضعیت، برقراری مسیر داده و کنترل ازدحام طراحی شده است. در فاز انتقال داده قرارداد پیشنهادی از سه نوع داده به ترتیب داده حساس، داده غیر حساس و داده‌های کنترلی استفاده می‌کند. بسته‌های داده اصلی با روش چند مسیره ارسال می‌شوند تا بتوان در حد امکان از وقوع ازدحام جلوگیری کرد؛ اما ممکن است در شرایطی چندین بیمار دچار وضعیت حاد شده و ارسال داده‌های آنها باعث ازدحام شود

۷- مراجع

که برای رفع آن با یک مکانیزم کنترل ازدحام و تنظیم نرخ بهینه شده به صورت پرش به پرش عمل می‌شود. در قرارداد پیشنهادی پارامترهایی مانند تأخیر انتها به انتها، مصرف انرژی، طول عمر شبکه و عدالت در مصرف انرژی در نظر گرفته می‌شوند. نتایج حاصل از شبیه سازی نشان می‌دهد که روش پیشنهادی نسبت به روش Backpressure و REEP کارایی بهتری از لحاظ نرخ گم شدن بسته، کارایی انرژی و تأخیر انتها به انتها دارد، همچنین قرارداد پیشنهادی با کاهش اتلاف بسته برای ترافیکهای حساس قابلیت اعتماد بالایی را ارائه می‌دهد.

۶. پیشنهاداتی برای کارهای آینده

در این مقاله فرض شده است که گره‌ها همگی دارای یک اولویت باشند؛ یعنی ما اولویت را روی جریانها قرار داده‌ایم، اما روی گره‌ها وزن و یا اولویتی قرار داده نشده است. از طرفی برای تغییر مسیر در شبکه می‌توان علاوه بر آستانه انرژی میزان ازدحام در گره بعدی را نیز به عنوان پارامتر تغییر مسیر در نظر گرفت. همچنین برای ترافیکهای عبوری، قابلیت اعتماد نسبی در نظر گرفته نشده و گره چاهک یا پزشک در مرکز پزشکی ثابت فرض شده است که در حال حاضر در حال بررسی و تحقیق روی گسترش کار می‌باشیم.

- I. F. Akyildiz, W. Su, W. Sankarasubramaniam, E. Cayirci, "A Survey On Sensor Networks", IEEE Communication magazine, 2002, pp. 102-114.
- C. R. Baker, K. Armijo, S. Belka, M. Benhabib, A. Waterbury, E. S. Leland, T. Pering, and P. K. Wright, "Wireless sensor networks for home health care," in Proc. 21st International Conf. Advanced Information Networking Applications Workshops (AINAW'07).
- J. A. Stankovic, Q. Cao, T. Doan, L. Fang, Z. He, R. Kiran, S. Lin, S. Son, R. Stoleru, and A. Wood, "Wireless sensor networks for in-home healthcare: Potential and challenges," in Proc. High Confidence Medical Device Software Systems (HCMDSS) Workshop, June 2005.

- S. Jiang, Y. Xue, A. Giani, R. Bajcsy, “**Providing QoS Support for Wireless Remote Healthcare System,**” ICME'09 Proceedings of the IEEE international conference on Multimedia and Expo ,2009 USA.
- K. Nichols, V. Jacobson, L. Zhang, A two-bit differentiated services architecture for the internet, IETF RFC 2638 (1999).
- T. Li, Y. Rekhter, A provider architecture for differentiated services and traffic engineering (PASTE), IETF RFC 2430 (1998).
- S. Blake, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang, W. Weiss, An architecture for differentiated services, IETF RFC 2475 (1998).
- X. Yin, X. Zhou, R. Huang, Y. Fang and S. Li , “**A Fairness-Aware Congestion Control Scheme in Wireless Sensor Networks**”, IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, VOL. 58, NO. 9, NOVEMBER 2009.
- P. K. K. Loh, H. W. Jing, Y. Pan, “**Performance Evaluation of Efficient and Reliable Routing Protocols for Fixed-Power Sensor Networks,**” IEEE TRANSACTIONS ON WIRELESS COMMUNICATIONS, VOL. 8, NO. 5, MAY 2009.
- D. Lee and K. Chung, “**Adaptive Duty-cycle Based Congestion Control for Home Automation Networks,**” *IEEE Transaction on Consumer Electronics*, vol.56, No.1, February 2010.
- C. -T. Ee and R. Bajcsy, “**CCF : Congestion control and fairness for many-to-one routing in sensor networks,**” in Proceedings of ACM Sensys'04, Nov. 3-5, 2004, Baltimore, Maryland, USA.
- C. Wang, K. Sohraby, B. Li, M. Daneshmand, and Y. Hu, “**A Survey of Transport Protocols for Wireless Sensor Networks**”, IEEE Network, IEEE, May/June 2006.
- B. Hull, K. Jamieson, and H. Balakrishnan, “**Mitigating Congestion in Wireless Sensor Networks,**” Proc. ACM Sensys '04, Baltimore, MD, Nov. 3–5, 2004.
- C. -Y. Wan, S. B. Eisenman, and A. T. Campbell, “**CODA: Congestion detection and avoidance in sensor networks,**” in Proceedings of ACM Sensys'03, Nov. 5-7, 2003, Los Angeles, California, USA.
- C. Wang, Member, K. Sohraby, M. Daneshmand, Y. Hu, “**Upstream congestion control in wireless sensor networks through cross-layer optimization**”, *IEEE Journal On Selected Areas In Communications*, 25(4), 2007, 786-795.
- C.-Y. Wan et al., “**Siphon: Overload Traffic Management Using Multi-Radio Virtual چاهک in Sensor Networks,**” Proc. ACM Sensys '05, San Diego, CA, Nov. 2–4, 2005.
- Y. Sankarasubramaniam, O. B. Akan, and I. F. Akyildiz, “**ESRT: Event -to-چاهک reliable transport in wireless sensor networks,**” in Proceedings of ACM Mobihoc'03, Jun. 1-3, 2003, Annapolis, Maryland.
- S. Misra, V. Tiwari and M.S. Obaidat, Fellow, “**LACAS: Learning Automata-Based Congestion Avoidance Scheme for Healthcare Wireless Sensor Networks,**” IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS, VOL. 27, NO. 4, MAY 2009.
- F. Zabin, S. Misra, I. Woungang, H.F. Rashvand, “**REEP: data-centric, energy-efficient and reliable routing protocol for wireless sensor networks**”, IET Commun., 2008, Vol. 2, No. 8, pp. 995–1008.
- C. Intanagonwiwat, R. Govindan, and D. Estrin, “**Directed Diffusion: A Scalable and Robust Communication Paradigm for Sensor Networks**”, Proceedings of the Sixth Annual International Conference on Mobile Computing and Networks (MobiCON), August 2000.
- Rezaee Abbas Ali , Yaghmaee Mohammad Hossein, Mohajezadeh Amir Hossein, “**A QoS Aware Data Routing Protocol for WSN Healthcare Applications**”, 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE 2010), China.
- V. Firoiu, and M. Borden, “**A Study of Active Queue Management fo Congestion Control,**” IEEE INFOCOM, 2000
- M. Fischer, D. Masi and J. Shortle, “**Approximating low latency queuing buffer latency**”. 2008 Fourth Advanced International Conference on Telecommunications.
- K. Nichols, V. Jacobson, L. Zhang, A two-bit differentiated services architecture for the internet, IETF RFC 2638 (1999).
- A.H. Mohajezadeh, M. H. Yaghmaee, R. Monsefi, — MLAF: A QoS based data dissemination protocol for wireless multimedia sensor networks||, IEEE 2010.

Appendix : (Route establishment phase)

Node: چاهک

to source for S and NS data to make distinct routes چاهک //Send control packets from

SendPacketSensitive();

SendPacketNonSensitive();

Intermediate Nodes:

// choose first record in routing table for S making routing table and other records for NS routing table.

ReceivePacket();

If(PacketType == Sensitive)

CreateSRoutingTable(); //choose first record in Routing table for sensitive and create S routing table

If(PacketType == non-Sensitive)

CreateNSRoutingTable(); //choose other records in Routing table for non sensitive according to equation1

SendPacket(): // send a packet for S and a packet for NS .

