

## ارائه پروتکل مسیریابی حساس به تاخیر در شبکه های حسگر بیسیم بدن

فاطمه حسینیان<sup>۱</sup>، محبوبه شمسی<sup>۲\*</sup>، عبدالرضا رسولی کناری<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی قم، hassanian.f@qut.ac.ir

<sup>۲</sup> استادیار دانشگاه صنعتی قم، shamsi@qut.ac.ir

<sup>۳</sup> استادیار دانشگاه صنعتی قم، rasouli@qut.ac.ir

### چکیده

شبکه های حسگر بیسیم بدن نمونه ای از شبکه های حسگر بیسیم است که شامل چندین حسگر کوچک الکترونیکی است که در درون یا بیرون بدن انسان قرار می گیرند. این سنسورها با جمع آوری اطلاعات و ارسال آنها به مراکز درمانی می توانند کمک قابل توجهی به بیماران، سالمندان و کاهش هزینه های درمانی نمایند. یکی از مشکلات پیش رو در زمینه مسیریابی بسته های اورژانسی برای ارسال به مراکز درمانی می باشد. در این مقاله یک پروتکل مسیریابی حساس به تاخیر کارآمد جدید ارائه می شود که بسته های اورژانسی با حداقل تاخیر ارسال می شوند. ما با استفاده از نرم افزار متلب الگوریتم پیشنهادی را شبیه سازی کردیم. تجزیه و تحلیل و نتیجه شبیه سازی الگوریتم نشان داده شده است. براساس این نتایج عملکرد الگوریتم بررسی شده و نشان می دهد که در تاخیر پروتکل پیشنهادی نسبت به تاخیر پروتکل های مقایسه شده حدود ۳٪ تا ۱۴٪ بهبود حاصل شده است.

### کلمات کلیدی

شبکه های حسگر بیسیم بدن، تاخیر، پروتکل مسیریابی، کیفیت سرویس

### ۱- مقدمه

بیسیم ناحیه بدن که زیر مجموعه از شبکه های حسگر بیسیم می باشد مطرح شده است، که با جمع آوری و تجزیه و تحلیل داده های مربوطه و با بکارگیری انواع مختلف سنسورهای پزشکی نشانه های حیاتی بیماران را نشان می دهند [1]. دلیل اهمیت استفاده از شبکه های حسگر بیسیم بدن در محیط های پزشکی فرصت مناسبی است که این شبکه ها برای انتقال مراقبت های پزشکی از محیط های بیمارستانی به محیط های خانگی بیماران ایجاد کرده اند. این امر موجب استفاده بهینه تر از منابع بیمارستانی و تشخیص زودهنگام و در نهایت کاهش هزینه های مراقبت پزشکی شده است [2]. استفاده از شبکه های حسگر بیسیم بدن باعث بهبود کیفیت زندگی و آسایش خاطر بیماران می شود. گره های حسگر

افراد دارای یکسری ویژگی منحصر به فردی از جمله حساسیت نسبت به بیماری، داروها یا عملیات پزشکی می باشند. که می تواند باعث تغییر در رویکرد مراقبت سلامت فرد شود. در همه ی شاخه های پزشکی مدرن از پیشگیری تا درمان های پیچیده تشخیص زود هنگام، دقیق و بررسی نتایج از نزدیک بسیار مهم می باشد. اطلاعات دقیق فرد در سطح های مختلف باید بصورت پیوسته دریافت شود. دریافت این اطلاعات باید به صورتی شکل گیرد که در زندگی طبیعی فرد مشکلی ایجاد نکند و از نظر هزینه منطقی و قابل تامین باشد. به همین منظور شبکه های حسگر

\* نویسنده مسئول

پردازش فیزیولوژیکی سپس به نقطه دسترسی در سطح ۲ منتقل می شود.

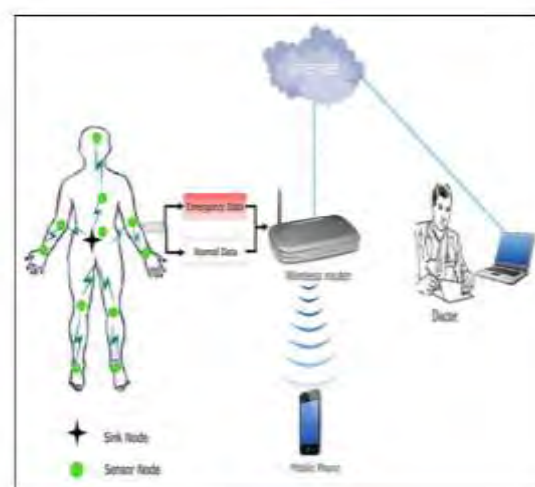
سطح ۲: ارتباط بین شبکه های حسگر بیسیم بدن- این سطح ارتباط بین سرور شخصی و یک یا چند نقطه دسترسی<sup>۲</sup> است. نقطه های دسترسی می توانند به عنوان بخشی از زیرساخت و یا حتی به صورت استراتژیک در محیط پویا برای رسیدگی به شرایط اضطراری مورد استفاده قرار گیرند. هدف ارتباطات سطح ۲ ارتباط شبکه های حسگر بیسیم بدن ها با شبکه های مختلف است که به راحتی در زندگی روزمره و همچنین شبکه های تلفن همراه و اینترنت قابل دسترسی است.

سطح ۳: ارتباط فراتر از شبکه های حسگر بیسیم بدن- طراحی این سطح ارتباطی برای استفاده در مناطق شهری است. یک دروازه مانند PDA می تواند برای ارتباط بین سطح ۲ و این سطح استفاده شود. در اصل از اینترنت به سرور پزشکی<sup>۳</sup> در یک کاربرد خاص است. طراحی سطح ۳ برای ارتباطات کاربردهای خاص است. در اصل، در یک محیط پزشکی پایگاه داده یکی از مهمترین اجزای سطح ۳ است که شامل تاریخچه پزشکی و پروفایل کاربر می شود. پزشکان یا بیماران می توانند وضعیت اضطراری را از طریق اینترنت یا سرویس پیام کوتاه<sup>۴</sup> اطلاع یابند. علاوه بر این، سطح ۳ امکان بازگرداندن تمام اطلاعات لازم بیمار را فراهم می کند که می تواند برای درمان آنها مورد استفاده قرار گیرد. با این حال، با توجه به کاربرد خاص، PS در سطح ۱ می تواند از GPRS / 3G / 4G به جای صحبت کردن با نقطه دسترسی استفاده کند [6]

کاربردهای شبکه های حسگر بیسیم بدن به دو دسته پزشکی و غیر پزشکی تقسیم می شوند. کاربردهای پزشکی را می توان به جمع آوری اطلاعات حیاتی بیمار بطور پیوسته و ارسال آن به ایستگاه های راه دور برای تجزیه و تحلیل بیشتر اشاره کرد. مانیتورینگ پیوسته شبکه های بیسیم بدن امکان تشخیص زود هنگام شرایط اورژانسی را در بیماران افزایش می دهد و سرویس های سلامت بسیاری را برای افراد با درجات مختلف ناتوانی ادراکی و حسی و حرکتی فراهم می کند. از کاربردهای غیر پزشکی می توان به کاربردهای نظامی شبکه های حسگر بیسیم بدن در یک میدان جنگ برای مرتب کردن سربازان و گزارش دهی به فرماندهان، لوازم الکترونیکی مصرفی، نظارت بر تناسب اندام، سرگرمی و برنامه های بهداشت شخصی اشاره کرد [6]. در بخش ۲ مروری بر کارهای انجام شده داریم. در بخش ۳ پروتکل مسیریابی پیشنهادی ارائه می شود، در بخش ۴ نتایج شبیه سازی شرح داده می شود. و در نهایت در بخش ۵ نتیجه گیری نهایی قرار داده شده است.

می توانند به دو صورت در داخل بدن انسان و یا بر روی بدن کار گذاشته شوند. هر گره اطلاعات خود را از طریق چاهک به ایستگاه پایه ارسال می کند و ایستگاه پایه با توجه به اطلاعات هر گره وضعیت بیمار را به کاربر نشان می دهد [3][4]. معماری ارتباطات شبکه های حسگر بیسیم بدن ها می تواند به سه سطح مختلف به شرح زیر تقسیم شود:

- سطح ۱: ارتباطات درون شبکه های حسگر بیسیم بدن
- سطح ۲: ارتباط بین شبکه های حسگر بیسیم بدن
- سطح ۳: ارتباط فراتر از شبکه های حسگر بیسیم بدن



شکل ۱: معماری شبکه های حسگر بی سیم بدن [5]

شکل ۱ سطوح ارتباطی را در یک سیستم مبتنی بر مولفه برای شبکه های حسگر بیسیم بدن نشان می دهد. در شکل ۱، سنسورها در سراسر معماری شبکه متمرکز پراکنده شده اند و محل دقیق آنها براساس کاربردهایشان می باشد. با این حال، بدن ممکن است در حال حرکت باشد (به عنوان مثال، در حال اجرا، پیاده روی)، موقعیت بدنی ایده آل گره های حسگر همیشه یکسان نیست. از این رو، شبکه های حسگر بیسیم بدن را به صورت ایستا در نظر نمی گیرند.

سطح ۱: ارتباطات درون شبکه های حسگر بیسیم بدن - سطح ۱ نشان دهنده شبکه تعامل گره ها و محدوده انتقال آنها (~ ۲ متر) در داخل بدن انسان است. در این سطح، سنسورهای متغیر سیگنال های بدن را به یک سرور شخصی<sup>۱</sup>، که در این سطح قرار دارد، می فرستند. داده های

## ۲- کارهای گذشته

و باعث کاهش تاخیر ارسال بسته ها شود اما از صف اولویت preemptive استفاده می کند [12].

در سال ۲۰۱۶ Upadhyay و Mehta الگوریتم  $APC^6$  برای کم کردن تاخیر بهبود داده اند. که در این کار با استفاده از روش های خوشه بندی و جایگزینی نقاط یک مسیر کوتاه بهینه برای کم کردن تاخیر ارائه می شود اما لزوماً با کوتاه شدن مسیر تاخیر کم نمی شود و اولویت بین بسته ها در نظر نگرفته شده است [13]. در سال ۲۰۱۶ Gundogdu و calhan یک پیاده سازی برای شبکه های حسگر بیسیم بدن ارائه داده اند که در آن تاخیر اولویت داده های ارسالی بهبود می یابد. که در این روش داده های جمع آوری شده توسط سنسورها به سه دسته اورژانسی، بنابر درخواست و عادی دسته بندی می شود و با استفاده از یک صف اولویت و یک هماهنگ کننده داده های اورژانسی زودتر ارسال می شود و بعد از آن بسته بنابر درخواست و بعد بسته عادی ارسال می شود. به این شکل داده هایی که باید تاخیر کمتری داشته باشند زودتر ارسال می گردد. این روش باعث کاهش تاخیر ارسال داده های اورژانسی می شود، اولویت سرویس دهی برای داده ها را تضمین می کند و از صف none-preemptive استفاده می کند اما اولویت بین داده های اورژانسی را در نظر نگرفته است [14]. در سال ۲۰۱۸ شریعتمداری سرکان و همکارانش الگوریتم مسیریابی مبتنی بر داده های چند مسیری که از ازدحام جلوگیری می کند و تاخیرها را کاهش می دهد، ارائه داده اند. در این الگوریتم مسیریابی مهلت زمانی بسته ها در نظر نگرفته شده است [15].

## ۳- پروتکل پیشنهادی

### ۳-۱- مدل رادیویی

مدل سازی کانال های رادیویی در شبکه های حسگر بیسیم بدن از مسائل بسیار مهم می باشد. مدل رادیویی استفاده شده در پروتکل پیشنهادی با توجه به مدل بکار رفته در پروتکل simple می باشد. در این مدل d فاصله بین فرستنده و گیرنده می باشد و  $d^2$  انرژی از دست رفته در طول کانال انتقال می باشد. فرمول (۱) معادله انرژی انتقال و فرمول (۲) معادله انرژی دریافت را نشان می دهد.

$$ETX(k,d) = ETX - elec(k) + ETX - amp(k,d) \quad (1)$$

$$ETX(k,d) = ETX - elec(k) * K + ETX - amp(k,d) * K * d^2$$

$$ERX(k) = ERX - elec(k) \quad (2)$$

کارهای زیادی برای کم کردن تاخیر در شبکه های حسگر بیسیم بدن انجام شده است: در سال ۲۰۰۷ anirban Bag الگوریتم پیشنهادی هشدار پیشگیرانه برای برنامه های کاربردی حساس به تاخیر در شبکه های حسگر بیومدیکال توسعه داده است. که در این الگوریتم در صورت وجود hotspot در کوتاه ترین مسیر براساس درجه حرارت هر نود (تعداد بسته هایی که توسط آن نود مسیریابی شده است) و مقدار آستانه سعی می شود تاخیر را به حداقل برساند. این کار باعث کاهش تاخیر، افزایش طول عمر شبکه و کاهش از دست دادن بسته ها در شبکه می شود اما اولویت بین بسته ها در نظر نگرفته شده است [7].

در سال ۲۰۱۲ Zahoor Khan و همکارانش پروتکل آگاه به کیفیت سرویس برای داده های حساس به تاخیر را ارائه داده اند که در این پروتکل پیشنهاد شده سعی می شود تاخیر سنسورها و تمام مسیرهای ممکن از مبدأ تا مقصد محاسبه شود و از بین آنها بهترین مسیر انتخاب شود و hop بعدی مشخص گردد. این پروتکل باعث افزایش نرخ انتقال موفق و کاهش تاخیر می شود اما اولویت بین بسته ها در نظر نگرفته شده است [8]. در سال ۲۰۱۲ Ayatollahitafti و Ngadi پروتکل مسیریابی  $OLSR^5$  را متناسب با شبکه های حسگر بیسیم بدن تغییر دادند بطوری که در انتخاب بهترین مسیر معیار انتخاب نود بعدی، نودی است که تاخیر کمتری داشته باشد [9]. در سال ۲۰۱۵ Kathuria و Gambhir یک پروتکل پیشنهاد شده است که در این پروتکل الگوریتمی برای تخمین تاخیر بکار گرفته شده است که باعث کاهش تاخیر می شود اما اولین بین بسته های اورژانسی را در نظر نگرفته است [10].

در سال ۲۰۱۵ Jun Cai و Changyan Yi یک مکانیزم سازگار انگیزشی برای انتقال بسته های پزشکی حساس به تاخیر ارائه شده است که با توجه به استراتژی حساسیت به تاخیر و با در نظر گرفتن صف های اولویت یک تابع قیمت گذاری سازگار برای هر بسته پزشکی انتقالی پیشنهاد می دهد. این مکانیزم کمترین هزینه کل تاخیر برای ارسال بسته ها در ایستگاه پایه و اولویت دهی سرویس به داده ها را تضمین می کند اما timeline بسته های ارسالی را در نظر نمی گیرد و از صف اولویت preemptive استفاده می کند [11]. در سال ۲۰۱۶ Changyan Yi و Jun Cai یک مکانیزم حقوقی برای انتقال بسته های پزشکی حساس به تاخیر ارائه شده است که با توجه به استراتژی حساسیت به تاخیر و مهلت زمانی بسته های پزشکی و با در نظر گرفتن صف های اولویت سعی دارد تمام دروازه ها را مجبور کند مهلت زمانی بسته ها را درست گزارش دهند

شکل ۳ ساختار جدول همسایگی [8]

که  $DL_{node(i)}$  تاخیر نود  $i$  می باشد و  $DL_{path(i,DST)}$  تاخیر مسیر بین نود همسایه  $i$  و مقصد می باشد.

### ۲-۲-۳- مسیر یابی

فاصله تمامی گره ها از یکدیگر و سینک محاسبه می گردد. برای محاسبه فاصله از فرمول (۳) استفاده شده است.

$$distance(i \times j) = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (3)$$

تاخیر نود را می توان با استفاده از فرمول (۴) با استفاده از تاخیر بسته ها برای انتقال و صف بندی و پردازش و بدست آوردن کانال بدست بیاوریم [8].

$$DL_{node(i)} = DL_{trans(i)} + DL_{queue+channel(i)}$$

$$+ DL_{proc(i)} \quad (4)$$

گره هر ۴ ثانیه بسته های سلام خود را به صورت دوره ای به روز می کند. متوسط ضریب انتقال قبل از ارسال بسته سلام با استفاده از فرمول (۵) محاسبه می شود [8].

$$DL_{trans} = \frac{1}{R_{bit}} \frac{\sum_{z=1}^n N_{bit}(z)}{n} \quad (5)$$

که

$R_{bit}$  = سرعت داده، در شبیه سازی های این روش از ۲۵۰ کیلوبیت بر ثانیه استفاده می شود.

$N_{bit}$  = تعداد بیت در هر بسته.

$n$  = تعداد بسته های ارسال شده در ۴ ثانیه.

تاخیر صف های لایه های MAC و شبکه و ضبط کانال را می توان با استفاده از فرمول میانگین متحرک (EWMA) محاسبه نمود که در فرمول (۶) ارائه شده است [8].

$$DL_{queue+channel} = (1-p)(DL_{queue(Net+MAC)+channel}) + p(DL_{queue(Net+MAC)+channel})$$

$$ERX(k) = ERX - elec(k) * K$$

که  $ETX$  انرژی مصرف شده در زمان انتقال می باشد،  $ERX$  انرژی مصرف شده در هنگام دریافت می باشد،  $ETX-elec$  و  $ERX-elec$  به ترتیب انرژی مورد نیاز برای عملکرد مدار الکترونیکی فرستنده و گیرنده می باشند.  $E_{amp}$  انرژی مورد نیاز برای مدار تقویت کننده نامیده می شود.  $K$  اندازه بسته را مشخص می کند [16].

### ۲-۲-۳- جزئیات پروتکل پیشنهادی

پروتکل های مسیریابی زیادی در شبکه های حسگر بیسیم بدنی وجود دارد که بعضی از آنها به ارسال بسته های اورژانسی توجه نموده اند. با توجه به اهمیت ارسال هرچه سریعتر بسته های اورژانسی پروتکل مسیریابی جدیدی را طراحی نموده ایم که شامل فازهای شروع، مسیریابی، زمان بندی می باشد.

#### ۲-۲-۱- فاز شروع

فاز شروع اولین فاز پروتکل پیشنهادی می باشد. در این فاز تمامی مقادیر و پارامترها مقداردهی اولیه می شوند. ساختار شبکه در این فاز مشخص می گردد. ابتدا گره سینک بسته سلامی که شامل موقعیت سینک و اطلاعات آن را به تمامی گره های داخل شبکه ارسال می کند. فیلدهای بسته سلام گره  $j$  در شکل ۲ نشان داده شده است.

$ID_{DST}$	$L_{DST}$	$ID_j$	$L_j$	$D_{(j,DST)}$	$E_j$	$DL_{path(j,DST)}$
------------	-----------	--------	-------	---------------	-------	--------------------

شکل ۲ ساختار بسته سلام [8]

که  $ID_{DST}$  شناسه نود مقصد می باشد،  $L_{DST}$  موقعیت مکانی نود مقصد می باشد،  $ID_j$  شناسه نود همسایه  $j$  است،  $L_j$  موقعیت مکانی نود همسایه  $j$  است،  $D_{(j,DST)}$  فاصله بین نود همسایه  $j$  و نود مقصد می باشد،  $E_j$  انرژی باقی مانده نود همسایه  $j$  است و  $DL_{path(j,DST)}$  تاخیر مسیر بین نود همسایه  $j$  و مقصد می باشد.

هر گره بعد از دریافت بسته سلام موقعیت سینک را ذخیره می کند و اطلاعات خود را جایگزین آن می کند و در شبکه پخش می کند، بدین صورت تمامی گره ها از موقعیت و اطلاعات سینک و گره های دیگر اطلاع می یابند و جدول همسایگی گره ها ساخته می شود. ساختار جدول (۶) در شکل ۳ نشان داده شده است. جدول همسایگی بصورت زیر به روز رسانی می شود.

$ID_{DST}$	$L_{DST}$	$ID_j$	$L_j$	$D_{(j,DST)}$	$D_{(i,j)}$	$E_j$	$DL_{node(i)}$	$DL_{path(i,DST)}$
------------	-----------	--------	-------	---------------	-------------	-------	----------------	--------------------

به طور کلی برای شبیه سازی این پروتکل می توان از چندین محیط و ابزار مختلف استفاده کرد. که ما از شبیه ساز MATLAB برای شبیه سازی استفاده کردیم. در این فصل کارایی پروتکل پیشنهادی با پروتکل های QPRD، QPRR و DM-QOS مقایسه می شود.

جدول ۱ اطلاعات پارامترها [8]

محیط شبیه سازی	۲۰۰*۱۰۰
تعداد نود ها	۱۴ تا گره سنسور و ۱ گره سینک
موقعیت اولیه گره ها	Node1(50,195) Node2(50,190) Node3(25,180) Node4(50,150) Node5(75,180) Node6(75,160) Node7(45,120) Node8(55,120) Node9(20,140) Node10(80,140) Node11(35,60) Node12(65,60) Node13(35,10) Node14(65,10) sink(50,100)
انرژی اولیه نود	۵/۵ ژول
سایز بافر	۳۲ بیت
نرخ ارسال لایه لینک	۲۵۰ کیلوبیت بر ثانیه
تعداد دور تکرار	۲۵۰۰

برای شبیه سازی ۱۵ نود در نظر گرفته شده است که همه ی نودها در جای خود ثابت هستند. متناسب با این سناریو پارامترهای تأخیر، تعداد سنسورهای زنده در هر دور، تعداد سنسورهای نیمه زنده، مرگ اولین نود، طول عمر شبکه، انرژی مصرفی و سربار مسیریابی اندازه گیری شده است.

#### ۴-۱ تأخیر

با ارسال هرچه سریعتر داده های اورژانسی به مراکز پزشکی و تشخیص زود هنگام می توان زندگی بسیاری از بیماران را نجات داد. با توجه به شکل ۵ پروتکل پیشنهادی بسته های اورژانسی را با حداقل

مقادیر اولیه تأخیر صف و ضبط کانال با تأخیر ارسال اولین بسته توسط گره مقارده می شود.  $p$  میانگین ضریب وزن است که مقدار آن  $0 < p \leq 1$  است. که مقدار آن را 0.2 فرض کرده ایم.

بسته های داده به دو دسته اورژانسی و نرمال دسته بندی می شوند و بهترین مسیر برای هر دسته انتخاب می گردد. تأخیر مسیر بسته اورژانسی بین گره A و گره مقصد با استفاده از فرمول (۷) محاسبه می شود.

$$DLpath(i,Dst)=DLnode(i)+DLpath(j,Dst)+traffic(i) \quad (۷)$$

تأخیر مسیر بسته نرمال بین گره A و گره مقصد با استفاده از فرمول (۸) محاسبه می شود.

$$DLpath(i,Dst)=(Dis(i,j)+Dis(j, Destination))/E(j) \quad (۸)$$

مقدار اولیه تأخیر نود j تا مقصد در صورتی که گره j همان گره مقصد باشد مساوی صفر است.

جدول مسیریابی با استفاده از رکوردهای جدول همسایگی ساخته می شود. جدول همسایگی شامل رکوردهای متعددی برای هر مقصد است. برای هر مقصد، سازنده جدول مسیریابی، هاپ بعدی (NHD) که دارای کمترین زمان تأخیر است را ذخیره می کند.

ساختار جدول مسیریابی برای گره i در شکل ۴ نشان داده شده است.

ID <sub>DST</sub>	L <sub>DST</sub>	NH <sub>E</sub>	NH <sub>D</sub>	DL <sub>path</sub> (L <sub>DST</sub> )
-------------------	------------------	-----------------	-----------------	--

شکل ۴ ساختار جدول مسیریابی [8]

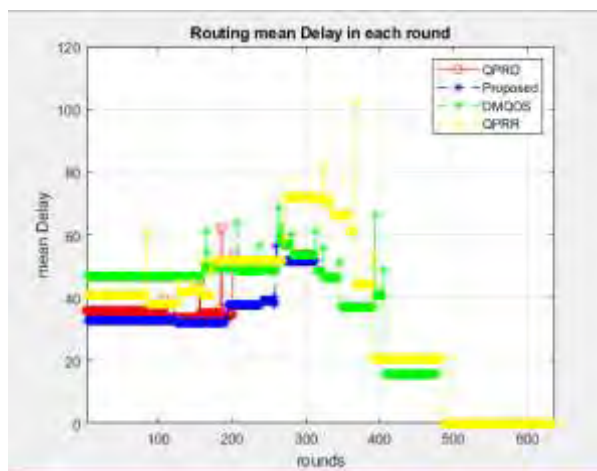
که NH<sub>E</sub> و NH<sub>D</sub> به ترتیب نود بعدی برای ارسال بر مبنای انرژی و نود بعدی برای ارسال بر مبنای تأخیر می باشند.

#### ۳-۲-۳ زمان بندی

بعد از انتخاب مسیر با کمترین تأخیر برای هر بسته مرحله بعدی برای ارسال داده زمان بندی نودها است. گره سینک برنامه زمان بندی دسترسی چندگانه<sup>۷</sup> را برای ارتباط بین نودها با سینک ایجاد می کند. این زمان بندی به نودهای شبکه اسلات های زمانی اختصاص می دهد که هر گره در زمان خودش با گره سینک ارتباط برقرار کند.

#### ۴- نتایج شبیه سازی



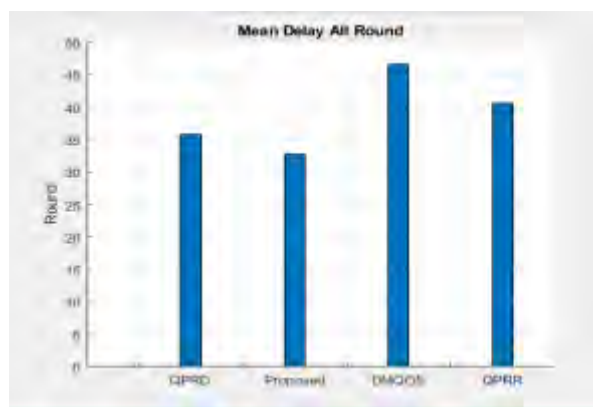


شکل ۶ تاخیر پروتکل‌ها در هر دور برای ارسال یکسان بسته‌های اورژانسی و نرمال

## ۲-۴ طول عمر شبکه

طول عمر شبکه یکی از مهم‌ترین فاکتورهای شبکه‌های حسگر بیسیم بدنی می‌باشد. طول عمر این شبکه‌ها بعلاوه محدودیت انرژی منبع تغذیه سنسورها کوتاه می‌باشد. شکل ۷ طول عمر شبکه پروتکل پیشنهادی و پروتکل‌های QPRD و DM-QOS و QPRR را نشان می‌دهد. همانگونه که در شکل می‌بینید طول عمر شبکه پروتکل پیشنهادی از پروتکل‌های QPRD و QPRR بیشتر است و نسبتاً با پروتکل DM-QOS مساوی می‌باشد. بهتر بودن طول عمر شبکه پروتکل پیشنهادی یکی از مزایای این پروتکل نسبت به ۳ پروتکل مقایسه شده می‌باشد که می‌توان با این پروتکل علائم حیاتی بیماران را در زمان بیشتری دریافت نمود.

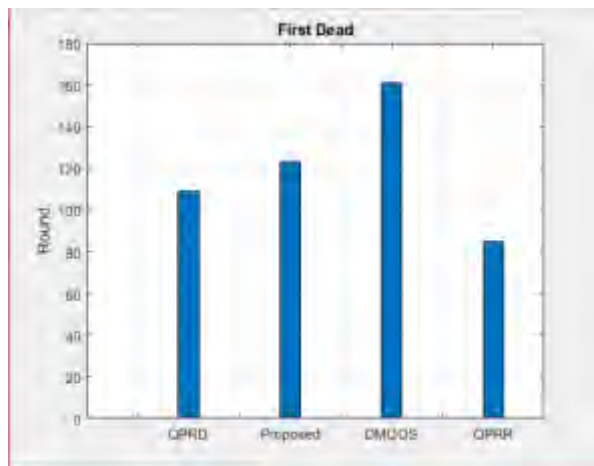
تاخیر ۳۳ میلی ثانیه‌ای ارسال می‌کند. درمقایسه، پروتکل QPRD حداقل تاخیر ۳۶ میلی ثانیه‌ای را برای ارسال بسته‌های اورژانسی فراهم می‌کند. درحالی که پروتکل DM-QOS حداقل تاخیر ۴۷ میلی ثانیه‌ای را متحمل می‌شود و پروتکل QPRR دارای حداقل تاخیر ۴۱ میلی ثانیه می‌باشد. متناسب با تاخیرهای ارائه شده پروتکل پیشنهادی دارای ۳٪ بهبود نسبت به پروتکل QPRD و ۱۴٪ بهبود نسبت به پروتکل DM-QOS و ۸٪ بهبود نسبت به پروتکل QPRR می‌باشد. با توجه به میزان تاخیر ارسال بسته‌ها در پروتکل پیشنهادی و ۳ پروتکل مقایسه شده میزان تاخیر ارسال بسته‌ها در پروتکل پیشنهادی کمتر می‌باشد و می‌توان بسته‌های اورژانسی را در زمان کوتاه‌تری به مراکز پزشکی برای بررسی وضعیت بیماران ارسال نماییم.



شکل ۵ حداقل تاخیر پروتکل‌ها برای ارسال یکسان بسته‌های اورژانسی و نرمال

در شکل ۶ حداقل تاخیر پروتکل‌ها را در هر دور مشاهده می‌کنید، همانگونه که در شکل می‌بینید تاخیر پروتکل پیشنهادی بعد از مرگ اولین نود در دور ۱۲۳ دچار تغییر ناچیزی می‌شود و از دور ۱۹۰ به بعد با مرگ گره‌های بیشتر و تغییر کوتاه‌ترین مسیر از نظر تاخیر، تاخیر آن بیشتر می‌شود. با توجه به شکل ۶ پروتکل‌های QPRD، DM-QOS و QPRR در کل طول عمر شبکه خود دارای تاخیر بیشتری نسبت به پروتکل پیشنهادی می‌باشند. تاخیر پروتکل‌های DM-QOS و QPRR از لحظه صفر تا حدودی دور ۳۲۰ صعودی می‌باشد و از دور ۳۲۰ به بعد تاخیر آن تا پایان طول عمر شبکه کاهش می‌یابد. کمتر بودن تاخیر ارسال بسته‌ها در پروتکل پیشنهادی نسبت به ۳ پروتکل مقایسه شده یکی از مزایای این پروتکل می‌باشد.

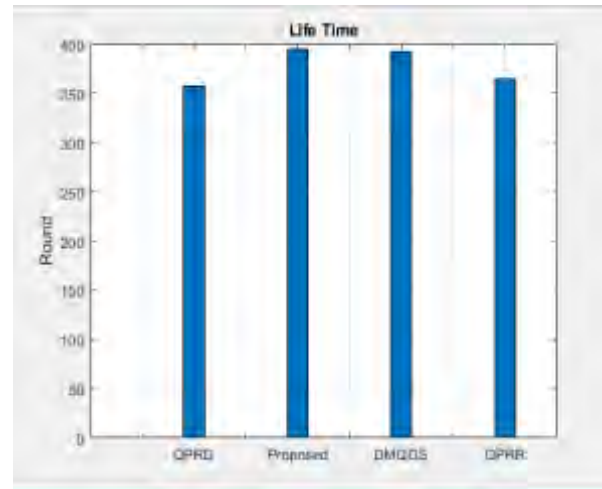
شکل ۹ مرگ اولین نود در هر پروتکل را نشان می دهد. همانگونه که در شکل می بینید، اولین نود پروتکل پیشنهادی در دور ۱۲۳ میمیرد و مرگ اولین نود پروتکل QPRD در دور ۱۱۰، برای پروتکل QPRR در دور ۸۳ و برای پروتکل DM-QOS در دور ۱۶۰ رخ می دهد. همانطوری که در شکل ۸ مشاهده کردیم تعداد سنسورهای نیمه زنده پروتکل DM-QOS از پروتکل پیشنهادی بیشتر است، در واقع تعداد سنسورهای زنده پروتکل پیشنهادی از تعداد سنسورهای زنده پروتکل DM-QOS بیشتر می باشد. با مرگ اولین نود پروتکل DM-QOS در دور ۱۶۰ و بیشتر بودن تعداد سنسورهای زنده پروتکل پیشنهادی مطابق با شکل ۷ طول عمر شبکه پروتکل پیشنهادی با پروتکل DM-QOS نسبتاً یکسان شده است. بالاتر بودن زمان مرگ اولین نود پروتکل پیشنهادی نشان دهنده مصرف کمتر انرژی مصرفی و بیشتر بودن طول عمر شبکه این پروتکل نسبت به پروتکل های QPRD و QPRR می باشد.



شکل ۹ مرگ اولین گره پروتکل ها برای ارسال یکسان بسته های اورژانسی و نرمال

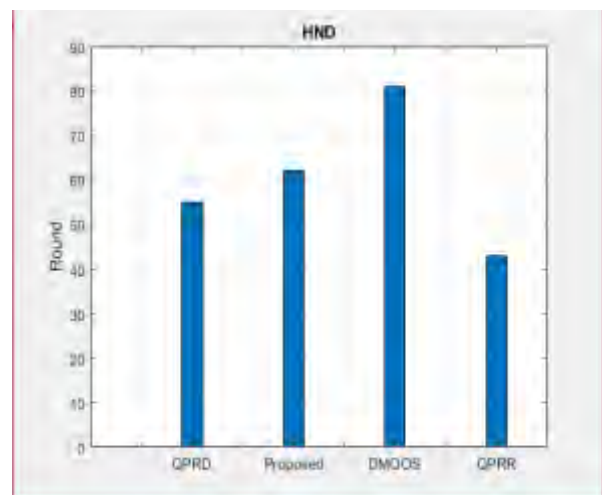
### ۳-۴ سربار مسیریابی

سربار مسیریابی تعداد بسته های مسیریابی مورد نیاز برای ارتباطات شبکه است. شکل ۱۰ سربار مسیریابی در هر دور را برای پروتکل پیشنهادی به همراه پروتکل های QPRD و DM-QOS و QPRR نشان می دهد. مطابق با شکل سربار مسیریابی پروتکل پیشنهادی در بیشتر

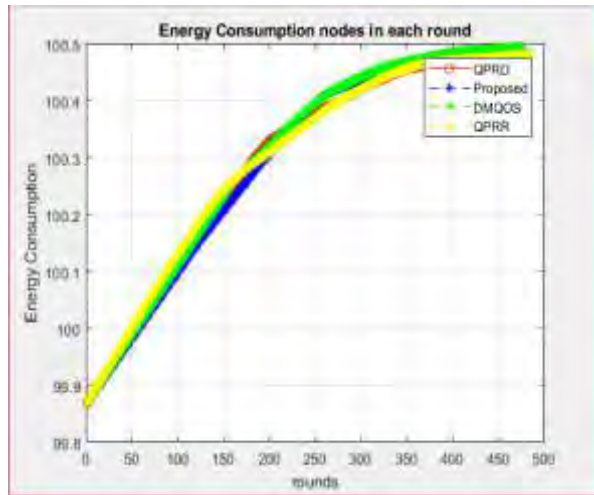


شکل ۷ طول عمر شبکه پروتکل ها برای ارسال یکسان بسته های اورژانسی و نرمال

اگر انرژی نود از نصف انرژی اولیه اش کمتر شود نود بعنوان نود نیمه زنده محسوب می شود. شکل ۸ تعداد سنسورهای نیمه زنده پروتکل پیشنهادی و پروتکل های QPRD و DM-QOS و QPRR را نشان می دهد. با توجه به شکل تعداد سنسورهای نیمه زنده پروتکل پیشنهادی از تعداد سنسورهای نیمه زنده پروتکل های QPRD و QPRR بیشتر می باشد و از تعداد سنسورهای نیمه زنده پروتکل DM-QOS کمتر می باشد.



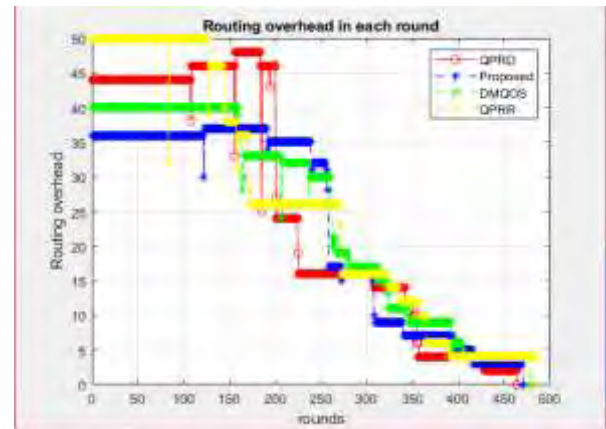
شکل ۸ تعداد سنسورهای نیمه زنده پروتکل ها برای ارسال یکسان بسته های اورژانسی و نرمال



شکل ۱۱ انرژی مصرفی پروتکل‌ها در هر دور برای ارسال یکسان بسته‌های اورژانسی و نرمال

شکل ۱۲ تعداد سنسورهای زنده در هر دور را برای پروتکل پیشنهادی و پروتکل‌های QPRD, DM-QOS و QPRR نشان می‌دهد. مطابق با شکل تا قبل از مرگ اولین نود پروتکل QPRR در دور ۸۳ تعداد سنسورهای زنده هر ۴ پروتکل یکسان می‌باشد. از دور ۱۱۰ با مرگ اولین نود پروتکل QPRD تعداد سنسورهای زنده این پروتکل کمتر از پروتکل پیشنهادی و DM-QOS می‌شود و از دور ۱۲۳ با مرگ اولین نود پروتکل پیشنهادی تعداد سنسورهای زنده این پروتکل کاهش می‌یابد. از دور ۱۶۰ با مرگ اولین نود پروتکل DM-QOS تعداد سنسورهای زنده این پروتکل از تعداد سنسورهای زنده پروتکل پیشنهادی نیز بیشتر کاهش می‌یابد. بدلیل بیشتر بودن تعداد سنسورهای نیمه زنده پروتکل DM-QOS روند کاهشی تعداد سنسورهای زنده این پروتکل نسبت به پروتکل پیشنهادی سریعتر می‌باشد، و در دورهای ۲۶۰ به بعد نسبتاً روند کاهشی یکسانی دارند. با توجه به این روند کاهشی تعداد نودهای زنده پروتکل پیشنهادی و پروتکل‌های QPRD و QPRR می‌توان نتیجه گرفت که طول عمر شبکه پروتکل پیشنهادی از طول عمر شبکه پروتکل‌های QPRD و QPRR بیشتر می‌باشد. با توجه به روند کاهشی تعداد نودهای زنده پروتکل DM-QOS و شکل ۸ طول عمر شبکه پروتکل پیشنهادی با طول عمر شبکه پروتکل DM-QOS نسبتاً یکسان می‌باشد که این یکی از مزایای پروتکل پیشنهادی نسبت به پروتکل‌های مقایسه شده می‌باشد.

جاها از سربار مسیریابی پروتکل‌های QPRD و DM-QOS و QPRR کمتر می‌باشد.



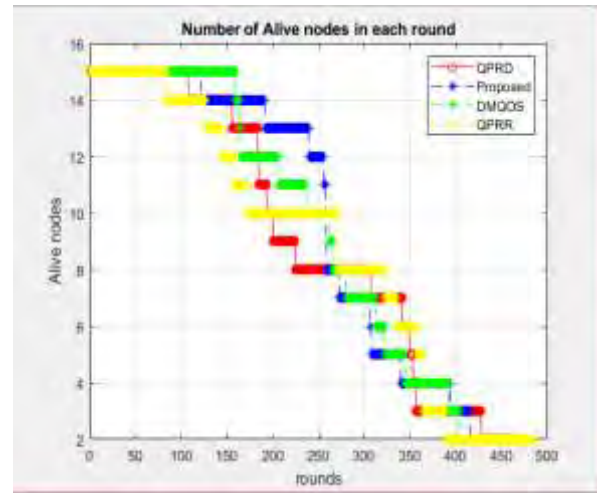
شکل ۱۰ سربار مسیریابی پروتکل‌ها در هر دور برای ارسال یکسان بسته‌های اورژانسی و نرمال

#### ۴-۴ انرژی مصرفی

استفاده بهینه از انرژی گره‌ها همواره به عنوان یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های موجود در زمینه شبکه‌های حسگر بیسیم بدنی مطرح بوده است. با اتمام انرژی گره‌ها، به دلیل غیرقابل تجدید بودن این منابع، عمر شبکه به پایان می‌رسد. شکل ۱۱ انرژی مصرفی در هر دور را برای پروتکل پیشنهادی و پروتکل‌های QPRD و DM-QOS و QPRR نشان می‌دهد. مطابق با شکل انرژی مصرفی پروتکل پیشنهادی از انرژی مصرفی ۳ پروتکل مقایسه شده کمتر یا مساوی می‌باشد که باعث بیشتر بودن طول عمر شبکه پروتکل پیشنهادی از طول عمر شبکه پروتکل‌های QPRD و QPRR می‌باشد و با طول عمر شبکه پروتکل DM-QOS یکسان می‌باشد.



- [3] Bahae Abidi, Abdelillah Jilbab & El Haziti Mohamed *Wireless body area network for health monitoring*, Journal of Medical Engineering & Technology, (2019)
- [4] Kaur, Er Simarpreet, and Birinder Singh. *A survey on Body Area Network applications and its routing issues*, (2017).
- [5] Khalid M Awan, Nadeem Ashraf, Muhammad Qaiser Saleem, Osama E Sheta, Kashif Naseer Qureshi, Asim Zeb, Khalid Haseeb and Ali Safaa Sadiq, *A priority-based congestion-avoidance routing protocol using IoT-based heterogeneous medical sensors for energy efficiency in healthcare wireless body area networks*, International Journal of Distributed Sensor Networks. (2019)
- [6] Samaneh Movassaghi, M. A., Justin Lipman, David Smith, Abbas Jamalipour, *Wireless Body Area Networks: A Survey*, IEEE Communications Surveys & Tutorials (2014).
- [7] Anirban Bag , Mostafa A. Bassiouni, *Hotspot Preventing Routing algorithm for delay-sensitive applications of in vivo biomedical sensor networks*, Elsevier (2007)
- [8] Zahoor Khan, Shyamala Sivakumar\$, William Phillips, Bill Robertson. *QPRD: QoS-aware Peering Routing Protocol for Delay Sensitive Data in Hospital Body Area Network Communication*. IEEE (2012)
- [9] V Ayatollahitafti and M A Ngadi. *Article: An Efficient Algorithm with Reduced Delay in Body Area Networks*. International Journal of Applied Information Systems 4(4): October (2012).
- [10] Madhumita Kathuria, Sapna Gambhir. *Reliable Delay Sensitive Loss Recovery Protocol for Critical Health data Transmission System*. IEEE conference (2015)
- [11] Changyan Yi, Attahiru S. Alfa. *An Incentive-Compatible Mechanism for Transmission Scheduling of Delay-Sensitive Medical Packets in E-Health Networks*. *Mobile Computing IEEE Transactions on*, vol. 15(2015)
- [12] Changyan Yi, Jun Cai. *A Priority-Aware Truthful Mechanism for Supporting Multi-Class Delay-Sensitive Medical Packet Transmissions in E-Health Networks*. *Mobile Computing IEEE Transactions on*, vol. 16(2016)
- [13] Hinal Upadhyay\* and Mala Mehta. *Improved APAC algorithm for minimizing delay in wireless sensor network with mobile sink*. International Journal of Advanced Computer Research, (2016).
- [14] Köksal Gündoğdu1 & Ali Çalhan. *An Implementation of Wireless Body Area Networks for Improving Priority Data Transmission Delay.*, Springer Science+Business Media New York (2016)
- [15] Mojgan ShariatmadariSerkani, Javad Mohammadzadeh, Mahdi Mollamotalebi. *A Reliable Routing Algorithm for Delay Sensitive Data in Body Area Networks*. J. ADV COMP ENG TECHNOL, 4(4) Autumn (2018): 229-236



شکل ۱۲ تعداد سنسورهای زنده پروتکل‌ها در هر دور برای ارسال یکسان بسته‌های اورژانسی و نرمال

## ۵- نتیجه گیری

استفاده از شبکه‌های حسگر بیسیم بدنی باعث بهبود در کیفیت زندگی و آسایش خاطر بیماران شده است. این تکنولوژی همواره در حال پیشرفت می‌باشد تا بتواند بهترین سرویس را در اختیار بیماران و پزشکان و مراکز درمانی قرار دهد. عوامل متفاوتی می‌تواند باعث افزایش تاخیر در شبکه‌های بیسیم بدن شوند. کارهای زیادی برای کاهش تاخیر در شبکه‌های بیسیم بدن انجام گرفته است. ما در این مقاله، یک پروتکل مسیریابی کارآمد جدید حساس به تاخیر را ارائه داده‌ایم. برای کاهش تاخیر ارسال بسته‌ها در پروتکل پیشنهادی بسته‌ها به دو دسته اورژانسی و عادی تقسیم می‌شوند. برای ارسال بسته‌های اورژانسی علاوه بر تاخیر نودها، ترافیک را نیز در نظر گرفته‌ایم تا بسته‌ها از مسیر با تاخیر و ترافیک کمتر ارسال شوند. برای ارسال بسته‌های عادی از بین کوتاه‌ترین مسیرهای ممکن مسیری که دارای انرژی بیشتر می‌باشد، انتخاب می‌گردد.

## منابع

- [1] Movassaghi S, Abolhasan M, Lipman J, *A review of routing protocols in wireless body area network*, Journal of Network. 8(3). (2013)
- [2] Jaeho Lee and Seungku Kim, *Emergency-Prioritized Asymmetric Protocol for Improving QoS of Energy-Constraint Wearable Device in Wireless Body Area Networks*. January (2018)



of Engineering Science and Technology Vol. 13, No.  
1 (2018) 196 – 210

[16] NEELAM SHARMA, KARAN SINGH, B. M. SINGH. "AN ENHANCED-SIMPLE PROTOCOL FOR WIRELESS BODY AREA NETWORKS " Journal

- 
- <sup>1</sup> Personal Server
  - <sup>2</sup> Access point
  - <sup>3</sup> Medical Server
  - <sup>4</sup> Short Message Service (SMS)
  - <sup>5</sup> optimized link state routing protocol
  - <sup>6</sup> anchor point algorithm with clustering
  - <sup>7</sup> TDMA