۲-۱-مقدمه

هر فردی دارای یکسری ویژگی منحصر به فرد از جمله حساسیت نسبت به بیماری، داروها یا عملیات پزشکی می‌باشد. این موارد باعث ایجاد تغییر رویکرد در مراقبت سلامت را نشان می‌دهد. همه شاخه‌های پزشکی مدرن از پیشگیری تا درمان‌های پیچیده کاملا وابسته به تشخیص زود هنگام، دقیق و همراه با بررسی نتایج از نزدیک است. برای رسیدن به این اهداف لازم است که اطلاعات دقیق فرد در سطح‌های مختلف بصورت پیوسته دریافت شود. این دریافت اطلاعات باید به صورتی شکل گیرد که زندگی طبیعی فرد مشکلی را ایجاد نکند و از نظر هزینه منطقی و قابل تامین باشد از این نظر نیاز به تکنولوژی[۱] می‌باشد که این مشکل را مرتفع کند.

به همین منظور شبکه‌های حسگر بی‌سیم ناحیه بدن اغلب می‌تواند با ارائه علائم‌حیاتی بخصوص تشخیص زودهنگام بیماری‌های مختلف را انجام دهند. این نوع شبکه‌ها می‌توانند با جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها مربوطه و با بکارگیری انواع مختلف حسگرهای پزشکی نشانه حیاتی بیماران را نشان دهند[۷] که به عنوان مثال (درجه حرارت بدن، ضربان قلب، فشار خون، نوار قلب، نوار مغز و بقیه حسگرها می‌باشد.) اینکار در یک دوره زمانی طولانی، نتیجه کاهش هزینه بهداشت و درمان را درپی دارد. گره‌های حسگر هم می‌توانند بر روی بدن انسان و هم در داخل بدن انسان کار گذاشته شوند. این حسگرهای بی‌سیم اطلاعات حسی ارسالی خود را به یک هماهنگ‌کننده(چاهک)[۲] ارسال می‌کنند.

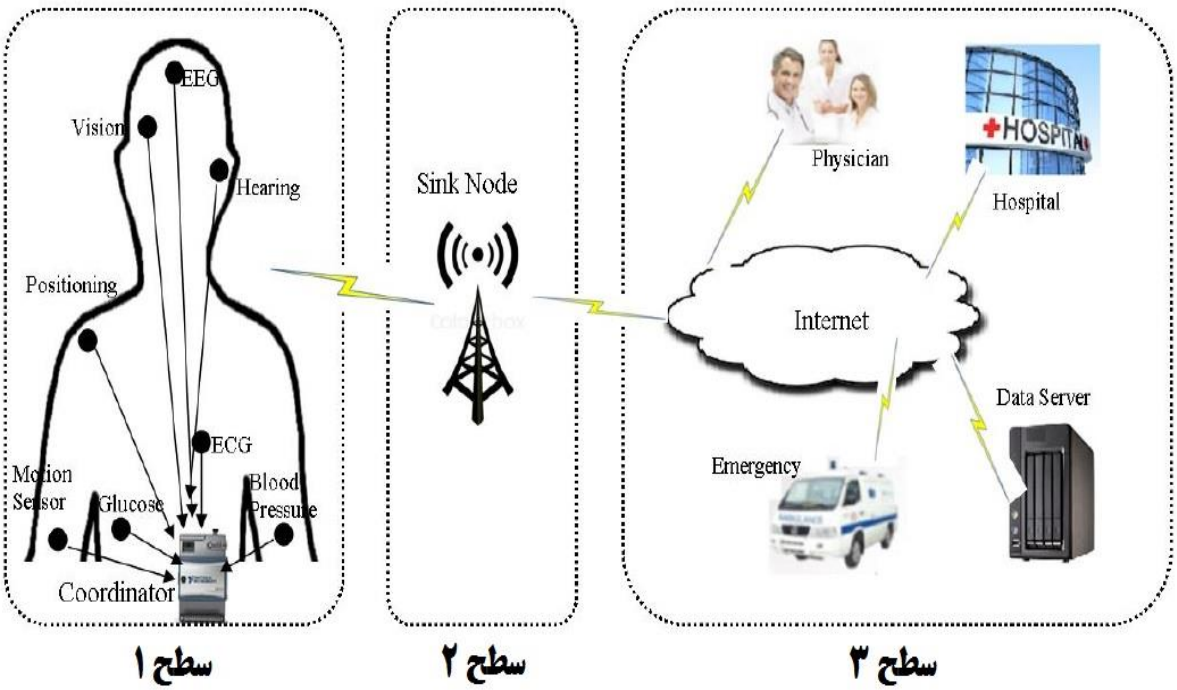
گره چاهک داده‌های دریافتی را از گره‌های حسگر دریافت و برای مراقبت‌های بهداشتی به مراکز کنترل ارسال می‌کند و مراکز کنترل اطلاعات ارسالی از گره‌های حسگر را برای درمان و تجویز علائم حیاتی بیمار به متخصصان و گروهان پزشکی منتقل می‌کند تا کار کنترل صورت گیرد از آنجائیکه این اطلاعات باید بین حسگرها و مراکز کنترل ردوبدل شود پس نیاز به یک طرح مسیریابی مناسب برای انتقال اطلاعات با توجه به حساس بودن این داده‌ها دارد در این فصل ما انواع مختلفی از پروتکل‌ها و روش‌های مسیریابی برای انتقال اطلاعات از گره‌های حسگر به چاهک و سپس به مراکز کنترل را معرفی می‌کنیم و ویژگی‌های هر کدام را ذکر می‌کنیم.

---

[۱] Technology
[۲] Sink

۲-۲-معماری شبکه‌های حسگر بدن

معماری شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن به سه سطح زیر تقسیم‌بندی می‌شود[۸]: که در شکل شماره ۲-۱ نشان داده شده است.



شکل ۲-۱ معماری شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن[۸]

سطح۱- گره‌های حسگر پزشکی کاشته شده روی بدن انسان و یا داخل بدن به همراه چاهک در این سطح واقع شده است.

سطح۲- در این سطح گره‌های حسگر داده‌های خود را به چاهک ارسال می‌کنند و چاهک با جمع‌آوری داده‌ها و پردازش آن به مراکزکنترل ارسال می‌کند.

سطح۳- در این سطح هم بعد از دریافت داده‌ها به چاهک از طریق زیرساخت‌های اینترنت به مراکز پزشکی برای نظارت و درمان از راه دور ارسال می‌شود.

در کل در معماری این نوع از شبکه‌ها هر کدام از حسگرها با دریافت اطلاعات حسی از علائم حیاتی بدن و سپس با ارسال آن به چاهک، سلامت فرد را برای مراکز کنترل پزشکی پایش می‌کنند تا مراقبت‌های درمانی صورت گیرد.

۲-۳-وظیفه شبکه حسگر بدن

گره‌های حسگر وظیفه پایش پارامترهای مهم بدن را که وضعیت بیماری فرد و علائم حیاتی آن است را نشان می‌دهد[۹] در یک شبکه حسگر بدنی، علائم حیاتی که به طور عمده مورد پایش قرار می‌گیرند. دمای بدن، ضربان قلب، فشار خون، نرخ تنفس و میزان اکسیژن خون و غیره هستند. علاوه بر پیش علائم حیاتی، سایر کاربردهای حسگرهای پزشکی عبارتند از پایش سیگنال‌قلبی[۱] (ECG) برای مراقبت از فعالیت‌های قلب، سیگنال مغزی[۲] (EEG)، سیگنال‌ماهیچه‌ای[۳] (EMG)، مراقبت سطح گلوگز و پایش حرکات فیزیکی[۴] برای تعیین وضعیت افراد است. هنگام استفاده از شبکه‌های حسگر برای بدست آوردن نتایج منطقی و مناسب، باید حسگرهای متفاوتی را در شبکه قرار گیرد و از اطلاعات حسگرهای متفاوت برای بررسی شرایط بیمار استفاده شود و تصمیمات مناسب را اتخاذ گردد. نمونه‌هایی از انواع حسگرهای به کار گرفته شده به شکل مختلف از جمله الکترودهای پوستی، مچ بندها و غیره در جدول شماره ۲-۱ ذکر شده است[۱۰].

جدول ۲-۱ حسگرهای پزشکی مختلف روی بدن انسان

حسگر	توضیحات
نوارقلب (ECG)	فعالیت‌های الکتریکی قلب (به طور مداوم در هنگام استراحت بصورت پیوسته)
جریان خون	اندازه‌گیری نیروهای شتاب دهنده در فضای سه بعدی از بدن
فشار خون	نیروی اعمال شده توسط گردش خون در دیواره‌های رگ‌های خونی
دمای بدن یا پوست	شاخص توانایی بدن برای ایجاد و رهایی از گرما
میزان تنفس	تعداد حرکات دم و بازدم در واحد زمان
میزان اکسیژن	نشان‌دهنده اکسیژن که در خون بیمار در جریان است
ضربان قلب	فرکانسی از سیکل قلبی
قند خون	اندازه‌گیری مقدار قند (نوع، منبع، انرژی) در خون
سیگنال ماهیچه‌ای(EMG)	فعالیت الکتریکی عضلات اسکلتی (سیستم عصبی، عضلانی)
نوار مغز (EEG)	اندازه‌گیری فعالیت مغز به صورت خودجوش و سایر پتانسیل‌های مغز

[۱] Electrocardiogram
[۲] Electroencephalography
[۳] Electromyography
[۴] Physical Movement

همانطور که در جدول شماره ۲-۱ مشاهده می‌کنید هر کدام از این حسگرها با توجه به موقعیت خود روی بدن انسان قرار می‌گیرند و مطابق با نوع حسگر، علائم بیمار را نشان می‌دهند. مثلا دمای بدن یکی از مهمترین عواملی است که باید برای تعیین وضعیت سلامت بیمار اندازه‌گیری شود. بالا بودن دمای بدن نشانه بیماری است و پائین بودن آن هم از یک حد معین نشان دهنده افزایش احتمال بیمار شدن است از فشار خون، می‌توان برای تخمین میزان بالا بودن کلسترول خون، گرفتگی شریان‌ها و یا نامنظم بودن فعالیت قلب استفاده کرد از حسگر ثبت ضربان قلب (ECG) می‌توان برای نشان دادن سطح و میزان استرس نیز استفاده کرد. زمانیکه فشار خون تحت تاثیر استرس اندازه‌گیری می‌شود در سطح نرمال قرار نمی‌گیرد و یا ECG و دمای بدن فرد با میزان فعالیت فرد رابطه مستقیم دارد.

۲-۴-کاربرد شبکه حسگر بدن

با وجود اینکه اعضای گوناگون بدن که به هم متصل شده‌اند شبکه‌های ناحیه بدنی توانایی کاربردهای گوناگون در حوزه مراقبت بهداشتی و موارد اورژانسی و کار و تحقیق و سبک زندگی و ورزش‌ها و یا موارد نظامی را دارا می‌باشند، از جمله این کاربردها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۲-۴-۱-کاربردهای پزشکی:

شبکه‌های حسگر بدنی می‌توانند واسطهایی را برای تشخیص و نظارت از راه دور علائم فیزیولوژیکی انسان و مدیریت داروها در بیمارستان‌ها فراهم کنند و به عنوان کمکی برای توان بخشی می‌باشند در آینده امکان نظارت مداوم بیماران و دادن داروهای لازم به آن‌ها در زمانی که در خانه یا بیمارستان یا جاهای دیگر هستند فراهم می‌شود.

۲-۴-۲-سبک زندگی و ورزش‌ها:

شبکه‌های حسگر بدنی توانایی ایجاد خدمات جدید برای شبکه‌های بدنی بی‌سیم شامل سیستم سرگرمی پوشیدنی و سیستم‌های رهیابی برای هدایت ماشین و هم برای نظارت بر عملکرد ورزشکاران و نظارت بر نوزادان و کارت‌های پول بی‌سیم[۱] (نمایش معاملات اخیر و چک کردن موجودی) را دارند.

۲-۴-۳-کاربردهای نظامی:

شامل نظارت برسلامت و محل و دما وسطوح ترکیب با آب و تشخیص مواد شیمیایی و نظارت بر شرایط سربازان است. شبکه ناحیه بدنی میزان بقا و زنده بودن را نشان می‌دهد[۱۱].

[۱] Wireless Cash Card

از انواع کاربردهای شبکه‌های حسگر بدنی می‌توان از مواردی از قبیل: پرستاری در خانه و آزمایشات پزشکی و بالا بردن مراقبت‌های پزشکی اورژانسی نام برد:

۲-۴-۴-پرستاری در خانه:

این کاربرد بر پرستاری افراد سالمند تاکید دارد در این دسته از کاربردها دوربین‌هایی شامل حسگرهای اندازه‌گیر فشار و جهت‌یاب و حسگرهایی برای تشخیص فعالیت‌های ماهیچه کار گذاشته می‌شود که یک شبکه ی پیچیده را ایجاد می‌کند. این شبکه افتادن فرد سالمند، عدم هوشیاری، علائم حیاتی، رژیم غذایی و ورزش او را نظارت می‌کند.

۲-۴-۵-آزمایشات پزشکی:

فرض کنید یک آزمایش پزشکی قرار است در زمان معینی انجام شود حسگرها به کاربران امکان می‌دهد که بدون نیاز به آزمایش‌های مکرر موارد مورد آزمایش تحت کنترل قرار گیرد.

۲-۴-۶-بالا بردن مراقبت‌های پزشکی اورژانس:

امروزه ابزارهای بی‌سیم کم توان توانسته‌اند در زمینه چالش‌های جدید علم پزشکی موثر باشند. سیستم‌های نمایشگر با استفاده از تعدادی از این ابزارها مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند. این دسته از ابزارها امکان دادن سرویس‌های سریع به بیماران اورژانسی‌را فراهم کرده‌اند[۱۲].

۲-۵- محدودیت‌های شبکه‌های حسگر

افزایش تجهیزات بی‌سیم و پیشرفت اخیر در کوچک‌سازی حسگرها، امکان پذیری سیستم‌های پایش سلامت را اثبات کرده‌اند. با این حال، پژوهشگران شبکه‌های حسگر بدنی، با محدودیتهای برای تامین رضایت کاربران در ارتباط با سادگی استفاده، اندازه، قابلیت اطمینان و امنیت شبکه مواجه‌اند. برای فراگیر کردن این تکنولوژی، تحقیقات زیادی برای رفع مشکلات و ارتقای این شبکه‌ها متناسب با ظرفیت‌های موجود ضروری به نظر رسیده انجام شده است[۱۳].

شبکه‌های که در بدن کار گذاشته می‌شوند باید سازگار با بدن، مقاوم در برابر خطا و خرابی باشند و نیاز به تعمیراتشان نباشد. شبکه‌های پوشیدنی باید سبک و قابل حمل[۱] باشند تا برای فعالیت‌های روزانه بیمار مزاحمتی را ایجاد نکنند هر دو نوع این شبکه‌ها باید مقیاس پذیر[۲]، بسیار ایمن، قابل اطمینان و با مصرف کارامد انرژی همراه باشند.

[۱] Portable
[۲] Scalable

محدودیت‌های کلی شبکه‌های حسگر بی‌سیم از نظر پهنای‌باند، انرژی، توان‌محاسباتی، توان مخابراتی و حافظه نیز می‌باشد. همچنین حسگرهای پزشکی باید وزن کم و اندازه کوچکی داشته باشند و مصرف انرژی آنها کمینه باشد. محدوده کوتاه ارسال در شبکه‌های ناحیه بدن(BAN) امنیت موضعی را در این قسمت از سیستم تامین می‌کند در واقع نه تنها مقیاس‌پذیری بدن انسان نسبت به سایر شبکه‌های حسگر بی‌سیم (WSN) کوچکتر است بلکه چنین محیطی احتیاج به نوع فرکانس متفاوتی برای پایش دارد. اصولاً شبکه‌های حسگر بدنی محدودیت‌های متفاوتی نسبت به شبکه حسگر بی‌سیم دارند و این واقعیت که شبکه‌های حسگر بی‌سیم طراحی شده و موجود به صورت ایده‌آل برای پایش بدن مناسب نیستند موجب توسعه شبکه‌های ناحیه بدن شده است هر چند مسائلی که شبکه‌های ناحیه بدن با آن مواجهند از جهات بسیاری شبیه به شبکه‌های حسگر بی‌سیم هستند.

۲-۶-تکنولوژی‌های ارتباطی بی‌سیم

در سالهای اخیر، رشد استفاده از تجهیزات بی‌سیم در میان عامه مردم بسیار چشمگیر و قابل توجه بوده است. ارتباطات و فناوری‌های بی‌سیم به سرعت به جایگاه و محبوبیت ویژه‌ای در امور تجاری و صنایع کامپیوتری دست یافته است. دلیل رشد چشمگیر شبکه‌های بی‌سیم، انعطاف‌پذیری و قابلیت جابجایی بسیار بالاتر آنها در مقایسه با شبکه‌های سیمی می‌باشد. برخلاف شبکه‌های سنتی سیمی که کاربران برای اتصال دستگاه خود به شبکه به کابل مخصوصی نیاز دارند، فناوری بیسیم کاربران را قادر می‌سازد که بدون محدودیت مکانی، به اطلاعات موجود در شبکه دست یابند.

شبکه‌های بی‌سیم یکی از تکنولوژیهای جذابی هستند که توانسته‌اند توجه بسیاری را به سوی خود جلب نمایند و عده‌ای را نیز مسحور خود نموده‌اند. هرچند این تکنولوژی جذابیت و موارد کاربرد بالایی دارد ولی مهمترین مرحله که تعیین کننده میزان رضایت از آن را به دنبال خواهد داشت، ارزیابی نیازها و توقعات و مقایسه آن با امکانات و قابلیت‌های این تکنولوژی است.

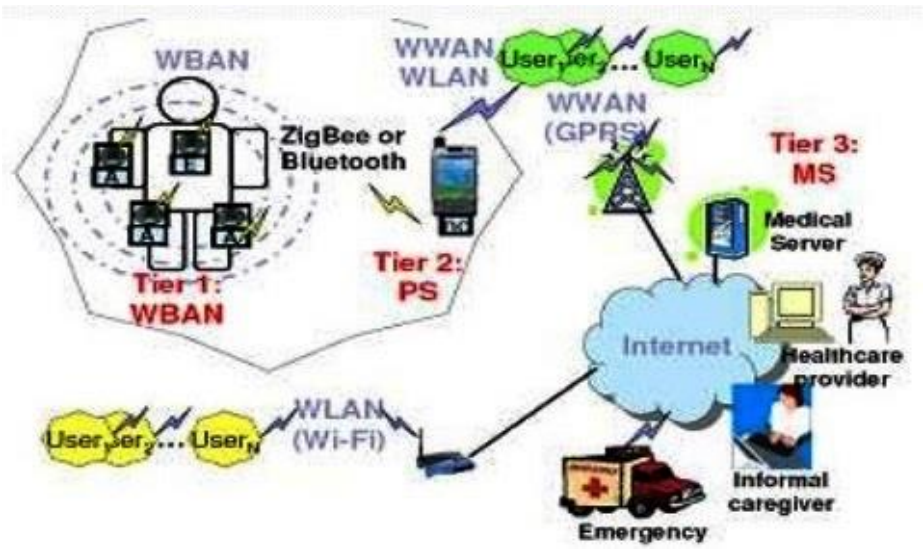
نادیده گرفتن حقایق، امکانات فنی و موارد کاربرد این تکنولوژی نتیجه‌ای جز شکست و عدم رضایت نخواهد داشت. تکنولوژی شبکه‌های ارتباطی در شبکه‌های حسگر بدن بسیار نقش مهمی را ایجاد می‌کند. مهم بودن نقش آن به خاطر حساس بودن داده‌های است که علائم حیاتی بدن را برای پایش وضعیت انسان نمایش می دهد و با سلامت انسان سروکار دارد و نباید باعث ایجاد اختلال در ارتباط شود در این بخش تعدادی از فن‌آوری‌های بی‌سیم موجود در شبکه‌های حسگر بدن را معرفی می‌کنیم[۱٤]:

۲-۶-۱-تکنولوژی Zigbee

زیگ‌بی[۱] یک شبکه هوشمند است که برای پروتکل‌های ارتباطی که در سطوح بالا و داده‌ها با نرخ ارسال پایین داده استفاده می‌شوند، بکار می‌رود[۱٤]. این تکنولوژی براساس استاندارد مشخصی عمل می‌کند. این تکنولوژی برای شبکه‌های بی‌سیم با نرخ ارسال داده پایین استفاده می‌شود و از طریق آن می‌تواند ۶۴۰۰۰ سیستم را بوسیله آن به یکدیگر متصل نمود در شبکه‌های حسگر بدن تکنولوژی زیگ‌بی با کلیدهای ۱۲۸ بیتی رمز گذاری می‌شود. این سیستم از طریق شبکه‌های درختی و ستاره‌ای و توری پشتیبانی می‌شود هر دستگاه باید یک هماهنگ‌کننده بر روی خود داشته باشد. فرکانس کاری آن در محدوده ۲/۴ گیگاهرتز و و سرعت انتقال آن ۲۵۰ کیلو بیت بر ثانیه می‌باشد.

۲-۶-۲-تکنولوژی Bluetooth

بلوتوث درحقیقت یک استاندارد و پروتکلی ساده برای ارتباط تحت برد کوتاه، با مصرف انرژی کم، هزینه پایین و بدون نیاز به سیم‌های دردسرساز است. پایه اصلی فناوری بلوتوث، امواج رادیویی است. استانداردی که بلوتوث‌ها تحت آن شناخته می‌شوند، استانداردی موسوم به IEEE است که اغلب با اصطلاح WPAN[۲]های ۸۰۲,۱۵ دیده می‌شود. این فناوری مفید از طریق نصب یک میکروچیپ ارزان‌قیمت در دستگاه‌های مختلف فعال می‌شود.



شکل ۲-۲ تکنولوژی بلوتوث در شبکه بی‌سیم ناحیه بدن[۱۴]

[۱] Zigbee
[۲] Wireless Personal area Networks

همانطور که در شکل ۲-۲ نمایش داده شده است بلوتوث یکی از تکنولوژی‌های ایده‌آل برای شبکه‌های حسگر بدن مورد استفاده قرار می‌گیرد[۱٤] تا با استفاده از آن اطلاعات سیستم بدن انسان را پایش کند. زمانیکه این تراشه کوچک در سیستم‌ها به‌صورت دلخواه نصب می‌شود درواقع یک شبکه بی‌سیم شخصی به وجود می‌آورد که به شما اجازه می‌دهد با دستگاه کاربر دیگر که در فاصله نزدیک‌تان قرار داد ارتباط برقرار کنید. ارتباط از طریق فرکانس‌های رادیویی انجام می‌شود؛ به‌طوریکه هر دستگاه بلوتوث حاوی یک تراشه فرستنده/گیرنده مربعی شکل به ضلع۴ سانتیمتر است، که در باند فرکانسی۴,۰۲ تا ۴,۸۲ گیگاهرتز کار می‌کند. این فرکانس به این دلیل انتخاب شده که در سراسر جهان به صورت رایگان در دسترس است و محدودیت‌های داشتن مجوز را ندارد. همانطور که اشاره شد این باند فرکانس بلوتوث طبق یک توافق‌نامه بین‌المللی برای استفاده توسط لوازم علمی، پزشکی و صنعتی کنار گذاشته شده و اصطلاحاً به آن ISM[۱] می‌گویند.

۲-۶-۳-تکنولوژی RFID

امروزه ضرورت شناسایی خودکار عناصر و جمع‌آوری داده مرتبط به آنان بدون نیاز به دخالت انسان جهت ورود اطلاعات در بسیاری از عرصه‌های صنعتی، علمی، پزشکی احساس می‌شود در پاسخ به این نیاز تاکنون فناوری‌های متعددی طراحی و پیاده‌سازی شده است.

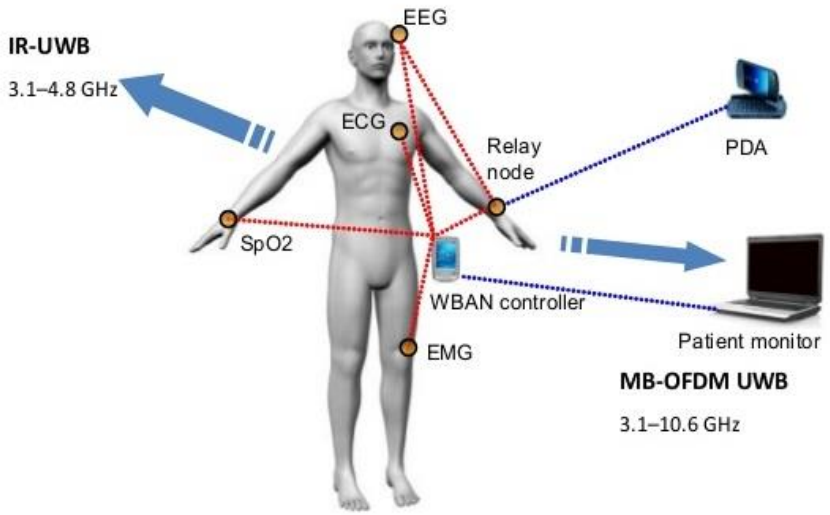
به مجموعه‌ای از فناوری‌ها که در آنان برای شناسایی خودکار افراد و اشیاء از امواج رادیویی استفاده می‌گردد، RFID گفته می‌شود[۱۴] از روش‌های مختلفی برای شناسایی افراد و اشیاء استفاده می‌شود. ذخیره شماره سریال منتسب به یک فرد و یا شی درون یک ریزتراشه که به آن یک آنتن متصل شده است، یکی از متداولترین روش‌های شناسایی خودکار است تراشه به کمک آنتن تعبیه شده، اطلاعات لازم جهت شناسایی آیتم مورد نظر را برای یک کدخوان[۲] ارسال می‌نماید. کدخوان امواج رادیویی برگردانده شده از تگ RFID را به اطلاعات دیجیتال تبدیل می‌نماید تا در ادامه، امکان ارسال داده برای کامپیوتر و پردازش آن فراهم گردد.

با استفاده از این تکنولوژی در شبکه‌های حسگر بدن، مراقبت‌های بهداشتی صورت می‌گیرد در سال‌های اخیرا مطالعات زیادی در این زمینه انجام شده است که با استفاده از این تکنولوژی برای کاربردهای مختلف کنترل در BAN قابل دسترس باشد که از جمله سیستم شناسایی و نظارت افراد در بیمارستان‌ها و مراکز درمانی است.

[۱] Industrial, Scientific and Medical
[۲] Reader

۲-۶-۴-تکنولوژی UWB

این تکنولوژی دارای باند فوق وسیع یک فناوری رادیویی است که می‌تواند برای مخابرات بی‌سیم در سطوح بسیار پایین انرژی برای برد کوتاه استفاده شود[۱۵] این فناوری از بخش بزرگی از طیف رادیویی استفاده می‌کند. باند فوق وسیع دارای کاربردهای سنتی در تصویربرداری رادار غیرمشارکتی می‌باشد. هزینه پیاده سازی این سامانه پایین می‌باشد.



شکل ۲-۳ تکنولوژی UWB در شبکه‌های بی‌سیم ناحیه بدن[۱۵]

در ماه نوامبر سال ۲۰۰۷ یک گروه مطالعاتیIEEE برای بررسی WBAN شروع به کار کرد. به عنوان تکنولوژی بی سیمUWB [۱] در نظر گرفته شده است که در شکل شماره ۲-۳ نمایش داده شده است.

با توجه به شکل یکی از مزیت‌های بزرگ تکنولوژی بی‌سیمUWB محدوده نرخ داده آن می‌باشد که ۸۵۰ kbps تا ۲۰Mbps است. که می‌تواند برای نظارت کردن همزمان بسیاری از سیگنال‌های فیزیولوژیکی پیوسته مانند ECC/EEG مورد استفاده قرار گیرد اگرچه این استاندارد هنوز نمونه‌هایی را برای توسعه BAN می‌پذیرد، در حال حاضر قطعات بی‌سیم UWB تاکنون به صورت گسترده برای پیاده سازی WBAN موجود نمی‌باشند با اینکه ادعا شده است UWB بسیار کم مصرف می‌باشد، اما استفاده از آن‌ها درمدارات الکتریکی نشان داده که مصرف انرژی بیشتر از پهنای باند تعیین شده قطعات بی‌سیم است.

[۱] Ultra-wideband

۲-۷-پروتکل‌های مسیریابی شبکه‌های حسگر بدن

اخیرا شبکه‌های بی‌سیم ناحیه بدن به سبب رشد و مناسب بودن موضوع، علاقه زیادی را در برنامه‌های پزشکی و غیرپزشکی بوجود آورده است در شبکه‌های بی‌سیم ناحیه بدن (WBAN) حسگرهای کوچک پوشیدنی و کاشتنی بکار می‌رود که یا در اطراف بدن و یا داخل بدن انسان برای نظارت پارامترهای فیزیولوژیکی فرد همانند فشار خون، سطح قند و غیره را تعیین می‌کند[۱۶]. بکارگیریWBAN برای نظارت بهداشت و درمان مستمر که می‌تواند به طور قابل توجهی هزینه‌های درمانی را کاهش دهد. برخلاف شبکه‌های حسگر بی‌سیم معمولا در شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدن از توپولوژی ستاره‌ای استفاده می‌شود در این توپولوژی یک نقطه دسترسی (چاهک) برای جمع‌آوری داده‌ها ازگره‌های که در فاصله ۱,۵ متر قرار دارند قابل دسترس است. نقطه دسترس همانند یک دستگاه دیجیتال شخصی است که به طور معمول به اندازه کافی دارای منبع انرژی است[۱۷]. فعالیت‌های حسگرها می‌تواند برای صرفه‌جویی در انرژی نقش مهمی داشته باشد و نقطه دسترسی بعنوان یک هماهنگ‌کننده تمام فعالیت‌ها باشد در معماری نامتقارن[۱]،یک نقطه دسترسی همراه با چند گره (به طور معمول ۱۰) باعث می‌شود پروتکل‌های مسیریابی قابل اجرا برای جمع‌آوری داده‌ها در نقطه دسترسی باشند با این حال گره‌های حسگر با منابع انرژی محدود روبرو هستند[۱۸].

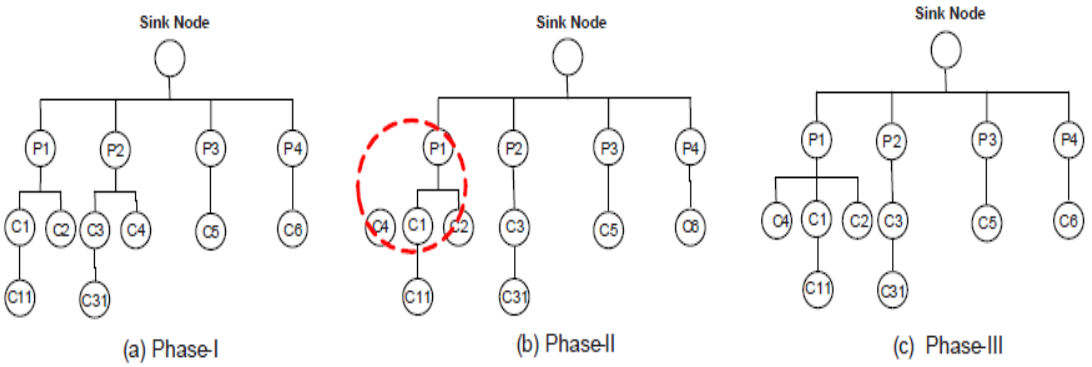
برای به جلو بردن داده‌های حسگر بدن به مراکز پزشکی، پروتکل‌های مسیریابی کارآمدی مطرح شده است که روش کار هر کدام از آنها در ادامه شرح داده می‌شود.

۲-۷-۱-پروتکل مسیریابی M-ATTEMPT

در این پروتکل از طرح مسیریابی چندگام برای شبکه‌های ناهمگن[۲] ناحیه بدن استفاده می‌شود[۱۹]. این پروتکل زمانیکه داده‌های اضطراری و یا داده‌های مورد تقاضا درخواست شود از ارتباط مستقیم برای مسیریابی و ارسال داده‌ها استفاده می‌کند در صورتی که ارتباط چندگام برای تحویل داده است. یکی از چالش‌های اصلی این پروتکل حرارت تولید شده توسط حسگرها است.

الگوریتم این پروتکل پیوند بین نقاط داغ و فرستادن داده‌ها به دور از این لینک‌هاست از آنجائیکه تحرک مداوم بدن انسان باعث قطع ارتباط بین لینک‌ها می‌شود. پس نیاز است که این تحرک بدن مدیریت شود.

[۱] Asymmetric
[۲] Heterogeneous



شکل ۲-۴ مراحل اجرایی پروتکل M-ATTEMPT[۱۹]

با توجه به شکل شماره ۲-۴ در این پروتکل در فاز اولیه، تمام گره‌ها یک پیام را پخش همگانی می‌کنند. این پیام شامل اطلاعات همسایه و فاصله گره‌ها تا چاهک است در این راه تمام گره‌ها همسایه خود را می‌شناسند و موقعیت چاهک و مسیرهای قابل دسترس گره به چاهک مشخص می‌گردد. فاز دوم این پروتکل، با محاسبه کردن مسیرها با تعدادگام کمتر به چاهک است. مسیری که گام کمتری داشته باشد بعنوان مسیر ارسال داده انتخاب می‌شود.

تاخیر[۱] در ارتباط چندگام زیاد است زیرا هر گره میانی که داده را دریافت می‌کند، پردازش و سپس به گره بعدی ارسال می‌کند.

بنابراین از ارتباط تک‌گامه برای به حداقل رساندن این تاخیر استفاده می‌کنیم. محاسبه‌ی انرژی در ارتباط تک گامه و چندگامه از رابطه‌های زیر بدست می‌آید[۱۹]:

$$E_{S-Hop} = E_{Transmit} \quad (۱)$$

$$E_{Transmit} = n \times b\,(E_{elec} + E_{amp}) \times d^2$$

$$E_{M-Hop} = E_{Transmit} + E_{Recived} \quad (۲)$$

$$E_{Recived} = n \times b \times E_{elec} + n \times b + E_{amp} \times d^2 + nb \times E_{elec} - b \times E_{elec}$$

در این رابطه، $E_{Transmit}$ ، $E_{Recived}$ به ترتیب انرژی مصرفی برای انتقال و دریافت داده‌ها، n تعداد گام، b مقدار انتقال، E_{elec} انرژی مصرفی برای پردازش داده‌ها، E_{amp} انرژی مصرفی برای تقویت داده‌ها و d هم انرژی از دست رفته ناشی از انتقال می‌باشد از آنجائیکه اولین گره فقط داده را منتقل می‌کند. گره‌های میانی n

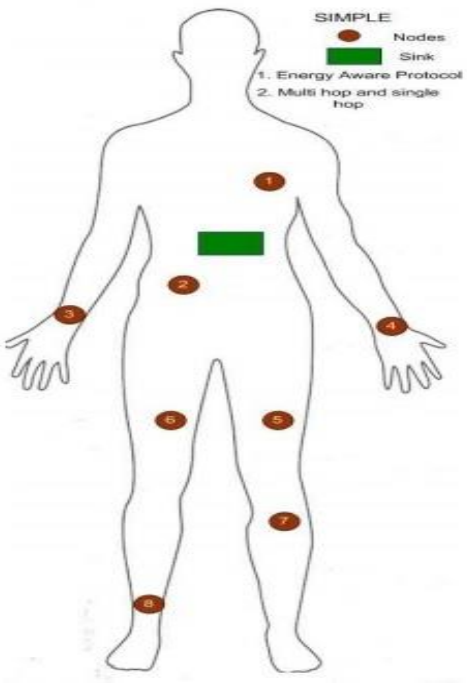
[۱] Delay

بیت داده را دریافت می‌کنند و سپس بیتی ارسال می‌شود هرگاه دما به حد آستانه‌ی[1] خود رسید یک گره ارتباط خود را با همسایه‌ی که کمترین دور را دارد قطع می‌کند.

و همانطور که دما به حالت عادی خود برمی‌گردد مسیر اصلی هم دوباره برقرار می‌شود با این حال، اگر یک گره حسگر یک بسته را دریافت و به آستانه‌ی دما رسید بسته به گره قبلی خود می‌دهد در نتیجه در پروتکل M-ATTEMPT انتخاب مسیر با کمترین گام و کمترین مصرف انرژی مورد نیاز تا چاهک می‌باشد و بعد از انتخاب شدن مسیر مناسب در یک دوره‌ی زمانی خاص[2] (TDMA) برای هر گره، داده‌های خود را برای تحویل ارسال می‌کنند تا تمامی داده‌ها به چاهک منتقل شود و چاهک بعد از تجمیع داده‌ها آن را به مراکز کنترل برای نظارت و پایش ارسال می‌کند.

۲-۷-۲-پروتکل مسیریابی SIMPLE

برای بالا بردن توان مسیریابی شبکه‌های بی‌سیم ناحیه بدن پیشنهاد پروتکل قابل اعتماد و کارامد SIMPLE داده شده است[۲۰]. این پروتکل با استفاده از تکنولوژی چندگام می‌خواهیم مصرف انرژی را به حداقل و طول عمرشبکه را به حداکثر برسانیم پیشنهاد این پروتکل استفاده از یک تابع هزینه برای انتخاب گره والد یا متصدی حمل و نقل داده است. هدف انتخاب گره والد که تابع هزینه آن دارای بالاترین میزان انرژی و کمترین فاصله تا چاهک را داشته باشد.



شکل ۲-۵ انتقال اطلاعات بین گره‌ها و چاهک در پروتکلSIMPLE[۲۰]

[1] Threshold
[2] Time Division Multi hop Access

در این پروتکل با توجه به شکل ۲-۵ بعد از قرارگیری حسگرها بر روی بدن انسان و برای شناسایی موقعیت چاهک روی بدن یک پیام حاوی اطلاعات مکانی چاهک روی بدن انسان است که آن را پخش همگانی می‌کند هر حسگر با دریافت این اطلاعات از موقعیت چاهک باخبر می‌شود و یک بسته حاوی اطلاعات اعم از انرژی باقیمانده، فاصله تا چاهک را پخش همگانی می‌کند با اینکار هر حسگر از همسایه‌های خود باخبر می‌باشد. چاهک با توجه به این اطلاعاتی که از تمامی حسگرها دریافت می‌کند. می‌تواند از طریق محاسبه‌ی تابع هزینه که از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید، یک گره را بعنوان گره واسط انتخاب کند:

$$C.F(i) = \frac{d(i)}{R.E(i)} \qquad (۳)$$

در این رابطه $d(i)$ فاصله گره i تا چاهک و $R.E(i)$ هم انرژی گره i است.

چاهک با توجه به محاسبه تابع هزینه هر گره یک گره را بعنوان فوروواردر[۱] انتخاب می‌کند.

گرهی که دارای بیشترین انرژی باقیمانده و کمترین فاصله تا چاهک را داشته باشد بعنوان گره فوروواردر انتخاب می‌شود بعد از انتخاب شدن گره فوروواردر تمامی گره‌ها اطلاعات خود را به گره فوروواردر ارسال می‌کنند و گره فوروواردر هم در بازه زمانی مشخص آنها را به چاهک منتقل می‌کند.

همچنین برای حفظ تعادل در انرژی مصرفی گره‌ها و انتخاب گره فوروواردر در هر دور تغییر می‌کند. و اگر گرهی انرژی باقیمانده آن از حدآستانه کمتر باشد نمی‌تواند بعنوان گره فوروواردر انتخاب می‌شود و یا اگر فاصله‌ی یک گره تا چاهک کمتر از فاصله‌ی آن گره تا گره فوروواردر باشد از ارتباط مستقیم برای ارسال داده استفاده می‌کند. همچنین در این پروتکل گره‌ی که داده‌های اضطراری[۲] داشته باشد از ارتباط مستقیم به چاهک استفاده می‌کند در این پروتکل پیشنهادی اساس کار انرژی مصرفی برای دریافت و انتقال داده را براساس مدل پایه‌ی رادیویی قرار داده است که از رابطه زیر بدست می‌آید[۲۱]:

$$E_{Tx}(k,d) = E_{Tx-elec} \times k + E_{amp} \times k + d^2 \qquad (۴)$$

$$E_{Rx} = E_{Tx-elec} \times k \qquad (۵)$$

در این رابطه E_{Rx} و E_{Tx} به ترتیب انرژی مصرفی برای انتقال و انرژی مصرفی برای دریافت داده‌هاست. $E_{Rx-elec}$ و $E_{Tx-elec}$ هم انرژی مورد نیاز برای اجرای مدارهای الکتریکی فرستنده و انرژی مورد نیاز برای اجرای مدارهای الکتریکی گیرنده می‌باشد. K اندازه بسته و E_{Tx-amp} انرژی مورد نیاز برای تقویت داده‌ها

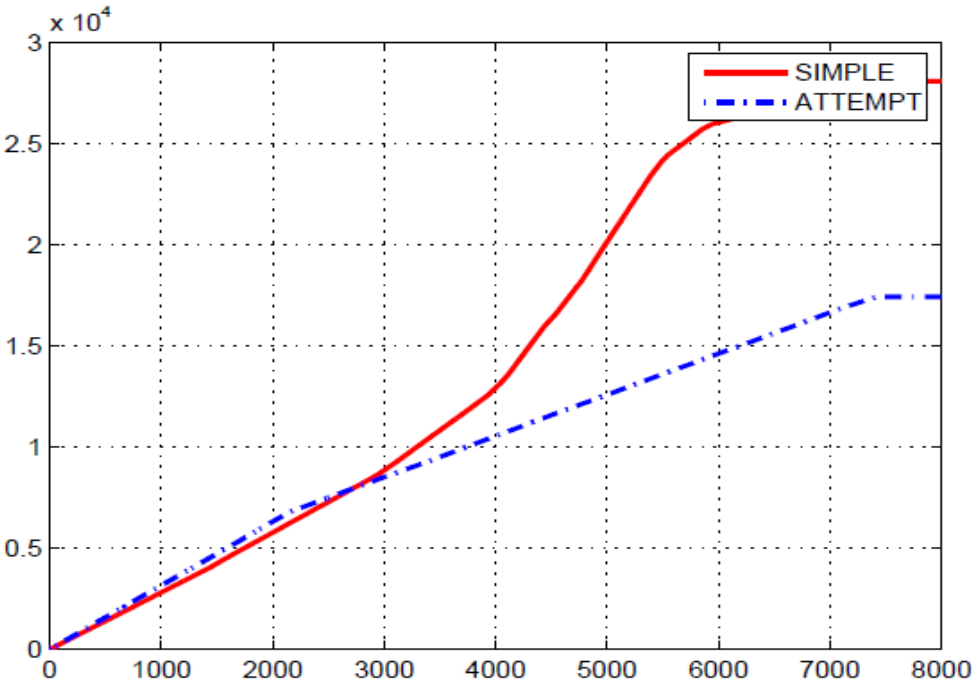
[۱] Forwarder Node
[۲] Emergency

در انتقال است. پارامترهای انرژی در این پروتکل در جدول شماره ۲-۲ آمده است که هر پارامتر دارای چه میزان انرژی می‌باشد.

جدول ۲-۲ پارامترهای انرژی در مدل رادیویی [۲۱]

Parameter	nRF۲٤۰۱A	CC۲٤۲۰	Unit
DC Current(TX)	۱۰,٥	۱۷,٤	Ma
DC Current(RX)	۱۸	۱۹,۷	Ma
Supply voltage(min)	۱,۹	۲,۱	V
$E_{TX-elec}$	۱٦,۷	۹٦,۹	nJ/bit
$E_{RX-elec}$	۳٦,۱	۱۷۲,۸	nJ/bit
ϵ_{amp}	۱,۹۷	۰,۰۲۷	nJ/bit/mn

همچنین در این پروتکل برای ارزیابی نتایج شبیه‌سازی از یکسری معیارها استفاده شده است که شامل طول عمر شبکه[۱]، توان عملیاتی[۲]، انرژی باقیمانده[۳] و نرخ از دست رفتن مسیر[۴] می‌باشد.

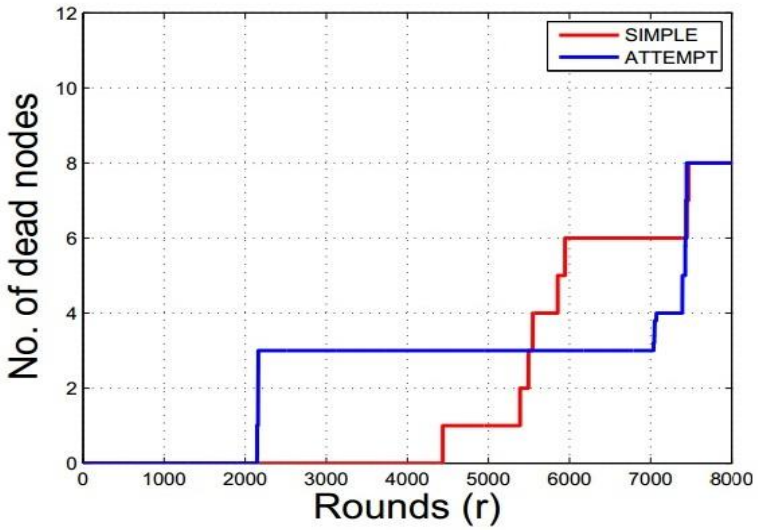


شکل ۲-۶ تجزیه و تحلیل توان عملیاتی پروتکل SIMPLE[۲۰]

همانطور که در شکل شماره ۲-۶ نمایش داده شده است، توان عملیاتی یکی از معیارهای این پروتکل به حساب می‌آید که در این طرح پیشنهادی نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد تحویل بسته‌های موفق به چاهک که

[۱] Network Life Time
[۲] Throughput
[۳] Residual Energy
[٤] Path Loss

همان توان عملیاتی می‌باشد افزایش پیدا کرده است که اینکار باعث بالا رفتن توان شبکه شده است. برعکس در پروتکل M-Attempt به سبب استفاده از طرح مسیریابی تک‌گامه تعداد بسته‌های دریافتی به چاهک کاهش پیدا کرده است.



شکل ۲-۷ تجزیه و تحلیل طول عمرشبکه پروتکل SIMPLE[۲۰]

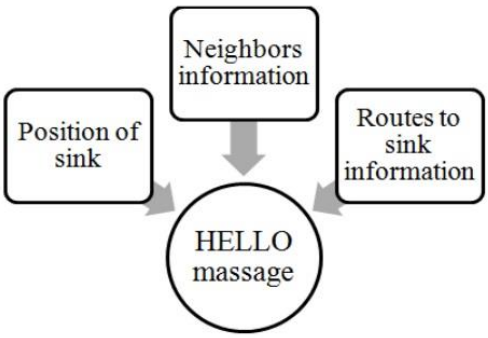
با توجه به شکل ۲-۷ هدف این شمای پروتکل، میانگین زمان زندگی شبکه می‌باشد که یک هدف جدید تابع هزینه برای برگزیدن فورواردر که نقش بسیار مهمی را برای مصرف انرژی میان گره‌ها در شبکه دارد را نشان می‌دهد. فورواردر در هر دور بر اساس محاسبه تابع هزینه انتخاب می‌شود. شکل۲-۷ بزرگترین دوره ثابت را نمایش می‌دهد که این پیش‌بینی اختصاص دارد به انتخاب یک فورواردر در هر دور، اگرچه هر گرهی مقدار مصرفی آن مساوی با انرژی آن در هر دور و مقدار کل گره‌های مرده است. پروتکل SIMPLE رسیدن به دوره ثبات ۳۱٪ و طول عمر شبکه ۰,۴٪ بیشتر می‌باشد.

۲-۷-۳-پروتکل مسیریابی FEEL

در این پروتکل، بحث مسیریابی جدید در شبکه‌های حسگر ناحیه بدن است[۲۲]. مصرف انرژی یکنواخت در حسگرها بسیار مهم است که برای پایش سلامت انسان در شبکه‌حسگر بدن است. هدف از این پروتکل FEEL مسیریابی جدید با بهبود دوره ثبات و توان بالا است در پروتکل FEEL، دو گره قلب و قند خون بخاطر حساس بودن داده‌های آنها اطلاعات خود را مستقیما به چاهک ارسال می‌کنند و از دو توپولوژی مختلف چاهک روی بدن انسان استفاده می‌کند

بدین صورت که چاهک در مرحله اول روی قفسه سینه در حالیکه در مرحله دوم بر روی مچ دست قرار می‌گیرد. این پروتکل در فاز اولیه چاهک یک پیام با توجه به شکل شماره ۲-۸ پخش همگانی می‌کند و

تمام گره‌ها این پیام را که شامل سه نوع اطلاعات شامل محل چاهک، محل همسایگان آن و اطلاعاتی درباره مسیرهای ممکن به چاهک است را ارسال می‌کند. گره‌ها با دریافت اطلاعات و بروز کردن جدول مسیریابی خود، اطلاعاتی را اعم از انرژی باقیمانده وشماره شناسایی خود را به چاهک ارسال می‌کنند.



شکل۲-۸ پیام خوش‌آمدگویی گره چاهک در پروتکل FEEL[۲۲]

در این پروتکل گره فوروادر از روی یکسری معیارها انتخاب می‌شود به منظور صرفه‌جویی در انرژی و تعامل مصرف انرژی در شبکه گره فوروادر در هر دور انتخاب می‌شود از آنجائیکه چاهک انرژی باقیمانده هر گره حسگر را می‌داند گرهی که انرژی باقیمانده آن بیشتر است بعنوان فوروادر انتخاب می‌شود. یعنی انتخاب خود فوروادر از رابطه زیر می‌باشد:

$$\begin{aligned} \text{Forwarder}_{\text{Node}} &= \text{Node}_{\text{Max(R.E)}} \\ \text{Energy}_{\text{Residual}} &= \text{Energy}_{\text{initional}} - \text{Energy}_{\text{Consumed}} \end{aligned} \qquad (۶)$$

در این رابطه، $\text{Energy}_{\text{Residual}}$ انرژی باقیمانده گره می‌باشد که از روی انرژی اولیه ($\text{Energy}_{\text{initional}}$) و انرژی مصرفی گره ($\text{Energy}_{\text{Consumed}}$) بدست می‌آید. براین اساس گرهی که انرژی باقیمانده بیشتری داشته باشد بعنوان گره فوروادر انتخاب می‌شود و براساس چرخش یکنواخت[۱] تمام گره‌ها شانس تبدیل شدن به گره فوروادر را دارند. بنابراین در این پروتکل انرژی مصرفی یکنواخت‌تر شده و دوره ثبات[۲] طولانی‌تر و توان شبکه بالا می‌رود.

۲-۷-۴-پروتکل مسیریابی سلسله مراتبی (HPOR)

هدف از این پروتکل بهبود انرژی و توان مسیریابی بالا برای شبکه‌های ناحیه بدن است در این پروتکل، با مسیریابی سلسله مراتبی مصرف انرژی را به حداقل و طول عمرشبکه را به حداکثر می‌رسانیم[۲۳] در این پروتکل یک گره بعنوان سرخوشه داده‌ها را از بقیه گره‌ها جمع‌آوری می‌کند و سپس آنرا به چاهک ارسال می‌کند در این پروتکل اساس کار، استفاده از انرژی در طرح خوشه‌بندی مبتنی بر حداقل نرخ کنترل برای

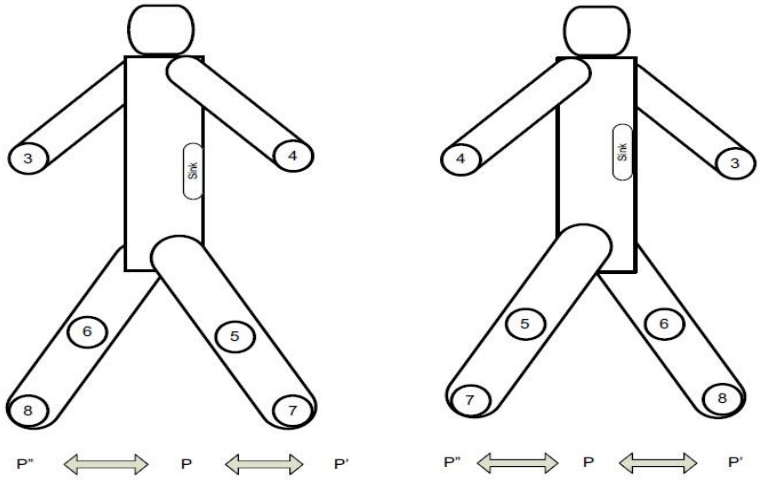
[۱] Uniform Rotation
[۲] Stability Period

انتقال داده است در این روش، حسگرها که گره‌های کوچکتر بعنوان خوشه و هر خوشه به یک سرخوشه تقسیم می‌شود. سرخوشه ارتباط گره‌ها را با چاهک را مدیریت می‌کند. بنابراین گره‌های حسگر دیگر به طور مستقیم با چاهک در ارتباط نیستند. سرخوشه پیام تمام داده‌ها را دریافت می‌کند و سپس بعد از تجمیع داده‌ها آنرا به چاهک منتقل می‌کند. همانطور که تمام حسگرها داده‌های خود را به سرخوشه خود ارسال می‌کنند، سرخوشه طیق برهه زمانی بخصوص (TDMA) زمانبندی می‌شود که برای جلوگیری از برخورد گره‌ها در ارسال داده‌ها می‌باشد هر کدام از گره‌ها در اسلات[۱] زمانی مشخص داده‌های خود را به سرخوشه ارسال می‌کنند در این روش، اگر حسگری داده‌ی برای ارسال نداشته باشد به حالت خاموش درمی‌آید[۲٤] که این کار باعث صرفه‌جویی انرژی در گره‌های حسگر و بیشتر زنده ماندن آنها می‌شود. انرژی مصرفی در شبکه حسگر بی‌سیم بدن بسیار مهم است چون حسگرها با محدودیت انرژی روبرو هستند به همین منظور نیاز به استفاده از حداقل انرژی برای انتقال داده از گره‌ها به چاهک هستیم. حداقل انرژی استفاده از منبع انرژی را می‌تواند عمرباطری را طولانی‌تر کند. زیرا شارژ باطری در WBAN امکان پذیر نیست. به همین منظور نیاز به یک پروتکل مسیریابی کارامد است که در این روش، چاهک ابتدا اطلاعاتی را در مورد ساختار منطقی از شبکه و انرژی باقیمانده هر گره جمع آوری می‌کند. بنابراین با اطلاعاتی که چاهک از شکل خوشه بهتر دارد بدین معنی است که اطلاعاتی از انرژی باقیمانده هر گره است. پروتکلHPOR، با پروتکل توسعه یافته[۲] Leach-c مقایسه می‌شود در پروتکلHPOR حسگر داده‌ها را حس و سپس آن را به سرخوشه ارسال می‌کند. اما یکی از مشکلات عمده در این پروتکل‌ها بحث احراز هویت[۳] و امنیت داده‌هاست که در شبکه‌های ناحیه بدن به سبب سروکار داشتن با سلامت انسان مسئله بسیار مهمی است.

۲-۷-۵-پروتکل مسیریابیHEAT

رویکرد استفاده از شبکه بی‌سیم ناحیه بدن در برنامه مراقبت‌های بهداشتی دارای محدودیت بسیار است که در حال حاضر از آن استفاده می‌شود با توجه به شکل ۲-۹ هدف از پروتکل پیشنهادی، (پروتکل توان تطبیقی برای صرفه جویی در انرژی بصورت جابه‌جایی افقی) حرکت مسیریابی بصورت افقی در روی بدن است [۲۵]. این روش از ارتباط مستقیم برای داده‌های اضطراری و از ارتباط چندگامه برای داده‌های نرمال استفاده می‌کنیم

[۱] Slot
[۲] Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy
[۳] Authentication



شکل۲-۹ موقعیت گره‌ها با توجه به حرکت افقی بدن در پروتکلHEAT[۲۵]

این پروتکل باعث افزایش طول عمرشبکه و رسیدن به بهترین دوره ثبات را فراهم می‌کند با توجه به شکل در این روش با فرض اینکه بدن انسان در وضعیت راه رفتن بصورت افقی حرکت می‌کند و چاهک روی شکم قرار می‌گیرد. وقتی بدن انسان در حالت ثابت است گره‌ها طبق جدولی قرار می‌گیرند. موقعیت گره‌ها در جدول شماره ۲-۳ نمایش داده شده است که در این جدول هر گره با توجه به مقدار فاصله بر روی بدن انسان قرار می‌گیرد و با توجه به جابه‌جایی بدن انسان داده‌های خود را به چاهک ارسال می‌کنند. بعنون مثال گره شماره ۲و۱ روی قفسه سینه و گره شماره ۴و۳ روی بازوهاست قرار می‌گیرد در این روش دو نوع داده بحرانی[۱] و نرمال[۲] وجود دارد که در زمان بحرانی از ارتباط مستقیم داده به چاهک و در زمان نرمال از ارتباط چندگامه برای ارسال داده‌ها استفاده می‌کند.

جدول ۲-۳ موقعیت گره‌ها روی بدن در پروتکل**HEAT[۲۵]**

Node No.	X Coordinate (CM)	Y Coordinate (CM)
۱	٤٠	۹٠
۲	٦٠	۹٠
۳	٥٠	٦٠
٤	٥٠	٦٠
٥	٥٠	۳٠
٦	٥٠	۳٠
۷	٥٠	٠۸
۸	٥٠	٠۸

[۱] Critical
[۲] Normal

در این روش در فاز اولیه گره‌ها از موقعیت چاهک و همسایگان و تمام مسیرهای ممکن باخبر هستند و TDMA اختصاص داده شده در یک زمانبند فعال برای هر گرهی اختصاص داده می‌شود هر زمانیکه اسلات زمانی فعال نیست با استفاده از رابط رادیویی موجب صرفه جویی انرژی به حالت خاموش درمی‌آید در این روش دو درگیری ممکن است بوجود بیاید[۲۶] که عبارتند از: ۱) دو گره مجاور شروع به ارسال داده در همان زمان انجام دهند. ۲) گره‌های غیرمجاور شروع به ارسال داده به یک گره تنها را می‌کنند (ایستگاه پنهان).

در این پروتکل، گره‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند و طبق Los و NLos گره‌ها داده‌های خود را به چاهک ارسال می‌کنند. بدین صورتکه در فاز اولیه گره درخواست(REQ) را برای انتقال داده به چاهک ارسال می‌کند و چاهک پاسخ را با پیام (Ack) برمی‌گرداند.

بعد از دریافت Ack شروع به ارسال داده به چاهک می‌کند. نتیجه شبیه سازی نشان می‌دهد که طول عمرشبکه بهبود یافته است و تعداد بسته‌های دریافتی چاهک کاهش پیدا کرده که بخاطر افزایش تحرک گره‌ها در ارتباط چندگامه است. همچنین با استفاده از مدل یکنواخت تصادفی افت داده را محاسبه کردیم در این پروتکل، اگر بسته دریافتی با موفقیت انجام شد لینک خوب و اگر بسته drop شد بعنوان لینک بد شناخته می‌شود.

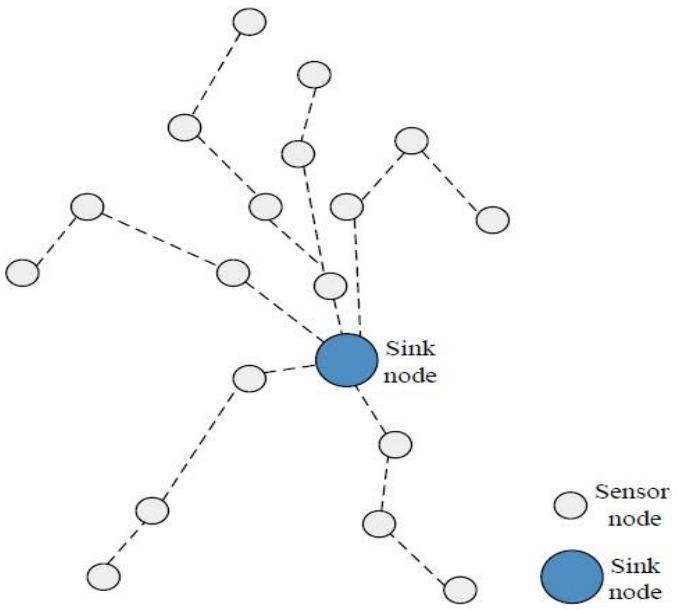
۲-۷-۶-پروتکل مسیریابی برپایه Fuzzy Logic

در شبکه‌های بی‌سیم ناحیه بدن حسگرهای کوچک پوشیدنی و کاشتنی بکار می‌رود که یا در اطراف بدن و یا داخل بدن انسان برای نظارت پارامترهای فیزیولوژیکی فرد همانند فشار خون، سطح قند و غیره را تعیین می‌کند[۲۷]. بکارگیری شبکه‌های بدن برای نظارت بهداشت و درمان مستمر که می‌تواند به طور قابل توجهی هزینه‌های درمانی را کاهش دهد به حداقل رساندن مصرف انرژی یکی از زمینه‌های تحقیقاتی مهم در شبکه‌های بی‌سیم ناحیه بدن است.

امروزه، پارادایم‌های هوش محاسباتی (CI) به طور گسترده در شبکه‌های حسگر بی‌سیم مانند محلی‌سازی، خوشه‌بندی، مسیریابی انرژی‌آگاه، برنامه‌ریزی زمانبندی، امنیت و غیره استفاده می‌شود. بسیاری از تکنیک‌های خوشه بندی براساس فازی پیشنهاد شده است. قبل از آن، بسیاری از آنها نمی‌توانستند طول عمر شبکه را افزایش دهند در این پروتکل، با استفاده از منطق فازی براساس انرژی آگاه روش خوشه بندی پویا را پیشنهاد کرده‌اند[۲۸] که باعث می‌شود طول عمر شبکه افزایش پیدا کند در این روش، دو ورودی داده به سیستم استنتاج فازی داده و یک گره بعنوان سرخوشه با توجه به تابع فازی انتخاب می‌شود. مزیت اصلی روش بهینه شدن خوشه در هر دور است.

۲-۷-۷-الگوریتم ژنتیک مورچگان(GACA)

یکی از مهمترین مسائلی که در شبکه‌های حسگر ناحیه بدن می‌توان به آن پرداخت مصرف انرژی گره‌هاست از آنجائیکه گره‌ها دارای محدودیت باطری هستند.تعویض و شارژ آن امکان پذیر نیست و یا به سختی انجام می‌شود به همین منظور برای بهینه کردن مصرف انرژی نیاز به مسیریابی مناسب و زندگی طولانی گره‌ها در شبکه است که در این الگوریتم، ایده‌ی استفاده از مکانیزم ژنتیک مورچگان (GACA)[۱] برای مسیریابی در شبکه‌های حسگر ناحیه بدن را پیشنهاد کرده‌اند[۲۹].

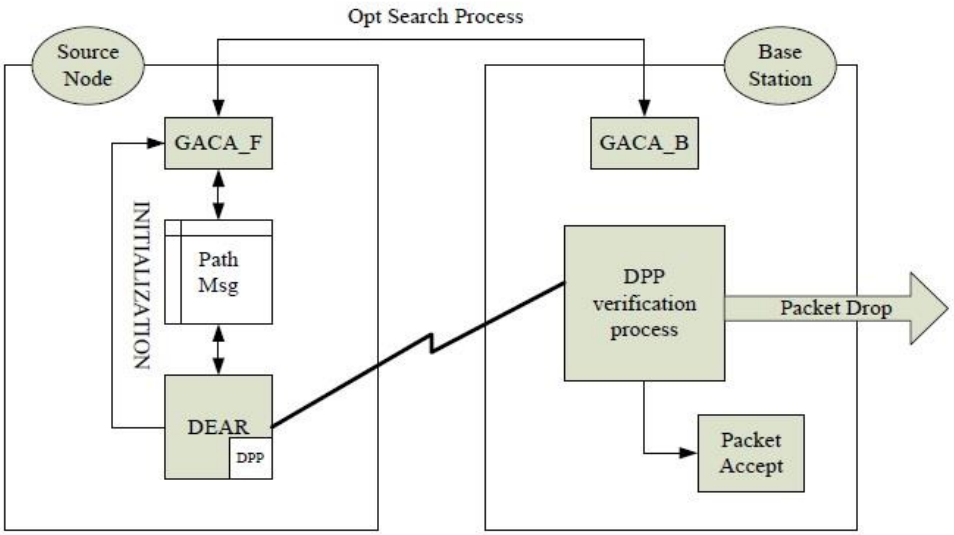


شکل۲-۱۰ ساختار الگوریتم GACA در شبکه‌های WBAN[۲۹]

با توجه به شکل ۲-۱۰ ساختار الگوریتم ژنتیک مورچگان بدین صورت است که انتخاب مسیریابی بهینه با استفاده از هر دو الگوریتم ژنتیک و مورچگان توسط ماده بنام فرومون[۲] است با توجه به شکل در مرحله اولیه، از الگوریتم ژنتیک برای تولید فرومون اولیه با سرعت و بصورت جامع استفاده می‌شود و پس از تولید فرومون تکامل یافته به فرومون توزیع شده می‌توان با استفاده از الگوریتم کلونی مورچگان بهترین راه‌حل را پیدا کرد. ترکیب این دو الگوریتم، باعث بهبود در زمان و کیفیت می‌شود در این الگوریتم، مصرف انرژی تمام گره‌های حسگر به توازان می‌رسد و مسیریابی بصورت آگاه از انرژی انجام می‌شود و الگوریتم در جهت تداوم طول عمر شبکه می‌باشد.

[۱] Genetic Ant Colony Algorithm
[۲] Pheromone

الگوریتم پیشنهادی، از دو فاز تشکیل شده است در مرحله اول الگوریتم مسیریابی آگاه از طریق انرژی پیشنهاد شده است[۱] (DEAR). هدف این مرحله تعامل مقدار انرژی کل شبکه در WBAN است تا طول عمرشبکه به حداکثر برسد در فاز دوم، الگوریتم GACA پیشنهاد شده است که هدف این الگوریتم انتخاب مسیر بهینه از طریق الگوریتم ژنتیک مورچگان است. شکل شماره ۲-۱۱ روند اجرای این الگوریتم پیشنهادی را نشان می‌دهد.



شکل۲-۱۱ روند اجرای الگوریتمGACA[۲۹]

با توجه به شکل الگوریتم ژنتیک مورچگان برای جستجو یک مسیر بهینه از مبدا به چاهک پیشنهاد شده است.

در این طرح سه نوع بسته وجود دارد: بسته‌های داده، بسته‌های مورچه و بسته‌های همسایگان. بسته‌های داده، بسته‌هایی است که در شبکه حسگر به آن اشاره شده است در این الگوریتم، با محتویات این بسته هیچ کاری ندارد و فقط مورچه‌ها این بسته را به جلو (GACA-F) و رو به عقب (GACA-B) هدایت می‌کنند. این بسته‌ها برای بروز شدن جدول مسیریابی هستند. این بسته‌ها شامل۴بخش هستند: آدرس‌نهایی مقصد، زمان شروع، زمان رسیدن به مقصد نهایی و یک پشته از گره‌هایی که از آنان عبور کرد. این اطلاعات بسته برای کنترل ذخیره می‌شود.

اجرای الگوریتم (DEAR) به این صورت است که در ورودی، ابتدا با قرارگیری گره‌های حسگر، فاصله‌ی هر حسگر تا چاهک و فاصله آن با همسایه‌ها شروع می‌شود و در خروجی طول عمر شبکه به حداکثر می‌رسد و بهترین مسیر انتخاب می‌شود به همین منظور از چندین‌گام[۲] تشکیل شده است که در گام نخست محاسبه‌ی بهینه‌ترین فاصله از طریق رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

[۱] Distance Based Energy Aware Routing
[۲] Step

$$d_i = d/n_{opt} = \frac{\sqrt{2E_{elec}}}{E_{amp}(a-1)} \quad (۷)$$

در گام دوم، همسایه گره‌ها انتخاب می‌شود یعنی Si=Select (neighbours) می‌باشد.

در گام سوم فاصله بین گره مبدا و همسایگان از طریق فرمول di=d(S,N) بدست می‌آید.

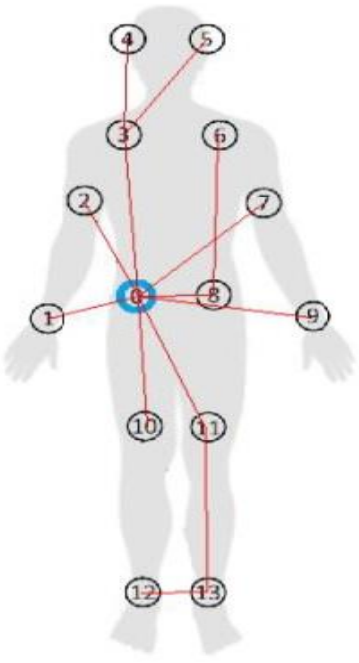
در گام چهارم بهترین فاصله بین di و dj از طریق رابطه زیر مقایسه می‌شوند:

$$d_{temp} = near(d_i,\ d\ (S,N)).energy > length \quad (۸)$$

و در گام پنجم، کار به اتمام می‌رسد و تمام گره‌ها این روند را تکرار می‌کند. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که این الگوریتم با ترکیب دو الگوریتم ژنتیک و کلونی مورچگان توانسته است که بهبود را در زمان و کیفیت[۱] ایجاد کند و طول عمرشبکه را افزایش دهد.

۲-۷-۸-الگوریتم ژنتیک

بهینه‌سازی مسیر در شبکه‌های حسگر بدن زمانی است که گره‌های حسگر در سراسر بدن بعد از مستقر شدن با هم ارتباط برقرار کنند در این روش با توجه به شکل ۲-۱۲ با استفاده از الگوریتم ژنتیک می‌خواهیم بهترین مسیر را از بین مسیرهای مختلف انتخاب کنیم[۳۰].



شکل۲-۱۲ انتخاب بهترین مسیر با استفاده از الگوریتم ژنتیک[۳۰]

[۱] Quality

نتایج کار منجر به بهبود تحویل بسته بین حسگرها و مصرف کمتر باتری حسگرها را در پی دارد در الگوریتم ژنتیک انتخاب افراد (نسل اولیه) بصورت تصادفی انجام می‌گیرد و این روند تکرار می‌شود در هر نسل تابع Fitness هر نسل ارزیابی می‌شود در الگوریتم ژنتیک، کروموزوم‌ها با بالاترین Fitness انتخاب می‌شوند و عمل جهش و برش روی آن انجام می‌شود تا زمانیکه تابع هدف به دست آید. گره در سراسر بدن مستقر و با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند و تمام داده‌ها در گره چاهک قرار می‌گیرد از بین مسیرهای مختلف بهترین مسیر از رابطه‌ای زیر بدست می‌آید:

$$\text{Fitness Function} = (\text{RSSI}_\text{d} * \text{W}_1) + (RSSI_H * W_2) \qquad (۹)$$

در این رابطه، RSSI_d مجموع فاصله‌ها و RSSI_H مجموع گام‌ها می‌باشد.

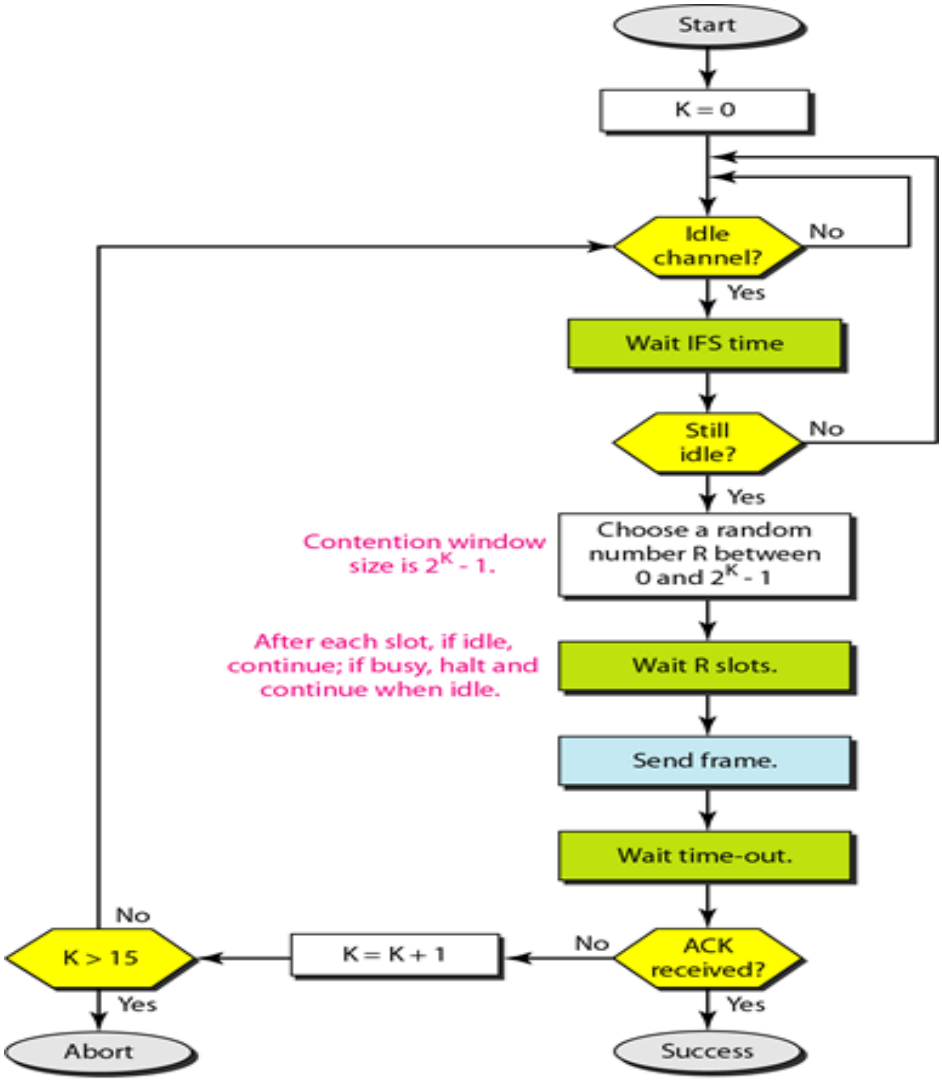
با توجه به شکل، استفاده از الگوریتم ژنتیک باعث می‌شود کوتاهترین مسیر انتخاب و مسیرهای از دست رفته کاهش پیدا می‌کند.

۲-۸-روش‌های زمانبندی[۱] در شبکه‌های حسگر بدن

۲-۸-۱-زمانبند CSMA/CA

از آنجایی که چندین حسگر بی‌سیم ممکن است مایل به انتقال داده به صورت همزمان بر روی بدن باشند، یک پروتکل دست‌یابی چندگانه جهت هماهنگ‌سازی[۲] انتقال‌ها لازم و ضروری است، برای این کار طراحان یک پروتکل دست‌یابی تصادفی به نام CSMA/CA[۳] انتخاب کردند[۳۱] در این پروتکل هر حسگر بی‌سیم قبل از انجام عملیات انتقال، کانال را حس می‌کند و در صورت مشغول بودن آن، از انجام انتقال اطلاعات خودداری می کند.

[۱] Schedule
[۲] Synchronization
[۳] Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance



شکل۲-۱۳ روند اجرایی زمانبند CSMA/CA[۳۱]

با توجه به شکل ۲-۱۳ روند زمانبند بدین صورت است که فرستنده اگر دید کانال خلوت است، داده خود را می‌فرستد و اگر دید کانال شلوغ است، در مد توقف می‌رود و یک عدد تصادفی می‌گیرد و صبر می‌کند تا کانال خلوت شود، وقتی کانال آزاد شد، به اندازه DIFS صبر می‌کند تا عدد تصادفی که گرفته به صفر برسد. تا وقتی کانال آزاد نشده، عدد تصادفی کم نمی‌شود و وقتی کانال آزاد شد، عدد تصادفی که گرفته کم می‌شود تا به صفر برسد، وقتی که صفر شد، می‌تواند داده خود را بفرستد. حال اگر دو حسگر در Cover هم باشند، هر دو از عدد تصادفی همدیگر با خبر هستند، بنابراین هیچ موقع همزما داده نمی‌فرستند ولی اگر دو گره درCover هم نباشند، ممکن است مشکلاتی پیش آید.

۲-۸-۲-زمانبند TDMA

دسترسی چندگانه تقسیم زمانی یا[۱] TDMA یک روش انتقال دیجیتال می‌باشد[۳۲] که به تعدادی حسگر اجازه می‌دهد تا به یک کانال رادیویی بدون تداخل دسترسی داشته باشند که این کار را با اختصاص دادن زمان‌های مشخص در هر کانال به هر حسگر انجام می‌دهد تکنولوژیTDMA براین اساس استوار است که سیگنال‌های صوتی و پیام‌ها به صورت دیجیتالی باشند که آن‌ها را به بسته‌هایی در اندازه میلی‌ثانیه قسمت می‌کند و سپس یک کانال فرکانسی را برای زمان کوتاهی به آن اختصاص می‌دهد و سپس به سراغ حسگر بعدی می‌رود.

۲-۹-نتیجه گیری

ما در فصل قبل به کلیات تحقیق که مربوط به معرفی شبکه‌های بی‌سیم ناحیه بدن بوده است پرداختیم و یک شمای کلی از مساله را بیان و سوالات مربوط به این شبکه‌ها را مطرح کردیم. این فصل را به کارهای انجام شده در این زمینه اختصاص دادیم و مطالب مرتبط با پروتکل‌های مسیریابی در شبکه‌های حسگر بدن را معرفی کردیم و نقاط ضعف و قوت هر کدام را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادیم. همچنین از آنجائیکه باید برای ارسال اطلاعات یک بستر ارتباطی وجود داشته باشد ما در این فصل تکنولوژی‌های ارتباطی موجود برای ارسال اطلاعات پزشکی حسگرها به مراکز کنترل و بیمارستان‌ها را معرفی کردیم و ویژگی‌های هر کدام از این تکنولوژی مانند زیگ‌بی و بلوتوث و غیره را بازگو کردیم در آخر این فصل مباحث مربوط به زمانبندها که برای انتقال داده‌ها می‌باشند را معرفی کردیم.

[۱] Time division multiple access