بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه آزاد اسلامی

واحد بابل

دانشکده فنی مهندسی، گروه کامپیوتر

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد «**M.Sc.**»

گرایش: نرم افزار

عنوان:

ارائه‌ی یک روش مسیریابی جدید برای شبکه‌های بی‌سیم بدنی متحرک

استاد راهنما:

دکتر مهدی گلسرخ‌تبارامیری

نگارش:

زهرا احمدی خطیر

تابستان ۱۳۹۶

تقدیم به

پدر و مادر عزیز و مهربانم که در سختی‌ها و دشواری‌های زندگی همواره یاوری دلسوز و فداکار و پشتیبانی محکم و مطمئن برایم بوده‌اند.

سپاسگزاری

از استاد محترم آقای دکتر مهدی گلسرخ‌تبارامیری به دلیل یاری‌ها و راهنمایی‌های ایشان که بسیاری از سختی‌ها را برایم آسان‌تر نمودند.

فهرست مطالب

فصل اول ۱

۱-۱. مقدمه ۲

۱-۲. بیان مسئله ۲

۱-۳. پرسش‌های تحقیق ۳

۱-٤. فرضیه‌ها ۳

۱-۵. اهداف تحقیق ۳

۱-٦. ساختار پایان نامه ٤

فصل دوم ۵

۲-۱. مقدمه ٦

۲-۲. شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن ۷

۲-۲-۱. مشخصات شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن ۸

۲-۲-۲. ساختار یک شبکه‌ی حسگر بی‌سیم ۱۰

۲-۲-۳. ساختار یک گره‌ی حسگر در شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن ۱۲

۲-۲-٤. چالش‌های شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن ۱۳

۲-۲-۵. کاربردهای شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن ۱۷

۲-۲-٦. نظارت بیمار با استفاده از شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن ۲۲

۲-۲-۷. تکنولوژی ارتباطی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن ۲۳

۲-۲-۷-۱. تکنولوژی Bluetooth $V3$ .0+ High Speed (HS) ۲۳

۲-۲-۷-۲. تکنولوژی Bluetooth $V4$ ۲۳
۲-۲-۷-۳. تکنولوژی Zigbee ۲٤
۲-۲-۷-٤. تکنولوژی RFID(ISO/IEC18000-6) ۲٤
۲-۲-۷-٥. تکنولوژی UWB ۲٥
۲-۲-۸. مسیریابی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن ۲٥
۲-۲-۸-۱. دسته‌بندی پروتکل‌های مسیریابی شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن... ۲٦
۲-۳. مروری بر پروتکل‌های شبکه حسگر بی‌سیم بدن ۲۷
۲-٤. نتیجه‌گیری ۳٤
فصل سوم ۳۷
۳-۱. مقدمه ۳۸
۳-۲. شرح روش پیشنهادی ۳۸
۳-۳. نتیجه‌گیری ٤٤
فصل چهارم ٤٥
٤-۱. مقدمه ٤٦
٤-۲. پارامترهای شبیه‌سازی ٤٦
٤-۳. معرفی معیارهای کارایی ٤۷
٤-٤. مدل رادیویی ٤۸
٤-٥. نتایج شبیه‌سازی روش پیشنهادی ٤۸
٤-٥-۱. تعداد گره‌های مرده: ٤۸

٤-٥-٢. تعداد بسته‌های ارسالی در دور: ٤٩
٤-٥-٣. توان از دست رفتن مسیر: ٥٠
٤-٥-٥. انرژی باقی‌مانده: ٥١
٤-٦. نتیجه‌گیری ٥٢
فصل پنجم ٥٣
٥-١. مقدمه ٥٤
٥-٢. جنبه‌های نوآوری پایان‌نامه ٥٥
٥-٣. نتیجه‌گیری ٥٥
٥-٤. کارهای آتی ٥٧
منابع و ماخذ ٥٨

فهرست اشکال و جداول

شکل۲-۱: شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن ۸
شکل ۲-۲: سطوح ارتباطی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن ۱۰
شکل ۲-۳: ساختار یک شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن ۱۱
شکل ۲-٤. ساختار یک گره در شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن ۱۲
شکل ۲-۵: نمونه‌ایی از نظارت بر بیمار با استفاده از شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن ۲۲
شکل۲-٦. مراحل پروتکل M-ATTEMP ۲۹
شکل۲-۷. مراحل الگوریتم مسیریابی ژنتیک مورچگان ۳۲
شکل ۳-۱. توپولوژی TREEدر شبکه ٤۱
شکل ۳-۲. محل قرارگیری گره‌ها روی بدن و الگوی حرکتی بازوها ٤۲
شکل ۳-۳. فلوچارت روش پیشنهادی ٤۳
شکل ٤-۱: تعداد گره‌های مرده ٤۹
شکل ٤-۲: تعداد بسته‌های ارسالی در دور ۵۰
شکل ٤-۳: توان از دست رفته‌ی مسیر ۵۱
شکل ٤-٤: انرژی باقی‌مانده ۵۲
جدول ۲-۱: نرخ داده برای برنامه‌های کاربردی مختلف ۱٦
جدول ۲-۲: برنامه‌های کاربردی شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن ۱۸
جدول ٤-۱: برنامه‌های کاربردی شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن ٤٦
جدول ٤-۲: برنامه‌های کاربردی شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن ٤۷

جدول ۵-۱: بررسی مزایا و معایب روش پیشنهادی ۵۵
جدول ۵-۲: برنامه‌های کاربردی شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن ۵۶

چکیده

شبکه‌های بی‌سیم ناحیه بدن نمونه‌ی خاصی از شبکه‌های حسگر بی‌سیم هستندکه با به کارگیری گره‌های حسگر بی‌سیم در بدن فرد به اندازه‌گیری پارامترهای فیزیولوژیکی فرد می‌پردازند و کنترل سلامت او را از راه دور انجام می‌دهند و به دو دسته‌ی تقسیم می‌شوند، یک دسته که بصورت پوشیدنی هستند که این گره‌ها برای پایش سلامت بدن روی بدن فرد نصب می‌شوند و دسته‌ی دیگر که در بدن کاشته می‌شوند. یکی از دلایل اصلی اهمیت استفاده از شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن، انتقال نظارت بر سلامت فرد از بیمارستان به محیط زندگی فرد بیمار است. همچنین این شبکه‌ها می‌توانند در طولانی مدت و به صورت مداوم بر سلامت و حالات فیزیولوژیکی فرد نظارت داشته باشند. در این شبکه‌ها اطلاعات که همان علائم حیاتی فرد بیمار است با استفاده از روش‌های مسیریابی به چاهک و سپس به مراکز درمانی ارسال می‌شود. تمامی این ارسالات و دریافت‌ها تا حدودی نیاز به مصرف انرژی دارند و این مصرف انرژی در طول عمر شبکه موثر است در نتیجه یکی از چالش‌های عمده در شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن افزایش مصرف انرژی حسگرها است که کاهش طول عمر شبکه را در پی دارد. در این پایان‌نامه روی شبکه‌های بی‌سیم ناحیه بدن تمرکز دارد و از روش مسیریابی برای کاهش مصرف انرژی استفاده می‌شود. از یک تابع هزینه برای انتخاب گره که مسئول انتقال داده به چاهک است استفاده می‌شود. همچنین در این روش از توپولوژی TREE به جای STARE برای داده به سرخوشه استفاده می‌شود که باعث می‌شود گره‌های دورتر برای ارسال اطلاعات فاصله‌ی زیادی را طی نکنند که این شبکه را کاراتر می‌کند.

واژه‌های کلیدی : شبکه‌های بی‌سیم ناحیه بدن ، مصرف انرژی، توپولوژی Tree، طول عمر شبکه.

فصل اول

کلیات تحقیق

۱-۱. مقدمه

گونه ایی از شبکه‌های حسگر بی‌سیم وجود دارد که شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن نام دارد. در شبکه‌های حسگر بی‌سیم ناحیه‌ی بدن تعدادی ازحسگرهای کوچک پوشیدنی و کاشتنی بکار می‌رود که یا در اطراف بدن و یا داخل بدن انسان برای نظارت پارامترهای فیزیولوژیکی هر فرد مانند فشار خون، سطح قند و غیره قرار گرفته‌اند. هدف این شبکه‌ها نظارت و کنترل بر روند بیماری فرد و پایش سلامتی فرد است. شبکه‌های حسگر بدن قابلیت نظارت طولانی مدت بر روند بیماری و سلامت بیماران را فراهم می‌کنند بدون اینکه فعالیت‌های روزانه‌ی آن‌ها را محدود تحت تاثیر قرار دهد و هزینه‌ی زیادی را متحمل شود. شبکه‌های حسگر بدنی در محیط‌های پزشکی فرصت منحصر به فردی است برای اینکه مراقبت های پزشکی از محیط های بیمارستانی به محیط های خانگی خود بیماران منتقل شود به همین دلیل این شبکه‌ها از اهمیت زیادی برای استفاده برخوردار هستند. گره‌های حسگری دارای باتری هستند که شارژ کردن آن‌ها به سختی انجام می‌شود یا غیرممکن است به همین دلیل یکی از اصلی‌ترین چالش‌های شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن، مصرف انرژی است. از جمله روش‌های موجود برای کاهش مصرف انرژی مسیریابی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن است. در روش مسیریابی یک گره به عنوان گره‌ی انتقال‌دهنده انتخاب می‌شود که مسئول ارسال داده‌های جمع‌آوری‌شده به چاهک است. مابقی گره‌ها به عنوان گره‌های عضوی شبکه هستند. بنابراین نیاز به مسیریابی کارآمد برای مصرف انرژی است تا بتوان چالش مصرف انرژی را بهبود بخشید.

۱-۲. بیان مسئله

همانطور که در بخش قبلی گفته شد شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن نوع خاصی از شبکه‌های حسگر بی‌سیم است که از تعدادی گرهای حسگر که بروی بدن نصب شده‌اند تشکیل شده است. این گره‌ها قابلیت دریافت علائم حیاتی مانند فشار خون، ضربان قلب، قند خون و درجه‌ی حرارت بدن را دارند. حسگرهایی که بر روی سطح بدن قرار می‌گیرند دارای باتری و انرژی محدودی هستند، از این رو یکی از چالش‌های بسیار مهم در شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن مصرف انرژی و طول عمر شبکه است. برای اینکه این شبکه‌ها عملکرد بهتری داشته باشند باید بتوان انرژی مصرفی را کاهش و طول عمر شبکه را افزایش داد. از جمله چالش‌های دیگر در شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن تحرک در این شبکه‌هاست. تحرک باعث می‌شود که اتصال بین گره‌ها از بین برود و آن‌ها نتوانند عملکرد خوبی در انتقال داده به مقصد داشته باشند. از این رو

ما در این شبکه‌ها به دنبال ارائه‌ی یک روش مسیریابی موثر برای انتقال داده به چاهک هستیم. همچنین توپولوژی STAR موجود در این شبکه‌ها که یک نقطه دسترسی(چاهک) برای جمع آوری داده ها از گره ها در بدن مستقر است با این حال فواصل ارسالی زیاد در شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن منجر افزایش مصرف انرژی گره‌ها می‌شود و سبب می‌شود شبکه کارایی خوبی نداشته باشد. روش مسیریابی باید بتواند ضمن در نظر گرفتن تحرک بدن، مصرف انرژی را نیز تا حدی کاهش دهد و باعث افزایش طول عمر شبکه و کاراتر شدن شبکه شود.

۱-۳. پرسش‌های تحقیق

- چه روش‌هایی برای افزایش کارایی شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدنی متحرک وجود دارد؟
- چگونه می‌توان راهکاری مناسب جهت بهبود کارایی شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدنی متحرک بدن ارائه داد؟
- چگونه می‌توان راهکار پیشنهادی را اعتبارسنجی کرد؟

۱-٤. فرضیه‌ها

- برای ارسال اطلاعات از گره‌های حسگر به انتقال‌دهنده از Star به جای توپولوژی Tree استفاده می‌شود موجب پایین آمدن نرخ از دست رفتن مسیر در شبکه خواهد شد.
- در نظر گرفتن یک آستانه پایین برای ارسال مستقیم اطلاعات موجب افزایش طول عمر شبکه در راندهای انتهایی خواهد شد.

۱-۵. اهداف تحقیق

روش پیشنهادی یک روش مسیریابی جدید را برای بهبود یکی از پروتکل‌های مسیریابی در شبکه‌های حسگر بدن ارائه می‌دهد. در این روش گره‌ها متحرک هستند و ما برای حسگرهای قرار گرفته روی بدن تحرک بازوها را در نظر می‌گیریم و تمام حالات ممکن تحرک را نیز در نظر می‌گیریم. این کار باعث کاهش مصرف انرژی حسگرها که ناشی از تحرک چاهک تا گره‌ها است، خواهد شد. همچنین از توپولوژی Tree بجای توپولوژی Star استفاده می‌شود که از یک گره ی واسط بین یک گره و هماهنگ کننده استفاده می‌کند که این باعث توپولوژی گره‌های دورتر فاصله‌ی زیادی را برای ارسال اطلاعات به هماهنگ کننده طی نمی‌کنند. همچنین به منظور افزایش کارایی شبکه برخی از پارامترها برای آن در نظر گرفته خواهد شد.

۱-٦. ساختار پایان نامه

در فصل یک کلیات تحقیق را بیان کردیم و مفاهیم اولیه در شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن را تشرح کردیم. در فصل دوم به مرروی در مورد پروتکل‌های شبیه‌سازی بدن می‌پردازیم در فصل سوم روش پیشنهادی را تشریح می‌کنیم. در فصل چهارم نتایج شبیه‌سازی و ارزیابی را بررسی می‌کنیم و در فصل پنجم به بیان نتیجه‌گیری و کارهای آینده می‌پردازیم.

فصل دوم

ادبیات تحقیق

۲-۱. مقدمه

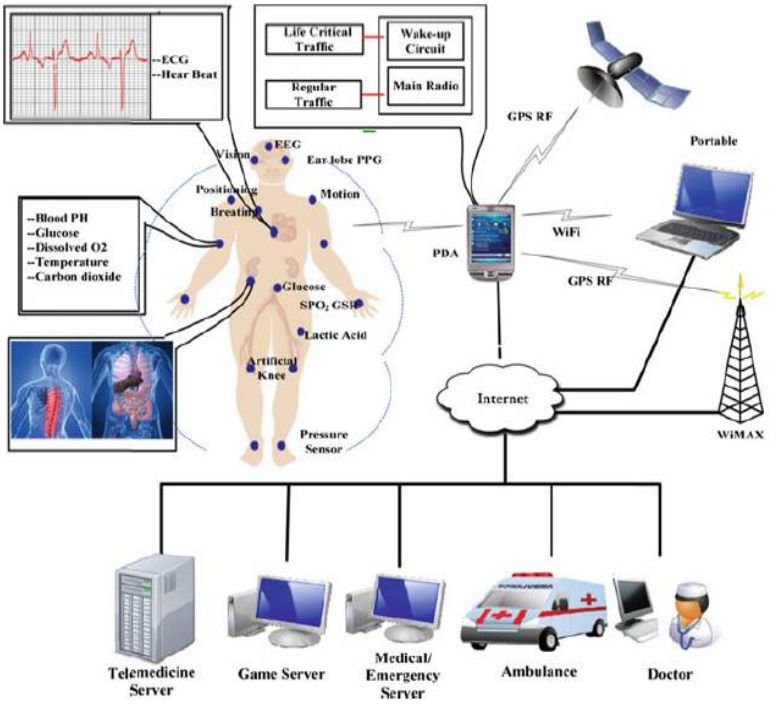
افزایش در طول عمر و هزینه‌های عظیم درمانی و بهداشتی منجر به ایجاد راه‌حل‌های کارا و موثر برای مدیریت سلامت شده است [۱۰] . یکی از شبکه‌هایی که اخیرا مورد توجه محققان و دانشمندان قرار گرفته است نوعی از شبکه‌های حسگر بی‌سیم[1] است که بطور خاص برای پایش پارامترهای مختلف بدن انسان طراحی شده است که شبکه‌های حسگر بی‌سیم ناحیه‌ی بدن[2] (WBAN) نام دارند[۹]. این شبکه تفاوت‌هایی با شبکه‌ی حسگر بی‌سیم دارند، برای نمونه برخلاف گره‌های حسگر معمولی بی‌سیم گره‌های حسگر پزشکل توانایی محاسباتی زیادی ندارند [١٤]. رشد سریع فناوری‌های بی‌سیم مراقبت‌های مداوم بیماران را با استفاده از گره‌های حسگر پزشکی فراهم می‌آورد [۹]. شبکه‌های حسگر بی‌سیم ناحیه‌ی بدن، یک فناوری امیدوارکننده برای ارائه‌ی مراقبت‌های بهداشتی با کیفیت به کاربران است [۱۰] . این شبکه‌ها با استفاده از گره‌های حسگر کوچک پایش سلامتی بر رو بدن انسان تشکل شده‌اند تا اطلاعات شخصی فرد را جمع‌آوری کنند [۲۰]. پیشرفت‌های اخیر در کوچک‌سازی حسگرهای پزشکی هوشمند فرصت جدیدی را بای نظارت مداوم بیماران فراهم کرده است [١٤]. شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن یک راه‌حل برای آسان کردن انجام وظایف در بخش پزشکی فراهم می‌آورد و احتمال شکست در تشخیص فرآیند پزشکی را به حداقل می‌رسانند [۹]. گره‌های حسگر با قدرت پایین روی بدن فرد نصب می‌شوند که باتری محدودی دارند و این مهم است که پروتکل‌های مسیریابی کارای انرژی داشته باشیم که نیازمند ارزش اطمینان برای ارسال داده از گره‌ها به چاهک باشند [۱۰] . این حسگرهای پوشیدنی کوچک، دارای حافظه‌ی محدود، انرژی، محاسبات و قابلیت ارتباطی را بر روی بدن بیمار قرار می‌دهند و سپس آن‌ها خود را پیکربندی می‌کنند تا یک خوشه ایجاد کنند که قادر است بطور پیوشته نظارت‌های حیاتی نظیر فشار خون، دمای بدن، ECG، اکسیژن اشباع، غلظت CO_2 برای نظارت تنفس را کنترل کنند [۲۰] . این شبکه‌ها خدمات بهداشت حرفه‌ایی را برای کاربران خود بطور مداوم و بدون اینکه نزدیک بیمارستان یا در بیمارستان باشند فراهم می‌آورد. همچنین مدیریت وضعیت اضطراری را آسان می‌کنند [۱۰] . سیستم پایش بیماران پرسنل پزشکی را برای ارائه‌ی کمک‌های پزشکی قادر می‌سازد [۹]. گره‌های حسگر استفاده شده در این شبکه‌ها مجهز به منابع

[1] Wireless Sensor Networks
[2] Wireless Body Area Sensor Networks

انرژی محدودی هستند [۹] که در نهایت در بهره‌وری از انرژی، توان عملیاتی و رکود شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن موثر است [۲۰].

۲-۲. شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن

شبکه‌های حسگر بی‌سیم به عنوان یک فناوری کلیدی برای تامین مراقبت‌های بهداشتی است [۵]. شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن گونه‌ایی از شبکه‌های حسگر بی‌سیم هستند که حاوی حسگرهای کوچک هوشمند هستند که روی بدن انسان، یا روی پوست یا لباس نصب شده و توانایی ایجاد خطوط ارتباطی را دارند [۱۱]. این گره‌های حسگر بی‌سیم برای پایش سلامت و مراقبت‌های بهداشتی بر روی بدن فرد نصب می‌شوند [۱۱] و حالات فیزیولوژیکی به صورت غیرمستقیم و بدون هیچ دخالتی توسط فرد کنترل می‌کند [۲۰]. افزایش استفاده از شبکه‌های بی‌سیم و مینیمم‌سازی وسایل الکتریکی باعث پیشرفت شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن شده‌اند [۱۱]. شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن با کمک سنسورهای کوچک پایش سلامتی بر روی بدن انسان شکل می‌گیرند تا اطلاعات شخصی شخصی را جمع آوری و انتقال دهند. این شبکه‌ها یک راه‌حل برای تسهیل وظایف انجام شده در بخش پزشکی را فراهم می‌کند و شانس خطاهای را در طی روند تشخیص پزشکی رخ می‌دهد را به حداقل می رساند [۲۰]. شبکه‌ی مذکور می‌تواند پایش و مراقبت‌های بهداشتی را توسط تکولوژی، موبایل و محاسبات ابری به واسطه‌ی استفاده از حسگرهای خود مختار و محرک‌های مربوطه‌ی بدن به عهده بگیرد [٦]. شبکه‌های حسگر بدنی چندین نود را برای سیستم پردازش مرکزی متصل می‌کند[٦]. حسگرهای فیزیولوژیکی برای اندازه‌گیری تغییرات فشاخون، سطح قندخون، درجه‌ی حرارت بدن، سطح اکسیژن و سیگنال‌های مرتبط با ECG، EEG، CMG استفاده می‌شوند [٦]. هدف این شبکه‌ها تشخیص اختلالات کوتاه مدت و بلند مدت در بیماران و روش‌های درمان، هشدار مراقبت در مواقع اضطراری و بهبود راحتی بیمار است [٦]. کاربردهای بالقوه‌ی شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن عبارتند از: حفاظت کسانی که در محیط‌های خطرناک قرار می‌گیرند مانند سربازان، کاوشگران فضایی و غیره [٦]. با استفاده شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن انتظار می‌رود، سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی را تقویت کند تا بتواند به مدیریت موثر و تشخیص بیماری و واکنش به بحران نه فقط برای سلامتی بپردازد [۱۲].



شکل۲-۱: شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن

۲-۲-۱. مشخصات شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن

- **نوع گره در WBAN**: یک گره در WBAN به عنوان یک دستگاه مستقل با قابلیت ارتباطی است. گره‌ها بر اساس عملکردشان می‌توانند در سه گروه دسته‌بندی شوند. دسته‌بندی این گره‌ها در WBAN بر اساس عملکرد به شرح زیر است [۱۲]:
  - **دستگاه‌های شخصی (PD)**: این دستگاه مسئول جمع‌آوری تمام اطلاعات دریافت شده از حسگرهاست و تعامل با کاربران را مدیریت می‌کند. این دستگاه ممکن است body gateway، چاهک[۳] یا واحد کنترل بدن (BUC) یا PDA روی بعضی از برنامه‌های کاربردی نامیده شود.

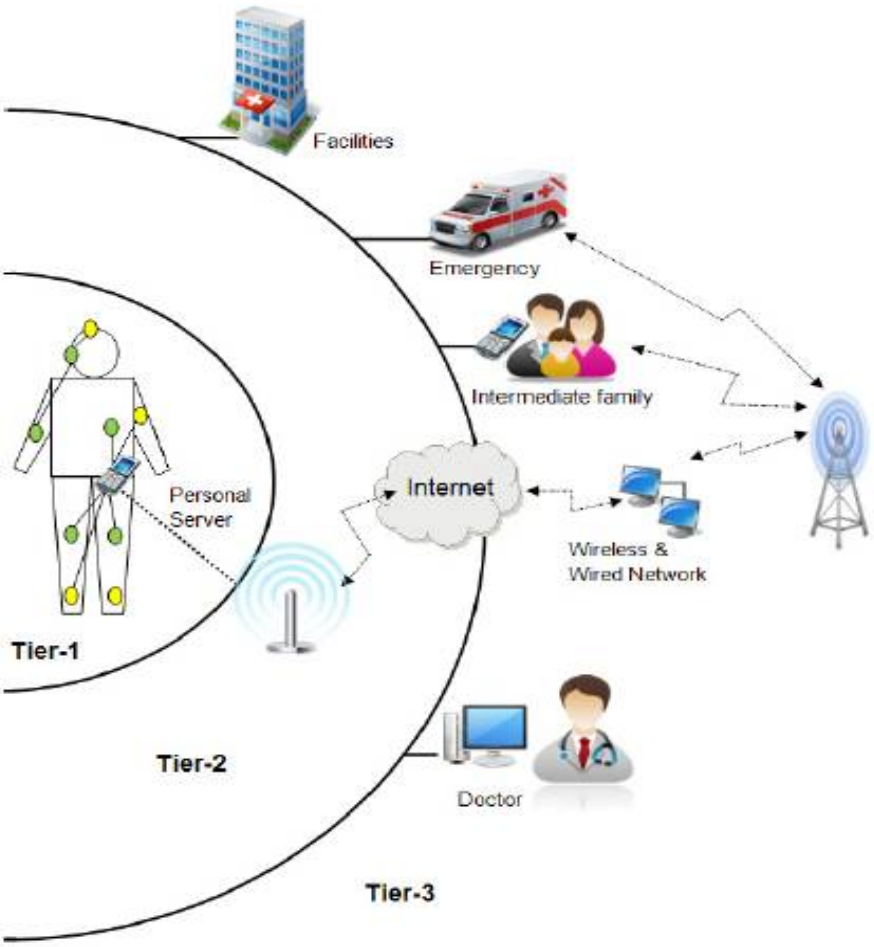
[1] Sink

- **حسگر**: حسگرها در WBAN پرامترهای خاصی در داخل بدن یا در خارج بدن را اندازه می‌گیرند. این حسگرها جمع‌آوری و پاسخ داده‌ها را در مورد محرک‌های فیزیکی، پردازش اطلاعات ضروری و پاسخ بی‌سیم به اطلاعات را ارائه می‌دهد. این حسگرها، حسگرهای فیزیولوژیکی یا حسگرهای محیطی هستند. برخی از این سنسورها می‌توانند در ساعت مچی یا تلفن همراه قرار گیرند و در نتیجه امکان نظارت بی‌سیم در هر زمان و هر مکان و روی هر شخصی را فراهم آورند.
- **محرک**[4]: این عملگرها برای دریافت داده از حسگر با کاربر ارتباط برقرار می‌کنند. نقش این‌ها ارائه‌ی بازخورد در شبکه توسط عمل کردن روی داده است.

- **تعداد گره‌ها در WBAN**: در حالت کلی تعداد گره در WBAN محدود نیست، اما به دلیل ماهیت شبکه و شرایط ارتباطی و تکنیک‌های ارسالی در بعضی از کاربردها محدود است. به عنوان مثال حداکثر تعداد گره در WBAN، ۲۰ گره است.
- **ارتباطات در WBAN**: این بخش به سه قسمت تقسیم می‌شود که به شرح زیر است:

- **سطح۱، ارتباطات درون WBAN**: این سطح برای تعامل گره‌ها در بدن ساستفاده می‌شود. داده‌های فیزیولوژیکی در این سطح پردازش می‌شوند و به سطح ۲ منتقل می‌شوند.
- **سطح۲، ارتباطات بین WBAN**: هدف از این ارتباط اتصال WBAN با شبکه‌های مختلف است.
- **سطح۳، ارتباطات فراتر از WBAN**: این ارتباط برای استفاده در مناطق شهری است. در اصل در یک محیط پزشکی مهم‌ترین اجزای پایگاه داده است. این سطح اجازه می‌دهد تمام اطلاعات لازم بیمار که می‌تواند برای درمان استفاده شود بازگرداننده شود.

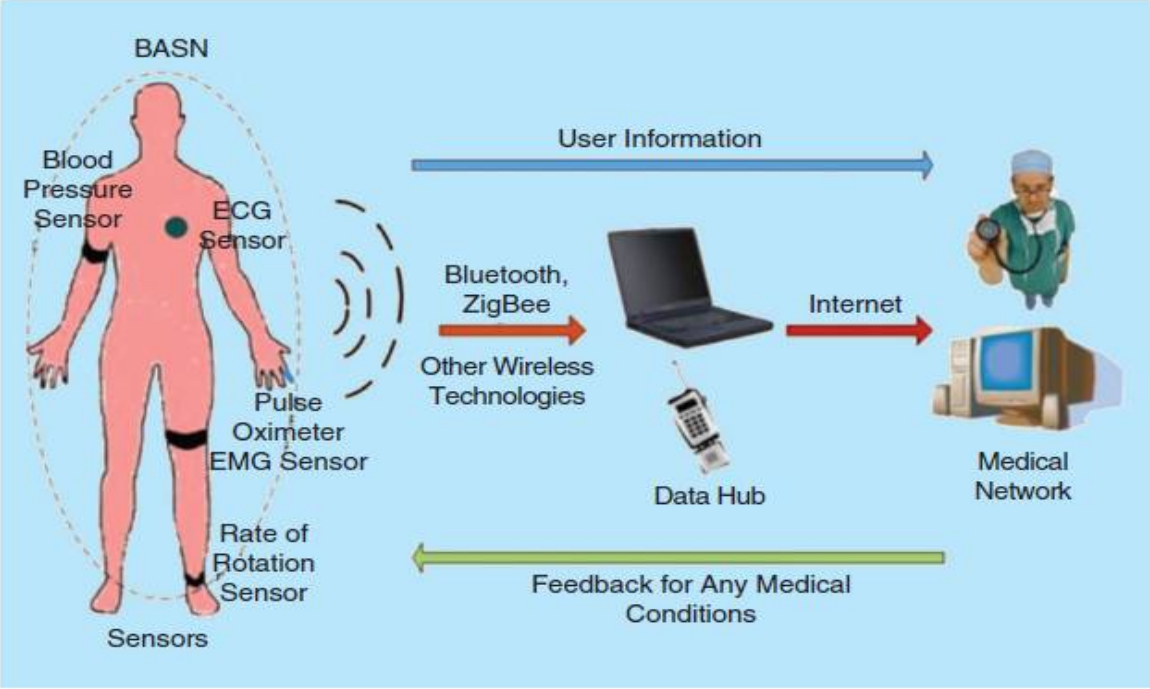
[2]Actuator



شکل ۲-۲: سطوح ارتباطی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن

۱-۲-۲. ساختار یک شبکه‌ی حسگر بی‌سیم

این سیستم‌ها معمولا از یک ساختار سه مرحله‌ای ایجاد شده‌اند. هر واحد یک تابع و موقعیت منحصر به فرد دارد [٦].



شکل ۲-۳: ساختار یک شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن

شکل ۲-۳ به سه قسمت حسگرها، مرکز داده و شبکه‌ای پزشکی دسته‌بندی شده است.

- **حسگرها:** حسگرها به ویژه حسگرهای بی‌سیم در اشکال و اندازه‌های مختلفی وجود دارند. این حسگرها سیگنال‌هایی را از بدن و رله‌ی آن‌ها دریافت می‌کنند. انواع مختلفی از حسگرها وجود دارد. حسگرهای فیزیولوژیکی که برای اندازه‌گیری فشار خون، قند خون، درجه‌ی حرارت، سطح اکسیژن و سیگنال‌های مرتبط با ECG، EEG، CMG استفاده می‌شوند. حسگرهای Bio kinetic برای اندازه‌گیری شتاب و نرخ چرخش زاویه‌ایی که نتیجه‌ی حرکت بدن هستند استفاده می‌شوند. حسگرهای محیطی که برای اندازه‌گیری عوامل محیطی مانند دما، رطوبت، نور و فشار هوا استفاده می‌شوند. حسگرهای Reading که توسط پزشکان برای دریافت وضعیت بیمار تعیین شده‌اند.

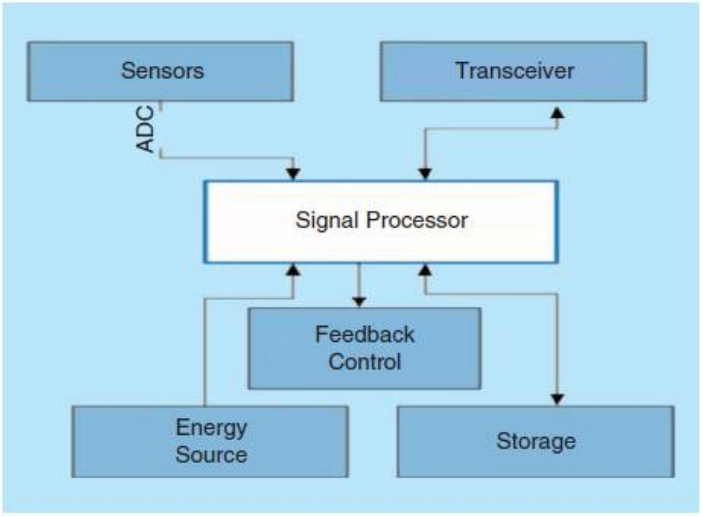
- **مرکز داده:** اطلاعات دریافت شده از حسگرها می‌تواند در مرکز داده ذخیره شود. مرکز داده دستگاهی است که اجازه می‌دهد حسگرها داده را در فوری و بعد از انتشار اطلاعات به شبکه‌ی پزشکی ذخیره کنند. مرکز داده معمولا یک تلفن یا یک دستیار دیجیتال شخصی است. مرکز داده

به عنوان یک واسطه بین سه سطح که در شکل ۲-۳ نشان داده شده است، برای ارتباطات عمل می‌کند. اطلاعات از طریق اینترنت یا سایر ابزار از مرکز داده به یک شبکه‌ی پزشکی منتقل می‌شود.

- **شبکه‌ی پزشکی:** شبکه‌ی پزشکی به عنوان مهمترین سطح، اطلاعات را در مورد وضعیت پزشکی بیمار که توسط پزشکان ارزیابی می‌شود را دریافت می‌کنند. شبکه‌ی پزشکی معمولا توسط بیمارستان یا کلینیک راه‌اندازی می‌شود. این شبکه از اطلاعات شخصی محافظت می‌کند و چندین کاربر را اداره می‌کند. داده‌های جمع‌آوری شده را می‌توان به شبکه‌ی پزشکی ارسال کرد. همانطور که در شکل۲-۳ نشان داده شده است اگر یک وضعیت پزشکی تشخیص داده شود شبکه‌ی پزشکی می‌توانند در یک شبکه‌ی حسگر بی‌سیم بدن تشکیل شوند. این شبکه‌ها می‌توانند هنگامی که یک وضعیت پزشکی در کاربر شناسایی شد، یک روش درمانی را ایجاد کنند. به عنوان مثال اگر سطح قند خون بالا و پایین شود یک حسگر کاشته شده، سطح قند خون را تشخیص می‌دهد و به طور بی‌سیم یک پمپ انسولین برای تنظیم مقدار تزریق می‌شود.

۲-۲-۳. ساختار یک گره‌ی حسگر در شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن

یک گره در WBAN به عنوان یک گره‌ی رابط عمل می‌کند و به پردازش و انتقال داده در برنامه‌های کاربردی کمک می‌کند [۱۲]. گره‌ها سیگنال‌های ضعیف بدن انسان را جمع‌آوری می‌کنند [۲۱].



شکل ۲-٤. ساختار یک گره در **شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن**

۲-۲-٤. چالش‌های شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن

کیفیت مراقبت‌های زندگی و مراقبت‌های بهداشتی همیشه یک نگرانی بزرگ برای یک فرد است. افزایش جمعیت و رشد کشورهای توسعه یافته چالش‌های جدیدی را برای سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی ارائه می‌دهند. به طور کلی نظارت بر سلامت به طور دوره‌ایی انجام می‌شود تا جایی که بیمار باید علائم خود را به یاد داشته باشد. پزشک برخی از آزمایشات را انجام می‌دهد و سپس از پیشرفت بیمار در طول درمان مراقبت می‌کند.[١٤]. طراحی و پیاده سازی پروتکل‌های مسیریابی کارآمد برای شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن یک کار به دلیل ویژگی‌های خاص آنها کار چالش‌برانگیزی است [٤]. در زیر به بیان برخی از چالش‌های شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن می‌پردازیم.

- **چالش توان (نیرو):** اغلب شبکه‌های بی‌سیم مبتنی بر باتری هستند. چالش توان تقریبا در تمام قسمت‌های برنامه‌های کاربردی شبکه‌های حسگر بی‌سیم وجود دارد. اما محدودیت حسگرهای هوشمند که در بدن کاشته شده است چاش بیش‌تری به دنبال را دارد. در یک حالت فعال یک گره‌ی حسگر نمی‌تواند بیش‌تر از یک ماه کار کند زیرا یک باتری قلیایی حدود ٥٠ وات بر ساعت انرژی فراهم می‌کند. در عمل بسیاری از برنامه‌های کاربردی باید این امر که دستگاه برای ارسال بدون هیچ‌گونه جایگزینی کار کند را تضمین کنند. این دستگاه می‌تواند شامل دستگاه‌هایی مثل دستگاه ضربان قلب باشد. برای مقابله به مسائل مربوط به توان، توسعه‌دهندگان باید الگوریتم‌های برنامه‌ریزی بهتر و طرح‌های مدیریت انرژی را طراحی کنند [١٤].
- **محاسبات:** با توجه به قدرت محدود حافظه، محاسبات نیز باید محدود باشد. با توجه به عدم حافظه‌ی کافی حسگرهای پزشکی نمی‌توانند محاسبات طولانی را انجام دهند. بر خلاف گره‌های شبکه‌ی حسگر معمولی بی‌سیم حسگرهای پزشکی توانایی محاسباتی زیادی ندارند. از آن‌جا که ارتباط حیاتی است و حافظه کم است، قدرت کمی برای محاسبه باقی می‌ماند. یک راه‌حل این است که برخی از گره‌ها ممکن است دارای قابلیت‌های متفاوت باشند که با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند و یک پیام داده مشترک ارسال می‌کنند [١٤].
- **حرکات بدن:** تحرک گره، مدیریت انرژی و مشکلات باعث افزایش پویایی در WBAN می‌شود شامل تغییرات مکرر در توپولوژی شبکه که پیچیدگی کیفیت را تقویت می‌کند است. علاوه بر این

کیفیت خطوط در WBANها به دلبل تابع زمان به دلیل متفاوت بودن حرکات بدن متفاوت است. بنابراین الگوریتم مسیریابی پیشنهادی باید با تغییرات توپولوژی متفاوت سازگار باشد [۱۲].

- **افزایش دما:** از نظر انرژی موجود، قدرت محاسباتی و سطح انرژی گره‌ها باید در پروتکل مسیریابی پیشنهاد شده مورد توجه قرار گیرد. همچنین به منظور به حداقل رساندن تداخل و اجتناب در گرم شدن بافت‌ها قدرت انتقال گره‌ها باید بسیار پایین باشد [۱۲].
- **امنیت و تداخل:** یکی از مسائل مهم که می‌توان در نظر گرفت بخصوص برای سیستم‌های پزشکی امنیت و تداخل است. داده‌های فیزیولوژیکی که توسط شبکه‌ی بی‌سیم جمع‌آوری می‌شود اطلاعات سلامتی است و ماهیت شخصی دارد. این امر محرمانه است و باید توسط رمزنگاری داده توسط یک کلید در حین انتقال حاصل شود. اعتبار داده و همچنین یکی از الزامات امنیتی است. این ویژگی برای یک شبکه‌ی حسگر پزشکی بسیار مهم است زیرا عدم وجود این ویژگی ممکن است منجر به شرایطی شود که یک نهاد غیرقانونی به عنوان یک حق قانونی مبادله‌ی گره و داده‌های نادرست خرابی کنترل گره گزارش دهد یا دستورالعمل‌های اشتباه دیگری را برای سایز حسگرهای پزشکی ارائه دهد که احتما آسیب جدی به مقصد می‌شود [۱٤].
- **محدودیت مواد و منابع:** یکی دیگر از مسائل مربوط کاربردهای شبکه‌های بی‌سیم سلامتی، محدودیت مواد است. یک حسگر پزشکی باید در بدن انسان کاشته شود، بنابراین شکل، سایز و مواد باید برای بافت بدن بی‌ضرر باشد. برای مثال حسگرهای هوشمند طراحی شده برای پشتیبانی از شبکه‌ی چشم باید به اندازه‌ی کافی کوچک باشد تا برای داخل چشم مناسب باشد [۱٤].
- **طول عمر شبکه:** طول عمر شبکه در WBANها به عنوان فاصله‌ی زمانی از زمانی که شبکه شروع می‌شود تا زمانی که شبکه به طور قابل توجهی آسیب ببیند در نظر گرفته می‌شود. به دلیل اینکه جایگزینی باتری و شارژ آن در دستگاه‌های پزشکی کاشتنی امکان‌پذیر نسیت، طول عمر شبکه در WBAN از اهمیت بالایی نسبت به WSN برخورار است [۱۲].
- **محیط ناهمگن:** برنامه‌های کاربردی خاص WBAN ممکن است نیاز به جمع‌آوری داده‌های ناهمگن از انواع مختلف حسگر با نرخ نمونه‌برداری مختلف داشته باشد. بنابراین پشتیبانی QOS ممکن است یکی از موارد چالش‌برانگیز WBAN باشد [۱۲].

- **نیرومندی**: هر زمان که گره‌ی حسگر در محیط ناملایم قرار گیرد، میزان شکست دستگاه بالا می‌رود. بنابراین، پروتکل‌ها باید سازوکارهایی در ساخت داشته باشند که یک گره‌ی دارای نقص کل شبکه را متوقف نکند. یک راه‌حل، ممکن یک شبکه‌ی توزیع شده باشد که در آن هر گره به صورت مستقل عمل می‌کند و در صورت لزوم همکاری می‌کند. به عنوان مثال اگر بخشی از حسگر کار نمی‌کند بخش ارتباطی باید مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی از راه‌های رسیدن به این هدف این است که یک گره ممکن است شامل یک بلوک حسگر، یک بلوک ارتباطی، یک بلوک برنامه‌ریزی و یک بلوک داده باشد. این می‌تواند راه مناسبی برای جداسازی بلوک ناکارآمد از بقیه‌ی اجزای گره و همچنین کاهش مصرف می‌شود [۱٤].
- **عملکرد متوالی**: عملیات مداوم باید در طول چرخه‌ی یک حسگر پزشکی طولانی باید قابل اطمینان باشد، زیرا انتظار می‌رود که برای روزها و گاهی هفته‌ها بدون مداخله‌ی اپراتور عمل کند. از این رو مهم است که میزان ارتباطات به حداقل برسد. لازم است که ارتباطاتی که برای اهداف غیر از ارتباطات واقعی داده رخ می‌دهد را به حداقل برسانیم اگر که امکان حذف آن‌ها وجود نداشته باشد [۱٤].
- **الزامات تنظیمی**: الزامات تنظیمی باید طوری باشند که این دستگاه‌ها به بدن آسیب نرسانند. انتقال بی‌سیم داده‌ها نباید به بافت اطراف آسیب برساند. طراحی ایمنی حتی در اولین مراحل باید یکی از ویژگی‌های اساسی توسعه‌ی حسگرهای پزشکی باشد [۱٤].
- **محدوده‌ی انتقال کارا**: محدوده‌ی ارسال RF در WBAN منجر به پراکندگی و قطع اتصال مکرر در میان حسگرها در WBAN می‌شود. در مواردی که محدوده‌ی انتقال حسگرها کمتر از یک آستانه باشد گزینه‌های کمتری برای حسگرهای مجاور وجود دارد که منجر به تعداد انتقالات بیش‌تر و در نتیجه بالاتر رفتن حرارت می‌شود. همچنین تعداد همسایگان کم، احتمال رسیدن بسته‌ها به مقصد در داخل یک مسیر مشخص کم می‌شود. بنابراین بسته‌ها طول می‌کشد تا به مقصد برسند که به طور کلی منجر به افزایش دما می‌شود [۱۲].
- **نرخ داده**: با توجه به ناهمگنی برنامه‌های کاربردی، نرخ داده به شدت متفاوت است. مثلا داده‌های ساده در حد چند کیلوبایت بر ثانیه، جریان‌های ویدوئی در حدود مگابایت بر ثانیه است. همچنین

داده‌ها می‌توانند به صورت پشت سرهم ارسال شوند که این بدین معناست که در طول ارسال پشت سر هم با نرخ ارسال بالایی ارسال می‌شوند. نرخ داده برای برنامه‌های کاربردی مختلف در جدول ۲-۱ آمده است.

جدول ۲-۱: نرخ داده برای برنامه‌های کاربردی مختلف

Application	Data Rate	Band Width (Hz)	Accuracy (bit)
ECG (12 leads)	288 kbps	100-500	12
ECG (6 leads)	71 kbps	100-500	12
EMG	32 kbps	0-10000	16
EEG (12 leads)	43.2 kbps	0-150	12
Blood saturation	16 bps	0-1	8
Glucose monitoring	1600 bps	0-50	16
Temperature	120 bps	0-1	8
Motion sensor	35 kbps	0-500	12
Cochlear implant	100 kbps	-	-
Artificial retina	50-70 kbps	-	-
Audio	1 Mbps	-	-
Voice	50-100 kbps	-	-

- قابلیت اطمینان ارسال داده: شرایط نرخ خطای بیت را فراهم می‌آورد که تعداد بسته‌های از دست رفته را اندازه‌گیری می‌کند. برای دستگاه‌های پرشکی قابلیت اطمینان بستگی به نرخ داده دارد [۱۱].
- انرژی: انرژی مصرفی می‌تواند بر سه دامنه تقسیم شود: حس کردن، ارتباطات بی‌سیم و پردازش داده. توان قابل مصرف گره‌ها اغلب محدود است. سایز باتری استفاده شده برای ذخیره‌ی انرژی مورد نیاز در اکثر موارد بزرگترین شرکت‌کننده در دستگاه حسگر از نظر ابعاد و وزن است. باتری به عنوان یک نگهدارنده‌ی کوچک است و انرژی مصرفی دستگاه باید کاهش یابد. در بعضی از برنامه‌های کاربردی WBAN، یک گره حسگر گره محرک باید از طول عمر باتری ماه‌ها و سال‌ها بدون مداخله پشتیبانی کرد. برای مثال ضربان‌ساز یا یک پایش گلوکز نیاز به طول عمر طولانی‌تر از ۵ سال دارد. بخصوص برای دستگاه‌های کاشته شده طول عمر بسیار مهم است. نیاز به جایگزینی یا شارژ شامل هزینه و تسهیلاتی است که برای دستگاه‌های کاشتنی ناخوشایند است [۱۱].

- **کیفیت سرویس و قابلیت اطمینان:** مدیریت QOS یکی از مهمترین چهارچوب مدیریت ریسک در برنامه‌های کاربردی پزشکی است. مسئله‌ی بسیار مهم ارسال قابل اطمینان به منظور تخمین دریافت داده‌های نظارت شده توسط متخصصان مراقبت‌های بهداشتی است. نمونه‌ایی از قابلیت اطمینان شامل تضمین تحویل داده و غیره است. علاوه بر این پیام‌ها باید در زمان معقول تحویل داده شوند. قابلیت اطمینان شبکه تاثیر مستقیمی در کیفیت نظارت بر بیمار و بدترین حالات ممکن دارد که این می‌تواند موجب مرگ‌ومیر شود و تهدیدکننده‌ی حیات است [۱۱].
- **قابلیت استفاده و دسترسی:** در اغلب موارد WBAN در بیمارستان‌ها توسط پرسنل پزشکی تنظیم می‌شود نه توسط مهندسان ICT. در نتیجه شبکه باید قادر به خودسازماندهی و خودنگهداری باشد و خودسازماندهی و خودنگهداری را پشتیبانی کند. هر زمانی که یک گره در بدن قرار گرفته و روشن می‌شود، این گره قادر باشد به شبکه متصل شود و تنظیمات مسیرها بدون دخالت خارجی انجام شود. علاوه بر این شبکه باید برای اضافه کردن خدمات جدید به سرعت قابل تنظیم باشد. زمانی که یک مسیر از دست رفت باید یک مسیر پشتیبانی را راه‌اندازی کند. دستگاه‌ها ممکن است در بدن بیش از حد پراکنده شوند. مکان دقیق دستگاه بستگی به برنامه‌ی کاربردی دارد برای مثال یک حسگر قلب باید در اطراف قلب باشد و یک حسگر درجه‌ی حرات تقریبا می‌تواند هر جایی قرار گیرد [۱۱].

۲-۲-۵. کاربردهای شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن

در حال حاضر برنامه‌های مراقبت‌های بهداشتی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم، مشکلات قلبی، آسم، نظارت بر استرس و غیره را هدف قرار داده است. یکپارچگی تکنولوژی تخصصی پزشکی با شبکه‌های حسگر بی‌سیم در آینده‌ی نزدیک دیده می‌شود. پیشرفت‌های اخیر در کوچک‌سازی حسگرهای پزشکی هوشمند فرصت‌های جدیدی را برای نظارت مداوم بیمار فراهم می‌کند [۱٤]. برنامه‌های کاربردی شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن محدوده‌ی وسیعی مانند ارتش، مراقبت‌های بهداشتی، ورزش، سرگرمی و بسیاری از نواحی دیگر را را در بر می‌گیرد. برنامه‌های کاربردی به دو دسته‌ی پزشکی و غیرپزشکی تقسیم می‌شوند که در جدول ۲-۲ دیده شود. ویژگی همه‌ی برنامه‌های کاربردی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن کیفیت زندگی کاربران است. با استفاده شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن انتظار می‌رود، سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی را

تقویت کند تا بتواند به مدیریت موثر و تشخیص بیماری و واکنش به بحران نه فقط برای سلامتی بپردازد [۱۲]. در ادامه به چند مورد از کاربرهای این شبکه‌ها اشاره شده است.

جدول ۲-۲: برنامه‌های کاربردی شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن

WBAN Application	Medical	Wearable WBAN	Assessing Solar Fating and Battle Readiness
		Implant WBAN	Aiding Professional and Amature Sport Training
			Sleep Staging
			Asthma
		Remote Control Of Medical Devices	Wearable Health Monitoring
			Cardiovascular Diseases
			Cancer Detection
			Ambient Assisted Living (ALL)
	Non- Medical		Patient Monitoring
			Tele- Medicine Systems
			Real Time Streaming
			Entertainment Applications
			Emergency (Non- Medical)

۲-۲-۵-۱. کاربردهای پزشکی

برنامه‌های کاربردی پزشکی شبکه‌های حسگر بی‌سیم با هدف بهبود خدمات مراقبت‌های بهداشتی موجود و نظارت بر خدمات است به خصوص برای سالمندان، کودکان [۱]. استفاده از شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن در کاربرهای پزشکی اجازه می‌دهد تا به طور مداوم بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی مثل فشار خون، ضربان قلب و دمای بدن نظارت داشت [۱۲]. شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن می توانند مدیریت تشخیص، نظارت بر داده‌های فیزیولوژیکی انسان را از راه دور فراهم کنند[۱۵]. در مواردی که شرایط غیرطبیعی تشخیص داده می‌شود، داده‌های جمع‌آوری شده توسط حسگرها می‌تواند به وسیله‌ی مانند تلفن همراه یا این اینترنت به یک مکان راه دور مانند مرکز اضطراری یا اتاق پزشک ارسال شوند. علاوه بر این شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن یک راه‌حل کلیدی برای برای تشخیص، نظارت و درمان بیمارانی با احتمال بیماری‌های مرگباری

مثل دیابت، فشار خون و بیماری‌های مرتبط با قلب و عروق است. برنامه‌های کاربردی پزشکی را می‌توان به سه دسته تقسیم کرد که به شرح زیر است [۱۲].

- **شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن پوشیدنی:** برنامه‌های کاربردی پزشکی پوشیدنی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن می‌توانند به دو دسته‌ی کمک به معلولیت و مدیریت انسانی تقسیم شوند. برخی ار کاربردها در زیر ذکر شده است [۱۲].

➢ **ارزیابی خستگی سربازان و آمادگی نبرد:** فعالیت سربازان در میدان جنگ توسط شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن می‌تواند بیش‌تر نظارت شود. این را می‌توان از طریق شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن که متشکل از چندین دوربین، حسگرهای پزشکی و GPS و شبکه‌های بی‌سیم همراه با تجمع دستگه ارتباطی با سربازان دیگر و نظارت بر آنان متمرکز شده است. با این حال برای جلوگیری از خطر باید یک کانال ارتباطی امن در میان سربازان وجود داشته باشد. شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن همچنان می‌توانند توسط پلیس‌ها و آتش‌نشان‌ها نیز مورد استفاده قرار بگیرند. استفاده از WBAN در محیط‌های خشن و ناامن برای کاهش احتمال صدمه مفید است [۱۲].

➢ **کمک به آموزش حرفه‌ایی و ورزش:** برنامه‌های آموزشی ورزشکاران می‌توانند به راحتی توسط شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن تنظیم شود.

➢ **نظارت بر سلامتی:** رابطه شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن با حسگرها و دستگاه‌های دیگر روی بدن انسان می‌تواند بر سلامتی نظارت داشته باشد. به عنوان مثال Glucose Cell Phone که یک تلفن همرا تشخیص گلوکز است میزان گلوکز را دریافت می‌کند، ماژول گلوکز پس از آن می تواند برای تجزیه و تحلیل پزشک ذخیر یا ارسال شود [۱۲].

➢ **شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن کاشتنی:** این دسته‌بندی وابسته به گره‌های کاشته شده در بدن است که درزیر پوست یا در جریان خون قرار می‌گیرد [۱۲].

➢ **کنترل دیابت:** ٦,٤ درصد از جمعیت جهان که نشان‌دهنده‌ی دویست‌و هشتادو پنج میلیون نفر است، از بیماری دیابت رنج می‌برند. این تعداد تا سال ۲۰۳۰ به چهارصدوسی‌وهشت میلیون نفر خواهد رسید. نظارت مکرر توسط WBANها ارائه شده است قادر به کاهش ضعف و از بین بردن خطرات از دست دادن گردش خون و عوارض بیش‌تر است [۱۲].

- **بیماری‌های قلبی و عروقی**: بیماری‌های قلبی و عروقی به عنوان علت اصلی مرگ برای هفده میلیون نفر در ۸ سال شناخته شده است که می‌تواند به طور قابل توجهی باعث کاهش یا جلوگیری مرگ‌ومیر با استراتژی‌های بهداشتی مناسب می‌شود [۱۲].
- **تشخیص سرطان**: یکی از دلایل مرگ‌ومیر با افزایش تعداد سالانه و یکی از بزرگترین تهدیدات زندگی انسان سرطان است [۱٤]. شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن مبتنی بر حسگرهای قادر به نظارت سلول‌های سرطانی بدن انسان است که پزشکان را قادر می‌سازد تا به طور مرتب تومور را تشخیص دهند [۱۲].
- **کنترل بیماری از راه دور**: در حال حاضر اتصال اینترنت به WBAN اجازه می‌دهد تا از طریق دستگاه‌ها و خدمات به عنوان مراقبت‌های خانگی شناخته شود. طولانی کردن مراقبت از بیمار در خانه و به حداقل رساندن وابستگی به مراقبت شخصی، افزایش کیفیت زندگی و کاهش هزینه‌های اجتماعی را دارد [۱۲].
- **نظارت بر بیمار**: یکی از برنامه‌های کاربردی کلیدی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن استفاده در نظارت بر سیگنال‌های حیاتی و همچنین ارائه‌ی زمان واقعی بازخورد در نظارت بر برنامه‌های کاربردی بهداشتی است. به ویژه آن‌ها حس می‌کنند و و سیگنال‌های حیاتی هستند ضربان قلب، دمای بدن و فشار خون را اندازه‌گیری می‌کند. شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن توانایی اداره‌ی دارو در بیمارستان، کمک به توانبخشی و ارائه‌ی رابط برای تشخیص نظارت مداوم بیمار و در صورت لزوم ارائه‌ی داروهای لازم، را دارا است [۱۲].
- **آسم**: یک شبکه‌ی حسگر بی‌سیم می‌تواند به میلیون‌ها بیمار مبتلا به آسم کمک کند. با داشتن گره‌های حسگر که می‌توانند عوامل آلرژیک رت در هوا احساس کرده و وضعیت را به طور مداوم به پزشک و یا خود بیمار گزارش دهند [۱٤].
- **جلوگیری از حوادث پزشکی**: به دلیل حوادث پزشکی ناشی از خطاهای انسانی، سالانه تقریبا جان نودوهشت‌هزار نفر را می‌گیرد. شبکه‌ی حسگر مس‌تواند یک گزارش از حوادث پزشکی قبلی را حفظ کنند و می‌توانند وقوع یک حادثه را اعلام کنند. بنابراین، می‌توانند بسیاری از حوادث پزشکی را کاهش دهند [۱٤].