

بررسی پروتکل‌های دسترسی به رسانه در شبکه‌های درمانی حسگر بی‌سیم بدنی جهت بهبود کیفیت سرویس

مریم سیدی^۱، محبوبه شمسی^۲، عبدالرضا رسولی کناری^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد-دانشکده‌ی برق و کامپیوتر- دانشگاه صنعتی قم- قم- ایران
آدرس پست الکترونیکی: seyedi.m@qut.ac.ir

^۲ استادیار دانشکده‌ی برق و کامپیوتر- دانشگاه صنعتی قم- قم- ایران
آدرس پست الکترونیکی: shamsi@qut.ac.ir

^۳ استادیار دانشکده‌ی برق و کامپیوتر- دانشگاه صنعتی قم- قم- ایران
آدرس پست الکترونیکی: rasouli@qut.ac.ir

چکیده

امروزه استفاده از زیر ساخت‌ها و تکنولوژی‌های ارتباطی برای مقاصد پزشکی و سلامت، روز به روز رشد و توسعه می‌یابد. در میان تکنولوژی‌های مختلف ارتباطی، استفاده از شبکه‌های بی‌سیم در حوزه‌ی بهداشت و درمان با توجه به ویژگی‌هایی مانند دسترسی سریع به بیمار، کاهش هزینه‌های درمان، امکان جابه‌جایی و افزایش راحتی بیمار، بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. آنچه شبکه‌ی مورد استفاده برای کاربردهای پزشکی را از سایر شبکه‌ها متمایز می‌سازد، تضمین دریافت صحیح و به موقع اطلاعات پزشکی است که توجه به مقوله‌ی کیفیت سرویس را در این شبکه‌ها دوچندان کرده است. هدف این مقاله افزایش گذردهای بسته‌ها در شبکه حسگر بی‌سیم بدنی و در نتیجه بهبود کیفیت سرویس است؛ لذا به بررسی انواع پروتکل‌های این حوزه پرداخته شد و پس از بررسی مشخص گردید که پروتکل دسترسی تقسیم زمانی (TDMA) در عدالت بسته‌های ارسالی و بهبود کیفیت سرویس شبکه موثر است و نتایج بسیار بهتری در فاکتورهای میزان تأخیر، توان گذردهی و انرژی دارد.

کلمات کلیدی

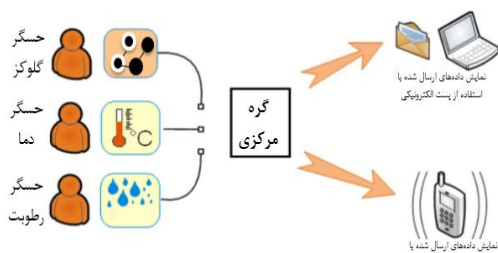
کیفیت سرویس، شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدنی، پروتکل دسترسی تقسیم زمانی.

۱- مقدمه

شبکه‌ها، جمع‌آوری اطلاعاتی در مورد محیط پیرامون حسگرهای شبکه است. فناوری شبکه‌های حسگر بی‌سیم یکی از فناوری‌های کلیدی است، که کاربردهای مهمی در بخش‌های علمی، بازرگانی، نظارت ترافیکی و ... دارد که کاربرد آن در زمینه پزشکی بسیار قابل توجه است [۳]. انتقال مراقبت‌های پزشکی از محیط‌های بیمارستانی به محیط‌های خانگی برای بیماران فرصت منحصر به فردی است که موجب استفاده بهینه از منابع بیمارستانی و تشخیص زودتر علائم پزشکی و در نهایت کاهش هزینه‌های مراقبت می‌گردد. اما با این وجود یکی از چالش‌های جدی که این نوع شبکه‌ها، در بسیاری از کاربردها با آن روبرو هستند چگونگی افزایش کیفیت سرویس است.

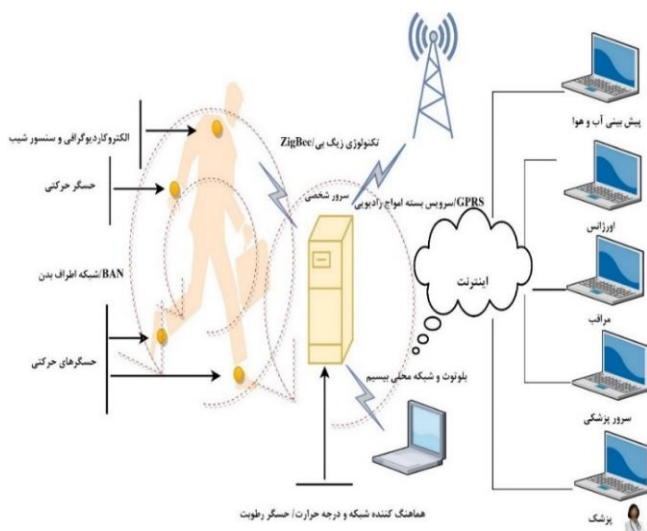
شبکه‌های حسگر، نسل جدیدی از شبکه‌ها هستند که به طور معمول، از تعداد زیادی گره ارزان قیمت تشکیل شده‌اند، شبکه‌های حسگر به شدت با محیط فیزیکی اطراف تعامل دارد و از طریق حسگرها اطلاعات محیط را دریافت کرده و در صورت نیاز پس از اعمال پردازش ساده، آن‌ها را ارسال می‌کنند. در شبکه‌های حسگر بی‌سیم ارتباط گره‌ها به صورت بی‌سیم برقرار شده و هر کدام از آن‌ها به صورت مستقل و بدون دخالت انسان کار می‌کنند. هدف اصلی در این

در شکل ۲ نمونه‌ای از پایش اندازه‌گیری دما، رطوبت و سطح گلوکز خون، به عنوان چند مثال کاربردی نشان داده شده است [۷].



شکل ۲ - پایش علایم حیاتی و کاربرد شبکه حسگر در حوزه سلامت [۸].

شبکه حسگر بدنی (WBAN^۳) دارای تعداد نود کوچکتري نسبت به شبکه حسگر بی سیم است. نودهای کوچکتري باتري های کوچکتري دارند و این مسئله در کاهش مصرف انرژی، بهبود پردازش و ذخیره سازی تاثیر شگرفی دارد [۹، ۱۰]. پایش مداوم شبکه های حسگر بدنی امکان تشخیص زود هنگام شرایط اورژانسی را در بیماران افزایش می دهد و محدوده وسیعی از سرویس های سلامت را برای افرادی با درجات مختلف ناتوانی ادراکی، حسی و حرکتی فراهم می کند [۸]. یک نمونه از کاربرد این شبکه ها که شمایی از مراقبت های پزشکی و نظارت بر بیمار از راه دور است، در شکل ۳ نشان داده شده است. این شبکه ها تحت شبکه های ابری^۴ و اینترنت اشیا^۵ می توانند خدمات به مشتریان ارایه دهند [۸].



شکل ۳- مثالی از شبکه WBAN [۳].

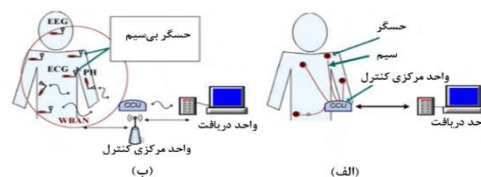
۳- پروتکل‌های دسترسی به رسانه برای شبکه‌های WBAN (شبکه‌های سلامت)

از آنجایی که در شبکه بی‌سیم بدنی، لایه MAC^۶ یکی از لایه‌های کلیدی به شمار می‌آید، لذا پروتکل‌های بسیاری برای این لایه ارائه شده است. پروتکل‌های ارائه شده هر یک سعی در بالا بردن توان عملیاتی شبکه و در عین حال کاهش تصادم و از بین رفتن داده‌ها دارند. این قسمت به بررسی پروتکل‌های

پروتکل‌های طراحی شده برای شبکه‌های حسگر بی‌سیم بسیار وابسته به نوع کاربردی است که شبکه برای آن ایجاد شده است. بنابراین بسیاری از کاربردهای شبکه‌های حسگر بی‌سیم، مثل شبکه‌های سلامت نیازمند ارائه پروتکل مناسب جهت بهبود پارامترهای کیفیت سرویس هستند تا بتوانند داده‌های مهم را به موقع و با قابلیت اطمینان بالا، به مقصد ارسال نمایند. منظور از افزایش کیفیت سرویس، افزایش بازدهی شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدنی است که برای این منظور باید معیارهای ارزیابی شبکه که شامل مصرف انرژی، تأخیر، سرعت ارسال بسته میان مبدأ و مقصد، گذردهی^۱ و ... است؛ را مورد بررسی قرار داد و از آنجا که لایه دسترسی به رسانه، یکی از لایه‌های پشته پروتکل است و طراحی درست آن می‌تواند باعث مصرف انرژی کم و در نتیجه افزایش کارایی گردد به بررسی پروتکل‌های مختلف این لایه پرداخته شد. در ادامه در بخش ۲، به معرفی و نحوه پایش علایم حیاتی بدن می‌پردازد. در بخش ۳ انواع پروتکل‌های دسترسی به رسانه برای شبکه سلامت معرفی می‌شوند. بخش ۴ مقایسه‌ای از این پروتکل‌ها را خواهیم داشت. بخش ۵ مناسب‌ترین پروتکل در حوزه سلامت از بین پروتکل‌های شرح داده شده، انتخاب می‌شود و در بخش ۶ نتیجه‌گیری، کلیات ارائه می‌گردد.

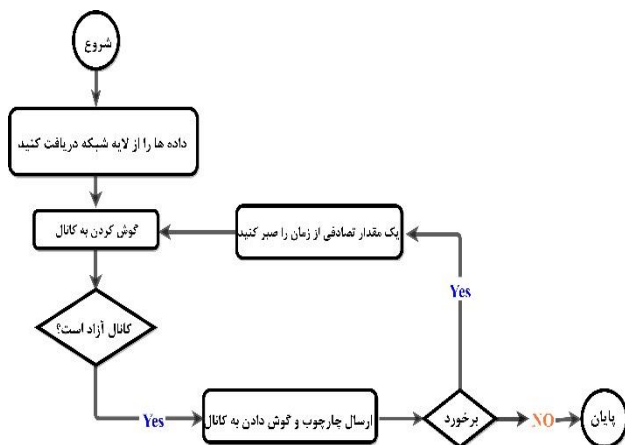
۲- پایش علایم حیاتی بدن

پایش علایم حیاتی بدن به عنوان یکی از کاربری‌های شبکه‌های بی‌سیم سلامت در سال ۲۰۱۰ مطرح شده‌اند[۴]. ابزارهای پایش علایم حیاتی بدن که هم‌اکنون در بیشتر مراکز درمانی استفاده می‌شوند به علت بزرگی بخش الکترونیکی آن‌ها و اتصال از طریق سیم به سایر حسگرها برای بیماران شرایطی نسبتاً نامطلوب ایجاد می‌کند. این شرایط به‌خاطر عواملی چون محدودیت آزادی حرکت و آشکار بودن ادوات بر روی لباس بیمار است. در شکل ۱، قسمت (الف) شبکه عمومی سیمی مورد استفاده در محیط درمانی را نشان می‌دهد که در این نوع از شبکه‌ها، حسگرها با استفاده از سیم اطلاعات را به واحد مرکزی کنترل اطلاعات می‌فرستند و سپس اطلاعات از طریق سیم به واحد دریافت منتقل می‌شوند. در حالت سنتی شبکه پیاده‌سازی شده واحد کنترل بسیار آزاردهنده است، زیرا از سیم‌ها برای اتصالات استفاده شده است. برای ایجاد شبکه‌های حسگر بی‌سیم، نیاز به حسگرهای کوچک و قابل اتصال است که توانایی ارتباط با بی‌سیم بخش دریافت اطلاعات را داشته باشند. در قسمت (ب) از شکل ۱، شبکه بی‌سیم در محیط درمانی نشان داده شده است. در این حالت حسگرها مجهز به فرستنده-گیرنده بی‌سیم هستند و اطلاعات را به واحد مرکزی منتقل می‌نمایند. واحد کنترل بی‌سیم^۲، که اطلاعات را از طریق حسگرهای بی‌سیم دریافت می‌کند، اطلاعات دریافتی را برای پایش به واحد دریافت ارسال می‌نماید[۵].



شکل ۱- شبکه‌های درمانی (الف) شبکه عمومی و باسیم (ب) شبکه جدید بی‌سیم [۶].

نشان داده شده است اگر گره رسانه را بیکار تشخیص دهد، با احتمال p انتقال را انجام می‌دهد و با احتمال $(1-p)$ ارسال را به برش بعدی موکول می‌نماید. استفاده از پروتکل CSMA در حوزه سلامت برای کارهایی که به صورت برخط^{۱۲} پیاده‌سازی شده باشند مناسب نیست، چرا که ممکن است گره‌های موجود در شبکه افزایش پیدا کنند و با گوش کردن به کانال و تشخیص تصادم، گره حسگر نتواند داده خود را ارسال کند[۱۵].



شکل ۵- پروتکل CSMA [۱۶].

۳-۱-۳- پروتکل IEEE 802.15.04

این پروتکل در حوزه سلامت استفاده شده است که دارای نرخ داده پایین، مصرف انرژی پایین، دوره‌ی آزاد^{۱۳} و دارای دوره‌ی رقابت^{۱۴} است. برای همزمان‌سازی بین فرستنده و گیرنده، بسته‌ها از گره مرکزی دریافت اطلاعات فرایخش^{۱۵} می‌شوند و برای انتقال اطلاعات از دوره‌ی رقابت استفاده می‌کنند. این پروتکل به جهت اینکه دارای نرخ داده پایین و مسافت انتقال کم است و نمی‌تواند برنامه‌های کاربردی با نرخ داده بالا را پشتیبانی کند، برای WBAN مناسب نمی‌باشد[۱۷]. استفاده پروتکل IEEE 802.15.04 بهترین راه حل برای WBAN نیست چرا که توانایی اجرای برنامه‌های کاربردی دارای نرخ داده بالاتر از ۲۵۰ کیلوبیت بر ثانیه و انتقال بسته در فواصل نسبتاً طولانی (۱۰ متر) را ندارد.

۳-۱-۴- پروتکل S-MAC^{۱۶}

یک پروتکل MAC بهینه در مصرف انرژی است که به طور خاص برای شبکه‌های حسگر بی‌سیم طراحی شده است. S-MAC در مورد شبکه حسگری بیان شده است که در آن قسمت اعظم ارتباطات بین گره‌ها در حالت نظیر به نظیر رخ می‌دهد و ایستگاه مرکزی وجود ندارد. بنابراین کاربردهای آن دارای دوره‌های بیکار طولانی هستند. S-MAC میتواند تأخیر ایجاد شده در زمان ارسال پیام را تحمل کند. هدف اصلی از طراحی پروتکل

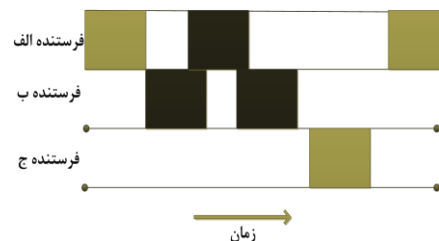
دسترسی به رسانه در حوزه سلامت پرداخته می‌شود. پروتکل MAC به دو دسته زمانی و رقابتی تقسیم‌بندی می‌شوند. دسته اول، پروتکل‌های بدون رقابت هستند که از قبل برای یک گره یا یک ایستگاه مرکزی یک واحد زمانی، فرکانسی و یا کد را ذخیره می‌کنند و گره فقط در این واحد می‌تواند داده خود را ارسال کند. دسته دوم پروتکل‌های مبتنی بر رقابت هستند. در این پروتکل‌ها، گره‌ها برای دسترسی به رسانه بدون اینکه از قبل برای آن‌ها رسانه ذخیره شده باشد، تلاش می‌کنند که رسانه را تصاحب کنند و داده خود را ارسال کنند.

۳-۱-۱- پروتکل‌های MAC مبتنی بر رقابت برای WBAN

در پروتکل‌های مبتنی بر رقابت گره‌ها با یکدیگر به رقابت می‌پردازند و بین گره‌ها ممکن است برخورد بسته‌ها صورت گیرد[۱۱]. برای جلوگیری از بروز تصادم، پروتکل کنترل دسترسی به رسانه بر پایه رقابت در کاهش تصادم نقش مهمی دارند. از نسل اولیه این دسته پروتکل‌ها می‌توان پروتکل‌هایی به شرح زیر را نام برد که در شبکه‌های WBAN استفاده شده‌اند[۱۲، ۱۳].

۳-۱-۱-۱- پروتکل ALOHA مبتنی بر رقابت

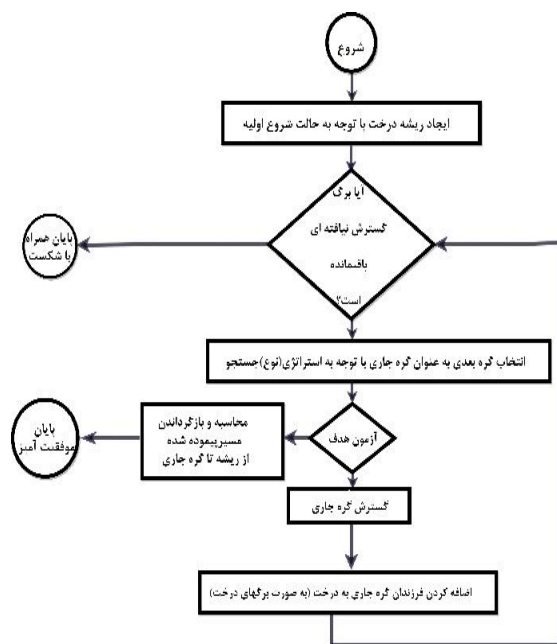
در پروتکل ALOHA خالص، گره‌های حسگر در هر زمان که بخواهند، می‌توانند داده‌های خود را ارسال کنند. در این پروتکل گره‌های حسگر قابلیت گوش کردن به کانال^{۱۷} را ندارند و در صورتی که تصادم بین بسته‌های ارسالی صورت گیرد، فرستنده برای ارسال مجدد تلاش می‌نماید. همانطور که در شکل ۴ نشان داده شده است فرستنده‌ها اقدام به ارسال بسته‌های خود می‌کنند. در بسته‌های فرستنده «الف» و «ب» دچار تصادم شده‌اند که هر کدام مدت زمان تصادفی را صبر کرده‌اند و دوباره اقدام به ارسال کرده‌اند. با توجه به بازدهی پایین هجده درصدی این پروتکل، استفاده از آن در شبکه‌های WBAN سلامت مناسب نیست[۱۴].



شکل ۴- پروتکل ALOHA خالص[۱۴].

۳-۱-۲- پروتکل CSMA^{۱۸}

در پروتکل CSMA، گره حسگر قبل از ارسال داده خود، توانایی گوش کردن به کانال را دارد. این قابلیت به گره حسگر اجازه می‌دهد در صورت مشغول بودن کانال، داده خود را ارسال نکند و مجدد به گوش کردن کانال ادامه دهد. در صورتی که متوجه آزاد بودن کانال شود اقدام به ارسال داده خود می‌کند. پروتکل CSMA دارای مدل‌های غیرمقاوم^{۱۹}، صد در صد مقاوم^{۲۰} و p درصد مقاوم^{۲۱} است. در CSMA غیرمقاوم، چنانچه یک گره تشخیص دهد کانال رسانه مشغول است، مدت زمان تصادفی منتظر می‌ماند و مجدد به کانال گوش می‌کند. در CSMA صددرصد مقاوم، گره به گوش کردن خود ادامه می‌دهد تا زمانی که رسانه بیکار شود. در CSMA، p درصد مقاوم، همانطور که در شکل ۵



شکل ۶- فلوچارت الگوریتم عمومی جستجوی درخت

S-MAC، افزایش بهره‌وری انرژی، در عین حال حفظ مقیاس‌پذیری و اجتناب از تصادم است. برای دستیابی به این هدف، پروتکل S-MAC تلاش می‌کند مصرف انرژی را از تمام منابعی که سبب استفاده غیر مؤثر از انرژی می‌شوند، کاهش دهد. در مقابل، امکان تنزل عملکرد در تسهیم عادلانه و تأخیر در هر پوشه وجود دارد. این کار با ترکیب چندین مکانیزم پروتکل مؤثر در یک پروتکل MAC رقابتی صورت می‌گیرد که بر پایه استاندارد IEEE 802.11 ساخته شده است. این مکانیزم‌ها عبارتند از: گوش دادن و بی‌کاری به صورت دوره‌ای، اجتناب از تصادم، همزمان‌سازی هماهنگ و عبور پیام [۱۸].

۳-۱-۵- پروتکل T-MAC^{۱۷}

یک پروتکل MAC کارآمد از نظر انرژی تطبیقی است. ایده مقدماتی-T-MAC کاهش مدت زمان گوش دادن در حالت بی‌کاری با استفاده از دوره کاری پویا است. علاوه بر این در این پروتکل هر سال تمام پیام‌ها در حالت انفجاری با اندازه متغیر در دوره‌های فعال انجام می‌گیرد و گره‌ها در فواصل زمانی بین دوره‌های فعال به حالت بی‌کار می‌روند. برای حفظ دوره فعال بهینه تحت بار ترافیک متغیر، در صورتی که هیچ چیزی شنیده نشود، T-MAC به صورت پویا طول دوره فعال را صرفاً با رسیدن به مهلت زمانی تعیین می‌کند [۱۹].

۳-۲- پروتکل‌های MAC بدون رقابت برای WBAN

۳-۲-۱- پروتکل دسترسی تقسیم زمانی (TDMA)

پروتکل TDMA رسانه را به شکاف‌های زمانی یکسان، قسمت کرده و آن‌ها را به گونه‌ای تنظیم می‌نماید که به صورت متناوب تجدید شوند. در این حالت دسترسی به کانال بدون تصادم امکان‌پذیر می‌شود و ائتلاف انرژی هم کاهش می‌یابد [۲۱]. در این پروتکل هر گره حسگر دارای بازه زمانی مختص به خود است و داده خود را در آن بازه انتقال می‌دهد. بر اساس شکل ۷ در بخش الف، تعدادی گره می‌خواهند با استفاده از پروتکل TDMA به سینک (گره مرکزی دریافت اطلاعات) دسترسی داشته باشند. در بخش ب، به هر گره زمانی اختصاص داده می‌شود تا از رسانه مشترک استفاده کنند و هر گره در هر بخش زمانی اجازه استفاده از رسانه را دارند. پروتکل TDMA برای تمامی گره‌ها، حق یکسانی در نظر می‌گیرد و عدالت را به صورت کامل رعایت می‌کند [۲۲]. لذا یکی از مزیت‌های پروتکل TDMA رعایت انصاف برای گره‌های موجود در شبکه می‌باشد. هر گره در زمانی مشخص اجازه ارسال و دریافت اطلاعات را دارد. این پروتکل به عنوان بدون تصادم معرفی می‌شود. با همین استدلال می‌توان پروتکل TDMA را پروتکلی مناسب برای حوزه سلامت در نظر گرفت.

۳-۱-۶- پروتکل CICADA^{۱۸}

این پروتکل برای حل مشکل وقفه و ارسال بسته به شکل پیوسته، از درخت جمع‌آوری استفاده می‌نماید. درخت جمع‌آوری، روشی ساده جهت جستجوی فضای حالت است که فضای حالت مجموعه‌ای از حالتها است که از حالت اولیه می‌توان به آنها رسید. در شکل ۶ فلوچارت الگوریتم عمومی جستجوی درخت نمایش داده شده است. در پروتکل CICADA از مکانیزم بسته‌های MTS^{۱۹} به منظور کاستن مشکل مرتبط با رقابت و تصادم کانال استفاده شده است. در این مکانیزم از یک زمانبندی فعالیت-استراحت استفاده می‌شود که به طور متناوب قابل تنظیم است و ارسال پیوسته داده بر روی یک مسیر را امکان‌پذیر می‌سازد. در این پروتکل مکانیزمی به نام پیش‌بینی داده به کار گرفته می‌شود تا زمانی که چند فرزند از یک گره بسته‌هایی برای ارسال در یک شکاف زمانی یکسان داشته باشند، بازه زمانی فعالیت افزایش یابد. همچنین زمانی که گره‌های یک سطح یکسان از درخت جمع‌آوری داده با گره‌های ریشه متفاوت برای دسترسی به کانال رقابت می‌کنند از بسته MTS استفاده می‌شود. ایده کلیدی در طراحی این پروتکل، یک الگوی بیدار کردن با قابلیت تنظیم به طور متناوب است، به طوری که بسته‌ها به صورت پیوسته از گره‌های حسگر به گره مرکزی دریافت اطلاعات فرستاده شوند. یک بازه زمانی به سه قسمت دریافت کردن، فرستادن و استراحت تقسیم می‌شود [۲۰]. برای کاهش تصادم در زمان ارسال گره‌هایی که در یک سطح درخت قرار دارند، برای یک دوره زمانی دست از ارسال می‌کشند که به این دوره BP^{۲۰} گفته می‌شود. این زمان با یک زمان تصادفی در پنجره رقابت قبل از ارسال بسته جمع می‌گردد. در این پروتکل از یک پنجره رقابت با اندازه ثابت استفاده می‌شود زیرا طول شکاف زمانی ارسال فقط برای یک بسته کافی است. زمانی که یک گره، بسته‌ای را دریافت می‌کند، برای یک دوره کوتاه که SP نامیده می‌شود صبر می‌کند و سپس بسته تأییدیه (ACK) را برای فرستنده ارسال می‌کند [۲۰].

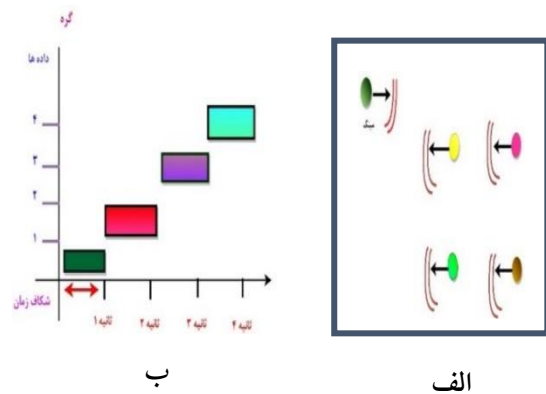
۳-۳- پروتکل‌های ترکیبی

۳-۳-۱- پروتکل TaMAC

پروتکل TaMAC تلاش می‌کند تا مصرف انرژی را در شبکه‌های WBAN بهینه سازد و پس از بررسی پروتکل‌های موجود در WBAN، پروتکل TDMA را به عنوان بهترین پروتکل انتخاب کرده است. در این پژوهش برای همزمان‌سازی از پروتکل ALOHA و از اولویت‌بندی بین گره‌های حسگر استفاده شده است. علاوه بر آن، برای کاهش انرژی از دو ساختار مبتنی بر رقابت و دوره بیکاری بهره می‌برد. زمانی که گره‌های موجود به رقابت با یکدیگر بر سر تصاحب رسانه مشترک می‌پردازند، در دوره رقابت یک گره حسگر، موفق به ارسال داده خود می‌شود. برای کاهش مصرف انرژی از روشن و خاموش کردن گره حسگر استفاده شده است در صورتی که این امر باعث تأخیر می‌گردد [۱]. در این روش به علت وجود دوره رقابتی برای کاهش مصرف انرژی در هر شکاف زمانی^{۲۴}، رقابت بین گره‌ها باعث می‌شود بسته‌های ارسالی توسط گره‌های موجود در شبکه به سلامت به مقصد نرسند و برخی از گره‌ها به علت گوش دادن به کانال، وجود نویز و تشخیص مشغول بودن کانال، داده‌های سلامت را به هنگام ارسال نکنند و تأخیر به وجود آمده برای داده‌های ارسالی در شبکه‌های WBAN مناسب نیست. در پروتکل TaMAC مسافت بین گره حسگر و گره مرکزی اطلاعات یک متر در نظر گرفته شده است که مسافت کوتاهی است. زمانی که داده ارسال می‌گردد و بسته تاییدیه به گره فرستنده نمی‌رسد، گره فرستنده تلاش برای فرستادن بسته ارسالی از بین رفته می‌کند و این امر باعث می‌شود عمل همزمان‌سازی بین فرستنده و گیرنده دچار تصادم شود [۱].

در شکل ۸ چهار سناریو توسط پروتکل TaMAC برای شبکه WBAN ارائه شده است. در قسمت (الف) این شکل، برای ترافیک‌های پایین بین گره حسگر و گره هماهنگ‌کننده مرکزی اطلاعات، ارسال بسته با تاییدیه صورت گرفته است. در قسمت‌های (ب، ج، د) همین شکل بعد از روشن خاموش شدن گره به علت افزایش ترافیک (افزایش گره‌ها) در شبکه، قبل از ارسال داده گره حسگر، مرکز هماهنگی با ارسال فریم اعلام می‌نماید که گره‌هایی با شناسه مشخص داده خود را ارسال نمایند و پس از ارسال داده، منتظر دریافت تاییدیه باشند. در این روش به علت وجود دوره رقابتی برای کاهش مصرف انرژی در هر شکاف زمانی، رقابت بین گره‌ها باعث می‌شود بسته‌های ارسالی توسط گره‌های موجود در شبکه به سلامت به مقصد نرسند و برخی از گره‌ها به علت گوش دادن به کانال، وجود نویز و تشخیص مشغول بودن کانال، داده‌های سلامت را به هنگام ارسال نکنند و تأخیر به وجود آمده برای داده‌های ارسالی در شبکه‌های WBAN مناسب نیست.

در پروتکل TaMAC مسافت بین گره حسگر و گره مرکزی اطلاعات یک متر در نظر گرفته شده است که مسافت کوتاهی می‌باشد. زمانی که داده ارسال می‌گردد و بسته تاییدیه به گره فرستنده نمی‌رسد، گره فرستنده تلاش برای فرستادن بسته ارسالی از بین رفته می‌کند و این امر باعث می‌شود عمل همزمان‌سازی بین فرستنده و گیرنده دچار تصادم شود [۱].



شکل ۷- پروتکل TDMA [۲].

۳-۲-۲- پروتکل H-MAC^{۲۱}

پروتکل H-MAC مربوط به ریتم ضربان قلب مبتنی بر پروتکل TDMA برای کاهش برخورد بسته‌های ارسالی و انرژی ارائه شده است. این پروتکل برای شبکه‌های سنسوری در کاربرد پزشکی یا برای ضربان قلب ارائه شده است. به ویژه این که نیازها و ویژگی‌های کاربرد پزشکی، از جمله امکان ارسال بهینه داده‌ها در زمان‌های مشخص، دریافت سریع رویدادها و در نظر داشتن ارسال بسته‌ها، امکان انطباق به تغییرات ناگهانی ترافیک و شرایط بحرانی، محدودیت‌های خاصی را بر پروتکل اعمال می‌کند که آن را از دیگر روش‌ها متمایز می‌سازد. برای هر گره حسگر شکافی در نظر گرفته شده است و علاوه بر آن در صورت بروز مشکل به هر گره شکاف اضافی جهت فرستادن بسته خود داده می‌شود. شکاف‌های ذخیره شده برای ارسال مجدد با توجه به درخواست حسگرها استفاده می‌شوند. در این پروتکل پس از همزمانی بین فرستنده و گیرنده، از همزمانی مجدد برای ارسال و دریافت اطلاعات اجتناب می‌شود و این امر باعث کاهش مصرف انرژی می‌شود [۱۱].

۳-۲-۳- پروتکل FDMA^{۲۲}

پروتکل دسترسی دسترسی تقسیم فرکانسی (FDMA) کانال‌های مشترک را به تعدادی باند فرعی فرکانسی غیر هم‌پوشان تقسیم می‌کند. این باندهای فرعی به نودهای مجزا تخصیص داده می‌شوند. نودها می‌توانند در زمان‌های مختلف، داده ارسال کنند، اما عمل ارسال به منظور جلوگیری از تداخل در فرکانس‌های متفاوت انجام می‌شود [۲۳].

۳-۲-۴- پروتکل CDMA^{۲۳}

پروتکل دسترسی دسترسی تقسیم کدی (CDMA) کانال مشترک را با استفاده از کدهای شبه نویز متعامد تقسیم می‌کند. این کدهای شبه نویز، جایگزین بازه‌های زمانی در TDMA و باندهای فرکانس در FDMA خواهند بود. در این روش تمامی نودها می‌توانند به صورت همزمان در یک کانال یکسان، اما با کدهای شبه نویز متفاوت عمل ارسال را انجام دهند [۲۴].

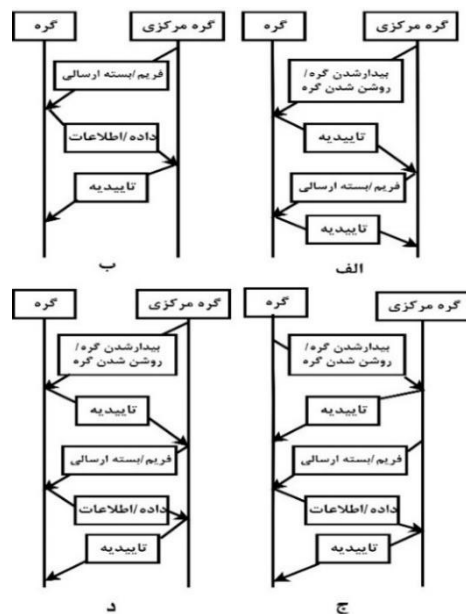
جدول ۱- بررسی پروتکل‌های WBAN

IEEE 802.15.4			TDMA		
محو شدن	ترافیک	برخورد	محو شدن	ترافیک	برخورد
در نظر نگرفتن محو-شدگی	ترافیک محدود و مشکل زیاد کردن گره‌ها	تصادم زیاد و همزمان-سازی سخت	ارسال مجدد در صورت گم شدن بسته	نامناسب برای ترافیک‌های بالا، مناسب برای هشدار	احتمال از دست رفتن بسته کم شده است و در نتیجه گذردهی افزایش پیدا کرده است.
T-MAC			S-MAC		
محو شدن	ترافیک	برخورد	محو شدن	ترافیک	برخورد
در نظر نگرفتن محو-شدگی	مناسب برای شبکه با ترافیک زیاد با استفاده از درخواست دادن توسط گره	تصادم زیاد و همزمان-سازی سخت	ارسال مجدد در صورت گم شدن بسته	نامناسب برای ترافیک‌های بالا	تصادم زیاد و همزمان‌سازی سخت
CDMA			FDMA		
محو شدن	ترافیک	برخورد	محو شدن	ترافیک	برخورد
ارسال مجدد در صورت محو شدگی	مناسب برای ترافیک‌های بالا	احتمال تصادم، نیاز به همزمان-سازی ندارد	محو شدگی بالا	نامناسب برای ترافیک‌های بالا	احتمال تصادم بسیار، همزمان-سازی سخت

معایب و مزایای سه پروتکل بدون رقابت TDMA، FDMA و CDMA به شرح جدول ۲ است:

جدول ۲- مزایا و معایب پروتکل‌های بدون رقابت

پروتکل	مزایا	معایب
TDMA	- بهره‌وری انرژی - فاقد تداخل - میزان تأخیر کم	- کاهش سازگاری با تغییرات شبکه - نیاز به همزمان‌سازی برای بازه‌های زمانی
FDMA	- سادگی اجرا	- نیاز به پهنای باند زیاد - تداخل با کانال‌های مجاور
CDMA	- بدون نیاز به همزمان-سازی در کانال‌های مجاور	- مصرف زیاد انرژی - نیاز به همزمان‌سازی دقیق فرستنده و گیرنده در ارسال و دریافت



شکل ۸- پروتکل TaMaC [۱].

۴- مقایسه پروتکل‌ها WBAN

در شبکه‌های WBAN زمانی که شرایط بحرانی برای بیمار به وجود می‌آید؛ مسئله محو شدن کانال امری بسیار مهم محسوب می‌شود. سیگنال‌های WBAN با جابه‌جایی و تغییر وضعیت مکرر بدن دچار محوشدگی می‌شوند. دلیل دیگر محو شدن سیگنال، جذب آن توسط بدن انسان است، باید پروتکل مورد استفاده دارای قابلیت اطمینان بالایی باشد. در جدول ۱ بررسی پیرامون محو شدن، در پروتکل‌های استفاده شده در حوزه سلامت آمده است. پروتکل IEEE 802.15.04 و پروتکل‌های رقابتی، باعث عدم کارایی، عدم قابلیت اطمینان و بهره‌وری در شبکه‌های WBAN شناخته شده‌اند و از طرفی نمی‌توانند مسئله محو شدن کانال را حل نمایند. تعدادی پروتکل MAC برای شبکه‌های پزشکی تاکنون ارائه شده‌اند. مهم‌ترین نیازهای آن‌ها قابلیت اطمینان، سطح کارایی بالا و تأخیر کم است. پروتکل TDMA به شدت نیازمند یک همزمانی دقیق است. الگوریتم‌های رقابتی مانند ALOHA و CSMA برای چند کاربرد شبکه‌های بی‌سیم معرفی شدند. این پروتکل‌ها واحد کنترل مرکزی نیاز ندارند و کمترین تأخیر انتقال بسته‌ها را زمانی که تحت میزان بار کم یا نرمال هستند ارائه می‌کنند. توان عملیاتی این پروتکل زمانی که بار کاری زیاد باشد، می‌تواند به شدت افت کند. پروتکل CSMA می‌تواند از مکانیزم عدم تصادم (CA) برای جلوگیری از تصادم بسته‌ها استفاده کند. این الگوریتم در استانداردهای IEEE802.11 و WPAN‌های ۲۶ مبدنی بر IEEE802.15.4 بکار گرفته شده است. این الگوریتم برای انتقال مطمئن در شبکه‌های سبک کوچک نظیر WBAN مناسب خواهد بود. برخلاف سایر کاربردهای شبکه‌های حسگر، در یک سیستم WBAN نیازی نیست که کلیه سیگنال‌های حسگرها پایش شوند. به عنوان مثال ریتم تنفس هر یک ساعت گرفته می‌شود و یک پروتکل زمانبندی شده برای چنین سیگنالی مناسب خواهد بود.

کوردیناتور، زمان تضمینی «دسترسی تقسیم زمانی» (TDMA) را برای گره-های دارای پهنای باند مشخص، تعیین می‌کند. هرگره، داده‌های خود را در زمان خود انتقال می‌دهند [۲۱].

در شبکه‌های بی‌سیم سلامت، برای تصادم بسته کانال، پروتکل دسترسی تقسیم زمانی TDMA^{۲۰} در نظر گرفته می‌شوند [۲]. که این پروتکل با شرح موارد گفته شده و مقایسات انجام شده مناسب برای حوزه سلامت تشخیص داده شده است. ایجاد دسترسی به یک رسانه مشترک به منظور اجتناب از تصادم گره‌های مختلف و در نظر گرفتن پدیده محوشدگی کانال، از عملکردهای اصلی پروتکل MAC است. پروتکل MAC مبتنی بر TDMA یک پروتکل فاقد تداخل است، چرا که در شکاف‌های زمانی مشخص اطلاعات ارسال می‌شود ولی مشکلی که این پروتکل دارد با ارسال بسته‌های به صورت پشت سرهم، همزمان‌سازی بین فرستنده اطلاعات و گیرنده اطلاعات دچار مشکل شده و این بحث پروتکل با تخصیص اسلات‌های ثابت زمانی نمی‌تواند بهینه عمل کرده و از بروز محوشدگی^{۲۱} جلوگیری کند [۲۸]. محوشدگی به تغییرات میزان تضعیف یک سیگنال مدوله شده مخابراتی در هنگام عبور از یک محیط مشخص گفته می‌شود. محوشدگی ممکن است با زمان، مکان و یا فرکانس تغییر کند و معمولاً به صورت یک فرایند تصادفی مدل می‌شود. کانال محوشده کانالی است که محوشدگی را تجربه می‌کند. در سیستم‌های بی‌سیم محوشدگی ممکن است مربوط به انتشار چند مسیری (محوشدگی چند مسیری) و یا اثر سایه (موانعی که در انتشار موج اثر می‌گذارند) باشد. سیگنال‌های انتقال یافته به دلیل تنوع زمینه مانند حرکات مکرر و متغیر بودن وضعیت بدن، ممکن است به انعکاس منجر شود. دلیل دیگری که برای تصادم بسته کانال وجود دارد این است که سیگنال‌های منتشر شده می‌تواند توسط بدن انسان جذب شوند.

۶- نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت پارامترهای کیفیت سرویس مشخص گردید که در مقایسه معیارهای ارزیابی بین پروتکل‌ها، مواردی چون توان گذردهی و میزان تأخیر در پروتکل TDMA نسبت به پروتکل‌های دیگر بهبود پیدا کرده است. لذا می‌توان این پروتکل را مناسب برای حوزه سلامت دانست ولی همچنان در این پروتکل مشکل انتقال داده‌های اضطراری پابرجاست و از آنجاییکه فشار خون و ضربان قلب در طول موقعیت‌های بحرانی، جزء مواردی هستند که در شبکه‌های حسگر بدنی بسیار قابل اهمیت هستند این مقوله جای بررسی بیشتری دارد. حال با بیان چند مورد از پیشنهادهایی که مناسب برای ادامه کار در زمینه بهبود پارامترهای کیفیت سرویس در لایه MAC است، این مقاله را به پایان می‌رسانیم.

۱. به منظور کارهای آتی می‌توان بحث ترافیک و مسیریابی را در انواع پروتکل‌های مسیریابی مقایسه نمود.
۲. به منظور کارهای آتی می‌توان بحث موارد اضطراری و اورژانسی را با توجه به بازه‌های زمانی مجزا فرخوانی کرد.

مراجع

- [۱] S. Ullah and K. S. Kwak, "An ultra low-power and traffic-adaptive medium access control protocol for wireless body area network," *Journal of medical systems*, vol. 36, pp. 1021-1030, 2012.

کارهای مشابه به این مقاله انجام شده است که مقایسه آن‌ها در جدول ۳ آمده است [۱، ۲۰، ۲۵، ۲۶].

جدول ۳- مقایسه روش‌های TaMac [۱، ۲۰، ۲۵، ۲۶].

کارهای مشابه	TaMAC پیاده‌سازی شده منبع [۱]	پروتکل پیاده‌سازی منابع [۲۵، ۲۶]	پروتکل پیاده‌سازی شده منبع [۲۰]
استفاده از پروتکل TDMA	استفاده شده است.	استفاده شده است.	استفاده از روش درخت جمع‌آوری.
مشکل همزمان‌سازی	مشکل همزمان‌سازی دارد.	مشکل همزمان‌سازی دارد.	مشکل همزمان‌سازی ندارد.
کاربرد	تنفس، فشار خون، ضربان قلب	ضربان قلب	WSN WBAN
فراخوانی	وجود ندارد.	وجود ندارد.	وجود ندارد.
حل کردن مشکل تصادم	وجود دارد.	وجود دارد.	وجود دارد.
احتمال نرسیدن بسته	وجود دارد.	وجود دارد.	وجود دارد.
تأخیر	مناسب برای WBAN	مناسب برای WBAN	مناسب برای WBAN
ارسال مجدد در صورت نرسیدن بسته	ارسال مجدد وجود دارد.	ارسال مجدد وجود دارد.	ارسال مجدد وجود ندارد.
از بین رفتن همزمانی	وجود دارد.	وجود دارد.	وجود دارد.
استفاده از ID سخت‌افزاری	وجود ندارد.	وجود ندارد.	وجود ندارد.
سرکشی گره	وجود ندارد.	وجود ندارد.	وجود ندارد.

۵- کنترل دسترسی به رسانه در شبکه‌های سلامت

در حوزه سلامت نیاز به پروتکلی است که مسئله تصادم بسته‌های کانال را پوشش دهد و از طرفی بین قابلیت اطمینان، انتقال و بهره‌وری تناسب را برقرار نماید. در پروتکل MAC باید فاکتورهایی را، به منظور ارتقا کارایی شبکه و تأمین سرویس‌هایی متناسب با کاربردهای مختلف، در طراحی خود در نظر گرفت. این عوامل عمدتاً شامل مواردی چون بهره‌وری انرژی، مقیاس‌پذیری، بهره‌وری کانال، تأخیر، گذردهی و تسهیم عادلانه و غیره است. مواردی که گذردهی بالا در پروتکل‌های MAC را تحت تأثیر قرار می‌دهند؛ گوش دادن بیهوده، انتقال مجدد بسته، دسترسی کانال مشخص (CCA^{۲۷})، زمان ورود درونی بسته و برخورد می‌باشند. لایه MAC، نقش مهمی در فائق آمدن بر این مسائل دارد که نهایتاً موجب افزایش کیفیت سرویس شبکه می‌شوند. استاندارد برای لایه MAC دارای دو دوره است: دوره دسترسی رقابت (CAP^{۲۸}) و دوره رقابت آزاد (CFP^{۲۹}) و یک دوره غیرفعال اختیاری (IP). در CAP، گره‌ها برای انتقال بر سر دسترسی به کانال با یکدیگر رقابت می‌کنند [۲۷]. هرگره دارای احتمال برابر برای دسترسی به کانال است. درحالی که در دوره CFP،

- [۱۴] Engineering and Informatics, 2009. BMEI'09. 2nd International Conference on, 2009, pp. 1-3.
- [۱۵] A. R. Ansari and S. Cho, "Human body: The future communication channel for WBAN," in *Consumer Electronics (ISCE 2014), The 18th IEEE International Symposium on*, 2014, pp. 1-3.
- [۱۶] Z. M. K. K. Zamanifar, "A Novel Protocol in Media Access Control for Wireless Body Area Network," *INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTER SCIENCE AND NETWORK SECURITY*, vol. 17, pp. 301-305, 2017.
- [۱۷] S. Gaglio and G. L. Re, *Advances onto the Internet of Things* vol. 260: Springer, 2014.
- [۱۸] K. S. Kwak, M. Ameen, D. Kwak, C. Lee, and H. Lee, "A study on proposed IEEE 802.15 WBAN MAC protocols," in *Communications and Information Technology, 2009. ISCIT 2009. 9th International Symposium on*, 2009, pp. 834-840.
- [۱۹] W. Ye, J. Heidemann, and D. Estrin, "An energy-efficient MAC protocol for wireless sensor networks," in *INFOCOM 2002. Twenty-First Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. Proceedings. IEEE*, 2002, pp. 1567-1576.
- [۲۰] T. Van Dam and K. Langendoen, "An adaptive energy-efficient MAC protocol for wireless sensor networks," in *Proceedings of the 1st international conference on Embedded networked sensor systems*, 2003, pp. 171-180.
- [۲۱] B. Latre, B. Braem, I. Moerman, C. Blondia, E. Reusens, W. Joseph, et al., "A low-delay protocol for multihop wireless body area networks," in *Mobile and Ubiquitous Systems: Networking & Services, 2007. MobiQuitous 2007. Fourth Annual International Conference on*, 2007, pp. 1-8.
- [۲۲] Z. A. Khan, M. B. Rasheed, N. Javaid, and B. Robertson, "Effect of packet inter-arrival time on the energy consumption of beacon enabled MAC protocol for body area networks," *Procedia Computer Science*, vol. 32, pp. 579-586, 2014.
- [۲۳] M. A. Hussain, N. Alam, S. Ullah, N. Ullah, and K. S. Kwak, "TDMA based directional MAC for WBAN," in *Networked Computing (INC), 2010 6th International Conference on*, 2010, pp. 1-5.
- [۲۴] M. Salajegheh, H. Soroush, and A. Kalis, "HYMAC: Hybrid TDMA/FDMA Medium Access Control Protocol for Wireless Sensor Networks," in *PIMRC*, 2007, pp. 1-5.
- [۲۵] A. Boukerche and T. Dash, "Performance evaluation of a generalized hybrid TDMA/CDMA protocol for wireless multimedia with QoS adaptations," *Computer communications*, vol. 28, pp. 1468-1480, 2005.
- [۲۶] S. Marinkovic, C. Spagnol, and E. Popovici, "Energy-efficient TDMA-based MAC protocol for wireless body area networks," in *Sensor Technologies and Applications, 2009. SENSORCOMM'09. Third International Conference on*, 2009, pp. 604-609.
- [۲۷] B. Liu, Z. Yan, and C. W. Chen, "MAC protocol in wireless body area networks for E-health: Challenges and a context-aware design," *IEEE Wireless Communications*, vol. 20, pp. 64-72, 2013.
- [۲۸] R. GK and K. Baskaran, "A survey on futuristic health care system: WBANs," *Procedia Engineering*, vol. 30, pp. 889-896, 2012.
- [۲۹] S. Ullah, H. Higgins, B. Braem, B. Latre, C. Blondia, I. Moerman, et al., "A comprehensive survey of wireless body area networks," *Journal of medical systems*, vol. 36, pp. 1065-1094, 2012.
- [۳۰] A. Olivares, G. Olivares, F. Mula, J. M. Górriz, and J. Ramírez, "Wagyromag: Wireless sensor network for monitoring and processing human body movement in healthcare applications," *Journal of systems architecture*, vol. 57, pp. 905-915, 2011.
- [۳۱] A. A. Ahmed, H. Shi, and Y. Shang, "A survey on network protocols for wireless sensor networks," in *Information Technology: Research and Education, 2003. Proceedings. ITRE2003. International Conference on*, 2003, pp. 301-305.
- [۳۲] S. Kumar, K. Kambhatla, F. Hu, M. Lifson, and Y. Xiao, "Ubiquitous computing for remote cardiac patient monitoring: a survey," *International journal of telemedicine and applications*, vol. 2008, p. 3, 2008.
- [۳۳] A. Al-Fuqaha, M. Guizani, M. Mohammadi, M. Aledhari, and M. Ayyash, "Internet of things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 17, pp. 2347-2376, 2015.
- [۳۴] T. Gao, D. Greenspan, M. Welsh, R. R. Juang, and A. Alm, "Vital signs monitoring and patient tracking over a wireless network," in *Engineering in Medicine and Biology Society, 2005. IEEE-EMBS 2005. 27th Annual International Conference of the*, 2006, pp. 102-105.
- [۳۵] C. Chan, C. Poon, R. C. Wong, and Y. Zhang, "A hybrid body sensor network for continuous and long-term measurement of arterial blood pressure," in *Medical Devices and Biosensors, 2007. ISSS-MDBS 2007. 4th IEEE/EMBS International Summer School and Symposium on*, 2007, pp. 121-123.
- [۳۶] M. A. Hussain, M. N. Alam, and K. S. Kwak, "Directional MAC approach for wireless body area networks," *Sensors*, vol. 11, pp. 771-784, 2011.
- [۳۷] L. Kynsijärvi, L. Goratti, R. Tesi, J. Iinatti, and M. Hämäläinen, "Design and performance of contention based MAC protocols in WBAN for medical ICT using IR-UWB," in *Personal, Indoor and Mobile Radio Communications Workshops (PIMRC Workshops), 2010 IEEE 21st International Symposium on*, 2010, pp. 107-111.
- [۳۸] S. Ullah, D. Kwak, C. Lee, H. Lee, and K. S. Kwak, "Numerical analysis of CSMA/CA for pattern-based WBAN system," in *Biomedical*

- access techniques in wireless body area networks," *arXiv preprint arXiv*, ۱۳۰۴, ۱۰:۴۷: ۲۰۱۳. [۲۶] S. J. Marinkovic, E. M. Popovici, C. Spagnol, S. Faul, and W. P. Marnane, "Energy-efficient low duty cycle MAC protocol for wireless body area networks," *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, vol. 13, pp. 915-925, 2009.
- [۲۷] S. Bhandari and S. Moh, "A priority-based adaptive MAC protocol for wireless body area networks," *Sensors*, vol. 16, p. 401, 2016.
- [۲۸] N. Javaid, I. Israr, M. A. Khan, A. Javaid, S. H. Bouk, and Z. A. Khan, "Analyzing medium

Abstract: Today, the use of infrastructures and communication technologies for health and medical purposes grows day by day. Among the various communication technologies, the use of wireless networks in healthcare with regard to features such as rapid access to the patient, reduced treatment costs, the possibility of relocating and increasing the comfort of the patient, more than ever has been considered. What distinguishes the network used for medical applications from other networks is to ensure the correct and timely receipt of medical information, which attention the quality of service has doubled in these networks. The purpose of this paper is to increase packet transduction in a Wireless body area network and hence improve the quality of service. Therefore, a variety of protocols in this area were considered and, after review, it was determined that time division access protocol (TDMA) in justice Submitted packets and network service quality improvements are effective and has far better results in latency, throughput and Energy factors.

¹⁷ Timeout MAC

¹⁸ Cascading information retrieval by controlling access with distributed slot Assignment

¹⁹ More-To-Send

²⁰ Back off period

²¹ Heart media access control

²² Frequency-division multiple access

²³ Code division multiple access

²⁴ Slot

²⁵ Collision avoidance

²⁶ Wireless personal area network

²⁷ Clear Channel Assessment

²⁸ Contention access period

²⁹ Contention Free Period

³⁰ Time division multiple access

³¹ Fading

¹ Throughput

² Central control unit

³ Wireless body area network

⁴ Cloud computing

⁵ Internet of Things

⁶ media access control

⁷ Carrier sense

⁸ Carreir sense multiple access

⁹ Non-persistent

¹⁰ 1-persistent

¹¹ P-persistent

¹² Online

¹³ Free period

¹⁴ Contention period

¹⁵ Broadcast

¹⁶ Sensor-MAC