مجله دانشکده پیراپزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران (پیاورد سلامت)
دوره ۱۱ شماره ۶ بهمن و اسفند ۱۳۹۶، ۷۰۳-۶۹٤

مقاله مروری

کاربردهای شبکه‌های حسگر بدنی در حوزه ی سلامت: مروری بر منابع

ثریا رضایی[۱]، دکتر علی‌اصغر صفائی[۲]، دکتر نیلوفر محمدزاده[۳]

دریافت مقاله : تیر ۱۳۹٦
پذیرش مقاله : آذر ۱۳۹٦

*نویسنده مسئول :
دکتر علی‌اصغر صفائی؛
دانشکده علوم پزشکی دانشگاه تربیت مدرس تهران

Email :
aa.safaei@modares.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: یکی از مهم‌ترین حوزه‌های کاربرد فناوری اطلاعات در بخش بهداشت پایش وضعیت بیماران است. به کارگیری شبکه‌های حسگر بدنی در حوزه مراقبت- بهداشت به تازگی پیشرفتهای چشمگیری داشته است. هدف از نگارش این مقاله بررسی و شناخت کاربردهای شبکه‌های حسگر بدنی بی سیم در حوزه سلامت می‌باشد.

روش بررسی: پژوهش حاضر مطالعه ای مروری است که از طریق جستجو در منابع علمی معتبر از جمله Springer، IEEE، Science Direct (Elsevier)، Pubmed و سایر منابع اطلاعاتی فارسی نظیر Magiran و Sid بین سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱٦ انجام گرفته است. برای جستجو در منابع انگلیسی مذکور از کلیدواژه‌هایی چون "body area sensor network" و "wearable and implantable body sensor" و برای جستجو در منابع فارسی از کلیدواژه‌هایی همچون «گره‌های حسگر کاشتنی و پوشیدنی» استفاده شد.

یافته‌ها: وظایف شبکه‌های حسگری بدن پایش پارامترهای مهم بدن می‌باشد که این پارامترهای حیاتی گویای وضعیت ناخوشی و بیماری فرد هستند. مضاف براین با استفاده از انواع مختلف شبکه‌های حسگر می‌توان بیماری‌های مختلف به عنوان مثال: بیماری‌های قلبی، نئوپلاسم‌ها، دیابت، بیماری‌های کلیوی، پارکینسون، بیماری‌های عفونی و غیره را کنترل کرد. همچنین می‌توان گفت انواع شبکه‌های حسگر بدنی بی سیم در حوزه پزشکی بر دو دسته ی اصلی تقسیم می‌شوند: شبکه‌های حسگر بی سیم بدنی پوشیدنی و شبکه‌های حسگر بی سیم بدنی کاشتنی.

نتیجه‌گیری: استفاده از شبکه های حسگر بدنی تاثیر شگرفی در امر سلامت دارد و به بهبود کیفیت زندگی و آسایش خاطر بیماران منجر می‌شود. این تکنولوژی‌ها روز به روز در حال پیشرفت است و هدف از توسعه ی آنان کمک به بیماران و پزشکان و تیم درمان است.

واژه های کلیدی: شبکه‌های حسگر بدنی، حسگرهای پوشیدنی و کاشتنی، پایش علایم حیاتی

[۱] کارشناس ارشد انفورماتیک پزشکی، گروه انفورماتیک پزشکی، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

[۲] استادیار گروه انفورماتیک پزشکی، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

[۳] استادیار گروه مدیریت اطلاعات سلامت، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

[Downloaded from payavard.tums.ac.ir on 2025-04-12]

مقدمه

انقلاب فناوری اطلاعات و ارتباطات در کلیه بخش‌های اقتصادی، امنیتی، اجتماعی کشورها تأثیری قابل توجه بر جای گذاشته است(۱). با توسعه ی فناوری اطلاعات در حوزه ی پزشکی تحول عظیمی در نظام ارایه خدمات بهداشتی و درمانی اتفاق افتاده است. به علاوه پیشرفت‌های اخیر در حوزه شبکه‌های توزیع شده، حسگرهای بسیار ریز، میکروالکترونیک‌های کم‌مصرف، توسعه شبکه‌های حسگر بدنی را تسهیل کرده است(۲). ظهور شبکه‌های حسگر بی سیم، کنترل و پایش افراد را در محیط اطرافشان امکان پذیر ساخته است؛ پایش مداوم شبکه‌های حسگر بدنی امکان تشخیص زودهنگام را فراهم می‌سازد(۳). همچنین می‌توان اذعان داشت که در این اثنا اینترنت راه‌های نوینی را برای ارایه خدمات بهداشتی- سلامتی برای افراد میسّر ساخته است. به طور کل تمرکز برروی پیشگیری از وقوع بیماری‌ها و شناسایی زودهنگام ناتوانایی بیماری با ریسک بالا یکی از اهداف اصلی استفاده از شبکه‌های حسگر بدنی است. براساس آمارهای دقیق شمار افراد سالمند بالای ٦٥ سال در جوامع مختلف در سال ۲۰۲۵ تقریبا به ۷۰ میلیون نفر خواهد رسید. افراد سالمند هر جامعه‌ای نیازمند خدمات سلامتی و تمهیدات مراقبتی هرچه بیشتری می‌باشند. از این رو توسعه ی شبکه‌های حسگر بدنی پایش افراد سالمند جامعه را آسان ساخته، همچنین برای افراد معمول جامعه نیز مورد استفاده هستند(۳).

شبکه‌های حسگر بدنی بی سیم، شامل یکسری حسگرهای بیولوژیکی ناهمگون می‌باشند. حسگرهای این شبکه برروی نواحی مختلف بدن جاگذاری شده و این حسگرها می‌توانند برروی بدن فرد پوشیده و یا کاشته شوند. هرکدام از این حسگرها الزامات خاصی برای شناسایی و ثبت علایم نیاز دارند. به طور کلی یک شبکه حسگر قابلیت اندازه‌گیری، حس و نمونه برداری علایم حیاتی فرد را دارد؛ ضمناً می‌تواند احساسات و یا وضعیت انسان را تشخیص بدهد(٤). شبکه حسگر بدنی بی سیم با یک گره هماهنگ کننده ی ویژه ارتباط برقرار می‌کند که گره هماهنگ‌کننده دارای حداقل انرژی مصرفی و بیشترین توان پردازشی است؛ گره مذکور مسئولیت ارسال سیگنال‌های بیولوژیکی بیمار(کاربر) را به منظور فراهم‌سازی تشخیص آنی و تصمیم گیری صحیح برعهده دارد(٤و۳).

با توجه به گسترش بیماری‌های حاد و مزمن در جوامع مختلف پایش افراد یکی از مهم‌ترین مسایل پیش‌رو در حوزه ی سلامت است. به همین سبب شناخت انواع شبکه‌های حسگر بدنی بی سیم برای پایش افراد ضروری است. هدف از نگارش این مقاله بررسی و شناخت کاربردهای شبکه‌های حسگر بدنی بی سیم در حوزه سلامت است که به نوبه ی خود در زمینه ی توسعه ی حسگرهای مزبور بسیار کمک کننده می‌باشد.

روش بررسی

مقاله ی حاضر به شکل مروری تدوین شده است. برای تحلیل پژوهش حاضر در مورد شبکه‌های حسگر بدنی بی سیم، شناخت و کاربرد شبکه‌های بدنی در حوزه سلامت پایگاههای اطلاعاتی بین المللی (Science Direct (Elsevier ،PubMed Central ،Springer و IEEE تا سال ۲۰۱۵ جستجو گردید. برای جستجو از کلیدواژه‌های "Body area sensor network"، "wearable and implantable sensors" "wireless body area sensor network" در پایگاههای اطلاعاتی انگلیسی و از واژه های «شبکه های حسگر بدنی بی سیم»، «کاربرد شبکه های بدنی در مراقبت- درمان»، «گره های حسگر پوشیدنی و کاشتنی بدنی» برای جستجو در پایگاههای فارسی استفاده شد. تاریخ تألیف مقالات را در منابع انگلیسی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱٦ و در منابع فارسی از سال ۱۳۸٤ تا ۱۳۹۵ محدود ساخته‌ایم؛ با توجه به تعداد زیاد مقالات مجبور به محدودسازی تاریخ تألیف مقالات مبنی بر جدید بودن بر اساس تاریخ انتشار آنها شده‌ایم. یکی از شرایط انتخاب مقالات، دسترس پذیر بودن تمام متن مقالات بود. زیرا با مطالعه‌ی متن کامل مقاله پارامترهای مورد نظر را از آن‌ها استخراج می‌کردیم. پس از گرداوری مقالات از پایگاه‌های متفاوت به ٦۰ مقاله رسیدیم. که با حذف مقالات تکراری و نامرتبط ۲۵ مقاله به مطالعه وارد و بررسی شد. مقالاتی که تمام متن آن‌ها در دسترس نبود از مطالعه خارج شدند. در ابتدا به بررسی چکیده مقالات پرداختیم، به دنبال آن تمام مقالات غیر مرتبط از مطالعه خارج شدند. سپس با استفاده از یک لیست بررسی، ارزیابی نهایی روی این مقالات انجام گرفته و پارامترهای مورد نظر وارد لیست شدند. همه مقالاتی که به نوعی به بررسی و توصیف، مرور یا یک نوآوری در مورد کاربرد و توسعه‌ی شبکه‌های حسگر بدنی بی سیم پرداخته بودند، در مطالعه پذیرفته شدند. معیارهای خروج مقالات از مطالعه، تکراری بودن و قدیمی بودن تاریخ تألیف بوده است. مطالعاتی که به تکرار یک مطالعه ی دیگر پرداخته بودند، از مطالعه کنار گذاشته شدند. همچنین مقالاتی که تمام متن آن‌ها در دسترس نبود نیز از مطالعه خارج شدند. در این مطالعه سعی براین بوده است که به

[Downloaded from payavard.tums.ac.ir on 2025-04-12]

سؤالاتی چون مفهوم شبکه‌های حسگر بدنی بی سیم پاسخ داده شود؛ همچنین کاربردهای شبکه‌های مزبور در حوزه سلامت به طور کامل شرح داده شود. در ادامه سؤالاتی مبنی بر انواع شبکه‌های حسگری بدنی بی سیم پاسخ داده شد و چگونگی توسعه ی آن‌ها نیز بررسی گردید.

یافته‌ها

یافته‌های حاصل از مطالعه‌ی حاضر عبارتند از: الف) معماری عمومی شبکه‌های حسگر بدنی بی سیم ب) وظایف شبکه‌های حسگر بدنی بی سیم پ) توسعه حسگرهای بدنی ت) کاربرد شبکه‌های حسگر بدنی بی سیم در حوزه پزشکی ث) انواع شبکه‌های حسگر بدنی بی سیم در حوزه پزشکی ج) محدودیت‌ها و چالش‌های توسعه شبکه‌های حسگر بدنی بی سیم. در توضیحات زیر به بررسی هرکدام از موارد یاد شده، پرداخته شده است.

معماری عمومی شبکه حسگر بدنی بی سیم در حالت کلی دارای ۳ سطح ارتباطاتی می باشد:

سطح ۱، ارتباطات داخلی شبکه حسگر بدنی: این سطح از ارتباطات اشاره به ارتباطات درون شبکه دارد. ارتباطات میان حسگرهای بی سیم و گره اصلی شبکه حسگر بدنی در این سطح واقع می‌باشند. سطح ۲، ارتباطات میان شبکه‌ای حسگر بدنی: ارتباطات میان شبکه‌ای مدنظر است که این سطح اشاره بر ارتباطات بین گره اصلی و دستگاه‌های شخصی از قبیل PDA دارد. سطح ۳، مربوط به ارتباطات فراشبکه ای است که در این سطح دستگاه‌های شخصی از طریق اینترنت به هم متصل می‌شوند. جریان داده‌ها در این سطوح به شرح زیر است(۵): در سطح ۱، گره‌های حسگر(sensor node) پزشکی کاشته شده برروی بدن یا داخل بدن به همراه گره هماهنگ‌کننده(coordinator node) در این سطح واقع شده‌اند. در سطح ۲، این سطح گره‌های حسگر داده‌های خود را به گره هماهنگ‌کننده ارسال و این گره با جمع آوری داده‌ها و پردازش آن‌ها را به ایستگاه پایه(sink node) ارسال می‌دارد. در سطح ۳، بعد از دریافت داده‌ها ایستگاه پایه از طریق زیرساخت‌های اینترنتی به مراکز درمانی ارسال می‌شود(٦). در کل در این جریان داده، هرکدام از حسگرهای نصب شده بر روی بدن با اطلاعات حسی از علایم حیاتی را دریافت می‌کنند(هرکدام از حسگرهای نصب شده- کاشته شده گره حسگر گویند) و با ارسال این اطلاعات به ایستگاه پایه(ایستگاه اصلی که تمام اطلاعات درمانی را دریافت می‌کند و پردازش‌های سطح بالای لازم را انجام می‌دهد)، تصمیمات درمانی جهت پیگیری درمان و پایش فرد اتخاذ می‌گردد(۷).

با توجه به مطالعات انجام شده در زمینه‌ی وظایف شبکه‌های حسگر بدنی می‌توان اذعان داشت که گره‌های حسگر بدنی وظیفه ی پایش پارامترهای مهم بدن را برعهده دارند؛ پارامترهای حیاتی گویای وضعیت ناخوشی و بیماری فرد هستند. شبکه‌های حسگر بدن در پایش‌های مراقبتی می‌توانند دارای ۲ دسته حسگر متمایز باشند: الف) حسگرهای فیزیولوژیکی که برای اندازه‌گیری علایم حیاتی بدن(واقع در داخل یا خارج بدن) از قبیل دمای بدن، فشارخون، الکتروکاردیوگرام استفاده می‌شوند. ب) حسگرهای مکانیکی که توانایی جمع‌آوری حالت‌های مختلف بدن و حرکات بدن فرد را دارند؛ کارکرد حسگرهای مزبور مبتنی بر سیگنال‌های دریافتی از شتاب‌سنج‌هاست(۷). افزون بر این، اطلاعات مربوط به دمای محیط، فشار محیط، روشنایی و رطوبت به وسیله ی حسگرهای تلفیق شده با حسگرهای بدنی جمع‌آوری می‌شوند. بدین‌ترتیب علاوه بر علایم حیاتی، سایر کاربردهای پزشکی عبارتند از: پایش سیگنال‌های قلبی برای شناسایی فعالیت‌های قلبی، سیگنال‌های مغزی، سیگنال‌های ماهیچه‌ای، پایش سطح گلوکز، پایش حرکات فیزیکی برای تعیین وضعیت افراد است(۹و۸). در جدول زیر سعی بر آن بوده است تا بیماری‌های متفاوت و حسگرهای بدنی بی سیم مورد استفاده جهت پایش شرایط بیولوزیکی بیمار بررسی شود. با توجه با آنچه در جدول آورده شده، بیماری‌ها و ناتوانی‌های مختلفی توسط حسگرهای مزبور مانیتور می‌شوند. هدف از تدوین جدول ۱ طبقه‌بندی بیماری‌های مختلف و بررسی کاربرد حسگرهای بدنی بی سیم برای پایش آن‌ها بوده است. در جدول ذیل انواع مختلف کاربردهای حسگرهای کاشتنی- پوشیدنی برای پایش بیماری‌ها/ ناتوانی‌ها آورده شده است(۱۱و۱۰).

جدول ۱: طبقه‌بندی بیماری‌های متفاوت و حسگرهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مورد نیاز

فرایند بیماری	پارامتر فیزیولوژیکی (نوع حسگر شبکه حسگر بدنی)	پارامتر بیوشیمیایی (نوع حسگر شبکه حسگر بدنی)
فشارخون بالا	فشارخون(دستگاه گیرنده‌ی مکانیکی کاشتنی/پوشیدنی)	محرک‌های قشر غده‌های فوق‌کلیه(حسگر زیستی کاشتنی)

[Downloaded from payavard.tums.ac.ir on 2025-04-12]

ایسکمی قلبی	الکتروکاردیوگرام، برون ده قلبی(حسگر ثبت ECG کاشتنی/پوشیدنی)	تروپونین، کراتین‌کینان(حسگرهای زیستی‌کاشتنی)
آریتمی قلبی/ نارسایی قلبی	ضربان قلب، فشارخون، ECG، برون ده قلب(حسگرهای ثبت ECG، دستگاه گیرنده مکانیکی)	تروپونین، کراتین کیناز(حسگرهای زیستی کاشتنی)
نئوپلاسم(سینه، پروستات، ریه، کولون)	کم شدن وزن(حسگر ثبت وزن بدن)	نشانگرهای نئوپلاسم، ثبت خون(حسگرهای زیستی کاشتنی ثبت ادرار، مدفوع، خلط)
پارکینسون	راه رفتن، لرزش، عضلات، فعالیت(حسگرهای پوشیدنی ECG، شتاب‌سنج)	سطح دوپامین مغز(حسگرهای زیستی کاشتنی)
پایش بیماران بعد از عمل جراحی	ضربان قلب، فشارخون، ECG ، سطح اشباع اکسیژن، دمای بدن، حسگرهای کاشتنی/ پوشیدنی	سطح هموگلوبین، سطح گلوکز، پایش محل جراحی(حسگرهای زیستی کاشتنی)
بیماری‌های عفونی	پایش‌دمای بدن(حسگرهای پوشیدنی)	شاخص‌های التهابی(حسگرهای زیستی کاشتنی)
دیابت	اختلال بینایی، اختلال حسی(پوشیدنی شتاب سنج، ژیوسکوپ)	قندخون، هموگلوبین گلوکولیزه(حسگرهای زیستی کاشتنی)

همان طور که در جدول بالا آورده شد با استفاده از انواع مختلف شبکه‌های حسگری می‌توان بیماری‌های مختلف را کنترل کرد؛ به عنوان مثال بیماری‌های قلبی، حمله‌های قلبی و سکته‌ها بزرگترین خطر کشنده در جوامع امروزی می‌باشند؛ بنابراین افزایش و کاهش ضربان قلب می‌تواند پیش‌آگهی رخداد بیماری‌های قلبی باشد که به وسیله‌ی حسگرهای پوشیدنی و کاشتنی سیگنال‌های قلبی فرد را کنترل کرد. با استفاده از حسگرهای متفاوت می‌توان نشانه‌های نئوپلاسم‌های خوش‌خیم و بدخیم را خیلی سریع‌تر شناسایی نمود و نسبت به درمان هرگونه نئوپلاسم اقدم نمود؛ برخی از این نئوپلاسم‌ها توسط سیستم‌هایی به نام سوزن‌های پوشیدنی هوشمند شناسایی می‌شوند. دیابت یک اختلال متابولیکی است که می‌تواند توسط حسگرهای هوشمند کنترل شود؛ حسگرهای کاشتنی و پوشیدنی بر مقدار تزریق انسولین و مصرف قرص بیماران نظارت دارند. بسیاری از افرادی که جراحی شده‌اند نیازمند کنترل و پایش متداوم می‌باشند؛ به همین سبب می‌توان با استفاده از حسگرهای زیستی علایم فیزیولوژیکی آنان را پایش کرد. همچنین در بیماران عفونی پایش مداوم دمای بدن و شاخص‌های التهابی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است که توسط حسگرهایی می‌توان این علایم را پایش کرد(۱۱).

به‌منظور توسعه ی حسگرهای بی سیم بدنی در حوزه ی سلامت–درمانی باید موضوعات فراوانی مورد توجه قرار گیرند(۱۰). برخی از این موضوع‌ها هم‌چون مکان مناسب حسگرها برروی بدن برای اندازه‌گیری سیگنالهای فیزیولوژیکی، اطمینان از تماس دایمی حسگرها، کاهش اختلالات سیگنال ناشی از تغییرات فشار، کاهش تاثیر حرکات و حالت بدن بر روی ثبت سیگنال‌ها می‌باشند(۱۱)، نظیر: ثبت سیگنال‌های ECG، فوتوپلتیسموگرافی برای پایش حجم خون، پاسخ گالوانیزه پوستی و غیره.

• جایگذاری: جایگذاری حسگرها یکی از مسایل کلیدی برای اندازه‌گیری سیگنال‌های فیزیولوژیکی می‌باشد. به سبب آنکه مکانی که یک حسگر قرار می‌گیرد تأثیر مستقیم برروی اندازه‌گیری سیگنال‌ها خواهد داشت. به عنوان مثال در ثبت سیگنال‌های قلبی به علت ولتاژ متغییر سطح پوست مکان صحیح قرارگیری الکترودها بسیار مهم است. سیگنال‌های قلبی ECG تجمعی از امواج مختلفی مانند موج T، R، QRS، P می‌باشد که ثبت دقیق این امواج نیازمند جایگذاری دقیق الکترودها برروی بدن فرد است. به عنوان مثال بهترین مکان برای ثبت موج R قراردادن الکترودی برروی شانه سمت راست و مفصل سمت راست می‌باشد(۱۲).

• تماس: تماس حسگرها بر روی بدن یکی از موارد مهم و قابل توجه در توسعه ی حسگرهای پوشیدنی است. کاربران برای استفاده از حسگرهای فیزیولوژیکی باید از حسگرها و الکترودهای چسبیده به بدن استفاده کنند که منجر به سختی در حرکت میشود. استفاده‌کنندگان از حسگرهای مذکور برخی مواقع به علت حالت چسبندگی الکترودها دچار آلرژی و قرمزی پوست بعد از استفاده می‌شوند. اما برای دستیابی به اندازه گیری های دقیق می باید این حسگرها با بدن در تماس مستقیم باشند، در غیر این صورت اندازه‌گیری‌ها کاملاً نامعتبر خواهند بود(۱۰).

• فشار: حسگرهای پزشکی تعبیه شده در برخی سیستم‌های پوشیدنی مانند کفش، دستکش، لباس‌ها تحت تأثیر فشار ناشی از

[Downloaded from payavard.tums.ac.ir on 2025-04-12]

فعالیت‌های روزانه مانند راه‌رفتن، نوشتن، حمل کردن اجسام و حرکت کردن قرار می‌گیرند. برای حسگرهایی که از الکترودهای خاص استفاده می‌کنند مانند GSR، EMG، فشار در نقطه تماس الکترودها موجب افزایش ارتباط حاصل و ولتاژ اندازه‌گیری می‌شود، که این فشار وارد بر الکترودها در نقطه ی تماس در توسعه ی حسگرهای بدنی اهمیت ویژه دارد. به عنوان مثال ثبت GSR از کف پا انجام می‌شود که این نقطه از بدن همواره تحت فشار ناشی از راه رفتن قرار دارد، و یا ثبت EMG از شانه و کمر فرد انجام می‌شود که این نقاط از بدن می‌توانند تحت فشارهای وارد هنگام حمل اجسام باشند. بنابراین برای حل مشکلات ناشی از فشارهای وارد در حسگرهای مزبور، ایده‌آل‌ترین راه حل معرفی شده ی توسعه ی حسگرهای نوری است(۱۲).

• حالت فرد: زمانی که حالت بدن فرد تغییر می‌کند، ثبت سیگنال‌های فیزیولوژیکی تحت تاثیر قرار می‌گیرند. مثلاً فشار خون افراد در حالت ایستاده و یا نشسته کاملاً متفاوت می‌باشد. و یا اینکه اگر دست فرد بالاتر از قلب وی قرار گیرد حجم خون و یا فشارخون ثبت شده از دست و یا انگشت وی متفاوت از حالت معمول خواهد بود. به‌طور کلی زمانی که فرد حالت بدنی خود را تغییر می‌دهد، ظرفیت الکتریکی سنجش سیگنال‌ها تحت تأثیر قرار می‌گیرند. برای حل این مشکل می باید محدوده خطای ناچیزی برای اندازه‌گیری‌ها لحاظ شود(۱۲).

به منظور توسعه ی شبکه‌های حسگر بدنی، کاربرد این شبکه‌ها را به دو حوزه ی کاملاً متمایز از هم تقسیم می‌کنیم:

الف) کاربردهای پزشکی: داخل بدنی و سطح بدنی. ب) کاربردهای غیرپزشکی.

در کاربردهای پزشکی، با توجه به افزایش هزینه‌های مراقبتی و سالمندی افراد در جوامع امروزی نیاز به استفاده از شبکه‌های حسگر بدنی به منظور پایش و پزشکی از راه دور نسبت به گذشته بیشتر احساس می‌شود. پزشکی از راه دور(Telemedicine) به کاربرد فناوری اطلاعات جهت ارایه داده‌های مزبور به مراقبت‌های بهداشتی و انواع خدمات بهداشتی، تشخیص، درمان و آموزش از راه دور اطلاق می‌گردد(۱۳). پزشکی از راه دور ارایه خدمات مراقبت از بیمار را با استفاده از سیستم‌های سلامتی، تکنولوژی ارتباطات از راه دور میسر می‌سازد. بنابراین می‌توان گفت یکی از سیستم‌های مراقبتی در حوزه ی پایش از راه دور شبکه‌های حسگر بدنی است؛ این سیستم‌ها دارای یک شبکه بی سیم متشکل از حسگرها، اطلاعات مربوط به علایم حیاتی مبتلایان را از خانه و یا هر محیط دیگری به پزشک، پرسنل مراقبتی، مداخله‌گر ارسال می‌دارند(۱۳). با استفاده از اطلاعات جمع‌آوری شده پزشک از راه دور می‌تواند تصمیمات درمانی مناسبی را اتخاذ و اعمال نماید. بنابراین سیستم‌های هوشمند پزشکی نظیر شبکه‌های حسگر بدنی، تشخیص از راه دور، پروسه ی مراقبت از بیماران مبتلا به بیماری‌های مزمن و مراقبت از بهبودی افراد بعد از عمل جراحی را تسهیل می‌کنند. یک شبکه حسگر بدنی از تعداد زیادی گره‌های حسگر تشکیل شده است؛ این گره‌ها اطلاعات را از روی بدن (on–body) و یا درون بدن(in–body) جمع‌آوری می‌کنند(۱٤). به طور کلی این شبکه‌ها کنترل علایم حیاتی و سیگنال‌های حیاتی را برعهده دارند و در انتها بازخوردی آنی برای کمک به شرایط اورژانسی فرد میسر می‌دارد(۱۵). برخی کاربردهای پایش از راه دور بیماران، پایش بیماران قلبی، بیماران مبتلا به دیابت، نئوپلاسم، آسم و پارکینسون می‌باشد. کاربرد دیگر شبکه‌های حسگر بدنی برای بازتوانی بیماران است. هدف اصلی بازتوانی، برگرداندن قدرت انجام فعالیت‌ها در افراد ناتوان است. بازتوانی یا توان بخشی فرایندی است که در آن به فرد آسیب دیده کمک می‌شود تا توانایی از دست رفته ی خود پس از یک واقعه، بیماری یا آسیب را که منجر به محدودیت عملکردی شده است مجدداً به دست آورد. توان بخشی به افراد کمک می‌کند تا پس از ابتلا به مشکلاتی نظیر سکته، ضایعات نخاعی، جراحی‌های ارتوپدی سنگین، ضربه مغزی، کم شنوایی، مشکلات تعادل تا حد ممکن بر مشکل خود غلبه کرده و استقلال عملکردی قبلی را بازیابند(۱٦). استفاده از گره‌های حسگر بی سیم برای ثبت حرکات فرد مبتلا یکی از فناوریهای به روز می باشد. پس‌خوراند زیستی(biofeedback) یکی دیگر از کاربردهای شبکه‌های حسگر پزشکی است. حسگرهای زیستی کاشته شده در داخل بدن و پوشیده شده بر روی بدن فرد برای پایش برخی از رفتارها و عملکردها مناسبند. حسگرهای مذکور پس‌خوراندهای زیستی برای بیماران(کاربران) فراهم می‌سازند. به عنوان مثال: آنالیز دمای بدن، ثبت فشارخون، الکترومیوگرام(EMG)، الکتروکاردیوگرام(ECG) و غیره(۱۷).

بنا بر آنچه مطالعه شد انواع شبکه‌های حسگر بدنی بی سیم در حوزه ی پزشکی بر دو دسته ی اصلی تقسیم می‌شوند: شبکه‌های حسگر بی سیم بدنی پوشیدنی(Wearable wireless body area network) که در این نوع از شبکه‌ها، گره‌های حسگر با تکنولوژی‌های پوشیدنی یکپارچه می‌شوند. هر گره حسگر یک یا چند سیگنال فیزیولوژیکی را حس، نمونه برداری و پردازش می‌کند. به عنوان مثال یک حسگر

[Downloaded from payavard.tums.ac.ir on 2025-04-12]

ثبت فعالیت الکتریکی ضربان قلب می‌تواند برای نظارت بر فعالیت قلب استفاده شود. حسگر فشارخون برای نظارت فشارخون، حسگر تنفس برای نظارت بر تنفس و حسگرهای حرکتی برای مشخص کردن وضعیت کاربر و برآورد سطح فعالیت فرد استفاده می‌شوند(۱۸). این شبکه‌های حسگر بدنی پوشیدنی شامل اجزایی نظیر حسگرها، پارچه‌های هوشمند، ارتباطات بی سیم، واحدهای پردازنده، نرم‌افزارها، الگوریتم‌هایی برای استخراج داده‌های تفسیر شده هستند. اطلاعات جمع‌آوری شده از گره‌ها از طریق کانال‌های ارتباطی برای سرور پزشکی(سیستم‌های کمک یار پزشکی)، سرور شخصی(سیستم‌های مربوط به افراد) ارسال می‌گردند(۱۹). دسترسی به یک سرور پزشکی از طریق زیرساخت‌های ارتباطی متفاوتی همچون اینترنت میسّر می‌گردد. به طور معمول، سرور پزشکی سرویسی را برای برقرارکردن یک کانال ارتباطی از سرور شخصی به کاربران، جمع‌آوری گزارش ها از کاربر و گنجاندن داده‌ها اجرا می‌کند. نوع دوم انواع شبکه‌ها، شبکه های حسگر کاشتنی(Implantable wireless body area network) می‌باشند که این قبیل شبکه‌ها برای اندازه‌گیری پارامترهای سلامت، برخی حسگرهای زیستی داخل بدن فرد کاشته می‌شوند. حسگرهای زیستی کاشته‌شده داخل بدن فرد بدون نیاز به دخالت بیمار و صرف نظر از حال فیزیولوژیکی بیمار(خواب، استراحت، غیره) توانایی ثبت و تحلیل اطلاعات را دارند(۲۱و۲۰). حسگرهای تشخیص سیگنال الکتریکی در مغز، حسگرهایی برای نظارت بر تجزیه و تحلیل بیولوژیکی در مغز و سیستم‌های کاشته شده برای پیگیری تأثیر درمان داروها برمحل موردنظر استفاده می‌شوند(۱۱). این نوع از شبکه‌ها دارای مزایایی نسبت به نوع پوشیدنی هستند. این شبکه‌های بدنی تحرک بیماران را محدود نمی‌سازند؛ موجب ایجاد آلرژی و یا حساسیت پوستی برای کاربران به‌دلیل تداوم در به کارگیری نمی‌شوند(۱۱). از کاربردهای مهم شبکه‌های کاشتنی در حوزه ی درمان استفاده از آن‌ها برای بهبود بینایی افراد نابینا از طریق کاشت شبکیه مصنوعی، گلوکومتری، حلزون گوش مصنوعی می‌باشد(۲۳و۲۲).

در انتهای پژوهش می‌توان به محدودیت‌ها و چالش‌های به کارگیری و توسعه ی شبکه‌های حسگر بدنی پرداخت؛ افزایش تجهیزات بی سیم و کوچک سازی حسگرها امکان پایش سلامت را اثبات کرده اند. با این حال باید چالش‌های بسیاری به منظور توسعه ی شبکه‌های حسگر بررسی شوند(۲۲). برخی نیازمندی‌ها جهت تأمین رضایت بیماران و کاربران در ارتباط با امنیت، قابلیت اطمینان، حفظ حریم خصوصی و سادگی اشاره دارد. از ویژگی‌های کلیدی شبکه‌های حسگر بدنی می‌توان به پهنای باند، انرژی مصرفی، توان پردازشی، حافظه، زمان پاسخگویی، مقیاس‌پذیری و انعطاف‌پذیری، پیکربندی واضح و آشکار اشاره کرد(۲۳و۲۲). پیشرفت در حوزه ی زیست شناسی، شیمی، مکانیک توسعه و پیدایش حسگرهای پیشرفته را موجب شده‌اند. طراحی حسگرهای کوچک برای شبکه‌های حسگر بدنی یکی از اهداف مهم در این زمینه می‌باشد. ظهور حسگرهای بسیار ریز و سبک کار را برای کاشته شدن در داخل بدن انسان آسان‌تر ساخته اما برخی مواقع برخی حساسیت‌های بد برای افراد برجای می‌گذارند(۲٤). یکی از نیازمندی‌های شایان توجه در توسعه شبکه‌های حسگر بدنی اطمینان کاربران به پاسخ‌های دریافت شده از شبکه‌هاست؛ با توجه به اینکه شبکه‌ها علایم حیاتی بدن را ثبت می‌کنند و تصمیم‌گیری براساس این اطلاعات انجام می‌شود به همین سبب این اطلاعات باید در حوزه ی بهداشت و درمان سطح قابل قبولی از اطمینان را رقم بزنند. از طرف دیگر قابلیت اطمینان شبکه به طور مستقیم بر روی کیفیت نظارت بیمار تأثیر می‌گذارد و در بدترین حالت، ممکن است به دلیل عدم تشخیص رخدادی که زندگی بیمار را تهدید می‌کند، باعث مرگ وی شود. محققان روش‌های متعددی برای بهبود قابلیت اطمینان مطرح کرده‌اند(۲٦و۲۵). مدیریت مصرف انرژی نیز یکی از نیازمندی‌های شایان توجه در این زمینه است. با توجه به اینکه حسگرها دارای باتری ضعیفی هستند و به محض اتمام این باتری گره مورد نظر به طور کامل از بین می‌رود و انتقال اطلاعات با مشکل مواجه می‌شود بنابراین کاهش سطح مصرف انرژی هر حسگر از چالش‌های طراحی شبکه‌های بدنی بی سیم است(۲۷). قابلیت اجتماع و گردهم‌آیی شبکه‌های حسگر بدنی با سیستم‌های درمانی و گرفتن بازخورد مناسب از آنها از چالش‌های دیگر می‌باشد. داشتن تعامل مناسب و آنی بین سیستم‌های مراقبت و شبکه‌های حسگر بدنی موجب می‌شود تا تصمیم‌های درمانی به موقع بدون هیچ فوت وقت صورت پذیرند(۲۹و۲۸).

بحث

با توجه به آمار جهانی علت اصلی مرگ و میر در جهان بیماری‌های قلبی و عروقی(CVD) است که حدود ۳۰ درصد از تمام مرگ ومیر جهانی می‌باشد. علاوه برآن بنا به گزارش سازمان جهانی بهداشت سالانه ۲۰ میلیون نفر به بیماری دیابت مبتلا می‌شوند. به طور میانگین ۳۵ درصد افراد جوامع مختلف با بیماریهای جدی نظیر:

[Downloaded from payavard.tums.ac.ir on 2025-04-12]

فشارخون، آسم، آلزایمر، پارکینسون مواجه هستند. در نتیجه برای کنترل و نظارت بر بیماران مذکور می‌توان از شبکه‌های حسگری بی سیم بهره گرفت. این حسگرها دمای بدن، الکتروانسفالوگرام، ضربان قلب، درصد اشباع اکسیژن و فعالیت ماهیچه‌ای را ثبت کرده و از رخداد مرگ جلوگیری می‌کنند. از دلایل اهمیت این شبکه‌ها می‌توان به مواردی از قبیل: کشف زودهنگام علایم بدتر شدن شرایط سلامت و آگاه کردن ارایه‌کنندگان خدمات سلامت برای حضور در وضعیت‌های بحرانی و پیدا کردن ارتباط بین سلامت و سبک زندگی و مهیا ساختن مراقبت بهداشتی برای مکان‌های دوردست و کشورهای در حال توسعه و تغییر در شیوه ی مراقبت بهداشتی توسط فراهم‌سازی اطلاعات فیزیولوژیکی بی درنگ برای پزشکان اشاره کرد. به منظور توسعه ی حسگرهای بی سیم بدنی به موضوعات فراوانی باید توجه شود. برخی از این موضوع‌ها هم‌چون مکان مناسب حسگرها برروی بدن برای اندازه‌گیری سیگنالهای فیزیولوژیکی، اطمینان از تماس دایمی حسگرها، کاهش اختلالات سیگنال ناشی از تغییرات فشار، کاهش تأثیر حرکات و حالت بدن برروی ثبت سیگنال‌ها می‌باشند. همچنین معماری عمومی شبکه‌های حسگر بدنی سه سطح دارد؛ هر سطح وظایف ویژه‌ای دارد که در نهایت به منظور ارسال اطلاعات به ایستگاه پایه(مرکز مراقبت– درمان) انجام وظیفه می‌کنند.

نتیجه‌گیری

استفاده از شبکه‌های حسگر بدنی تأثیر شگرفی در امر سلامت دارد و به بهبود در امر کیفیت زندگی و آسایش خاطر بیماران منجر می‌شود. این تکنولوژی‌ها روز به روز در حال پیشرفت است و هدفش کمک به بیماران و پزشکان و تیم درمان است. به طور کلی شبکه‌های حسگر بدنی می‌تواند از دو نوع مختلف باشد؛ نوع اول حسگرهای بدنی پوشیدنی و نوع دوم حسگرهای بدنی کاشتنی. توسعه و به کارگیری هرکدام از انواع مختلف، چالش‌ها و محدودیت‌هایی دارد؛ چالش‌هایی چون: مدیریت مصرف انرژی، قابلیت اطمینان، حفظ حریم خصوصی، انتخاب پروتکل‌های ارتباطی مناسب و طراحی شبکه‌های بدنی و ... .

در این مقاله به معرفی کاربردهای پزشکی، معماری عمومی، چالش‌های توسعه و طراحی شبکه‌های حسگر بدنی پرداخته شد. با توجه به آنچه گفته شد می‌توان اذعان داشت که کاربرد شبکه‌های بدنی در حوزه ی سلامت دارای چالش‌های فراوانی بوده است اما در مقابل، سودمندی‌های غیر قابل انکاری برای کاربران داشته است. بنابراین در کارهای آینده می‌توان به جزئیات الزامات توسعه و طراحی در حوزه ی سلامت پرداخت.

تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر بخشی از پایان نامه ی دوره ی کارشناسی ارشد به شماره ی ۱۳۰۷۹۵۱ رشته انفورماتیک پزشکی می‌باشد که با حمایت دانشگاه تربیت مدرس به انجام رسیده است. بدین وسیله از همکاری دانشکده علوم پزشکی دانشگاه تربیت مدرس تشکر و قدردانی می شود.

منابع

1. Banerjee A, Venkatasubramanian K & Gupta SKS. Challenges of implementing cyber-physical security solutions in body area networks. Available at: https://pdfs.semanticscholar.org/f913/c5e0c731c5e3ce185d2edc7ceca3028201 dd.pdf. 2009.

2. Quwaider M & Biswas S. Body posture identification using hidden markov model with a wearable sensor network. Available at: https://dl.acm.org/citation.cfm?id=1460283.2008.

3. Latré B, Braem B, Moerman I, Blondia C & Demeester P. A survey on wireless body area networks. Wireless Networks 2011; 17(1): 1-18.

4. Qureshi A, Shih E, Fan I, Carlisle J, Brezinski D, Kleinman M, et al. Improving patient care by unshackling telemedicine: Adaptively aggregating wireless networks to facilitate continuous collaboration. In AMIA Annual Symposium Proceedings Archive 2010; 2010(1): 662-6.

5. Bangash JI, Abdullah AH, Anisi MH & Khan AW. A survey of routing protocols in wireless body sensor networks. Sensors 2014; 14(1): 1322-57.

[Downloaded from payavard.tums.ac.ir on 2025-04-12]

6. Milenković A, Otto C & Jovanov E. Wireless sensor networks for personal health monitoring: Issues and an implementation. Computer Communications 2006; 29(13-14): 2521-33.

7. Hanson MA, Powell Jr HC, Barth AT, Ringgenberg K, Calhoun BH, Aylor JH, et al. Body area sensor networks: Challenges and opportunities. Computer 2009; 42(1): 58-65.

8. Yilmaz T, Foster R & Hao Y. Detecting vital signs with wearable wireless sensors. Sensors 2010; 10(12): 10837-62.

9. Harvey P, Woodward B, Datta S & Mulvaney D. Data acquisition in a wireless diabetic and cardiac monitoring system. Available at: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22255009. 2011.

10. Yang G. Body sensor networks. London: Springer; 2006: 40-90.

11. Chan M, Estève D, Fourniols JY, Escriba C & Campo E. Smart wearable systems: Current status and future challenges. Artificial Intelligence in Medicine 2012; 56(3): 137-56.

12. Mukhopadhyay SC. Wearable electronics sensors: For safe and healthy living. Available at: http://www.springer.com/gp/book/9783319181905. 2015.

13. Dittmar A, Meffre R, De Oliveira F, Gehin C & Delhomme G. Wearable medical devices using textile and flexible technologies for ambulatory monitoring. Available at: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17281928. 2005.

14. Merrell RC. Concepts of telemedicine consultation. Telemedicine Journal 1998; 4(4): 277-8.

15. Lay-Ekuakille A. Wearable and autonomous biomedical devices and systems for smart environment. London: Springer; 2010: 20-100.

16. Ganapathy K & Ravindra A. Telemedicine in India: The apollo story. Telemed J E Health 2009; 15(6): 576-85.

17. Kim S, Pakzad S, Culler D, Demmel J, Fenves G, Glaser S, et al. Wireless sensor networks for structural health monitoring, Denmark: In Proceedings of the 4th International Conference on Embedded Networked Sensor Systems, 2006.

18. Aziz O, Lo B, King R, Darzi A & Yang GZ. Pervasive body sensor network: An approach to monitoring the post-operative surgical patient, USA: Inwearable and Implantable Body Sensor Networks, International Workshop, 2006.

19. Rezayi S & Safaei AA. A systematic review of wearable technologies and their applications in health. Journal of Health and Biomedical Informatics Medical Informatics Research Center 2016; 3(3): 233-42[Article in Persian].

20. Rezayi S & Safaei AA. A Narrative review of the taxonomy of wearable monitoring technologies in medical applications. Health Information Management 2017; 14(1): 37-43[Article in Persian].

21. Otto C, Milenkovic A, Sanders C & Jovanov E. System architecture of a wireless body area sensor network for ubiquitous health monitoring. Journal of Mobile Multimedia 2006; 1(4): 307-26.

22. Kantoch E, Augustyniak P, Markiewicz M & Prusak D. Monitoring activities of daily living based on wearable wireless body sensor network. Available at: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25570027. 2014.

23. Negra R, Jemili I & Belghith A. Wireless body area networks: Applications and technologies. Procedia Computer Science 2016; 83(1): 1274-81.

24. Andreu-Perez J, Leff DR, Ip HM & Yang GZ. From wearable sensors to smart implants-toward pervasive and personalized healthcare. IEEE Transactions on Biomedical Engineering 2015; 62(12): 2750-62.

25. Pervez Khan M, Hussain A & Kwak KS. Medical applications of wireless body area networks. International Journal of Digital Content Technology and its Applications 2009; 3(3): 185-93.

26. Huang X, Shan H & Shen X. On energy efficiency of cooperative communications in wireless body area network, Mexico: In Wireless Communications and Networking Conference (WCNC) IEEE, 2011.

27. Yuce MR. Implementation of wireless body area networks for healthcare systems. Sensors and Actuators A: Physical 2010; 162(1): 116-29.

[Downloaded from payavard.tums.ac.ir on 2025-04-12]

28. Al Ameen M & Kwak KS. Social issues in wireless sensor networks with healthcare perspective. Available at: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.172.5467. 2008.

29. Eskandari E, Safaeei AA & Haghjoo M. Memo, a new approach to mobile data management. Available at: http://ieeexplore.ieee.org/document/1684368/. 2006.

[Downloaded from payavard.tums.ac.ir on 2025-04-12]

The Usages of Body Sensor Networks: A Literature Review

Rezayi Sorayya[1] (M.S.) - Safaei Ali Asghar[2] (Ph.D.) - Mohammadzadeh Nilofar[3] (Ph.D.)

1 Master of Science in Medical Informatics, Medical Informatics Department, School of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

2 Assistant Professor, Medical Informatics Department, School of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

3 Assistant Professor, Health Information Management Department, School of Allied Medical Sciences, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Abstract

Received: Jun 2017
Accepted: Nov 2017

Background and Aim: Nowadays, one of the most important areas of application of information technology in the health sector is monitoring patients' condition. Recently utilization of body area sensor networks in healthcare had significant advances. The purpose of this article is to examine the applications of wireless health sensor networks in the field of health.

Materials and Methods: This study was a review study which was done by searching in reliable scientific sources such as Pubmed, IEEE, Science Direct, Springer and other Persian information sources like Magiran and Sid between years 2000 - 2016. In order to search English sources, keywords such as “Wearable and implantable body sensors” “Body area sensor network”, and in order to search in Persian sources, keywords such as “implantable and wearable network nodes”, were used.

Results: The tasks of the body sensor networks are to monitor the important parameters of the body, which are vital signs of health and illness. Additionally, various types of sensor networks can control various illnesses, for example, heart disease, neoplasms, diabetes, kidney disease, Parkinson's disease, infectious diseases, and so on. Also a variety of wireless body sensor networks in the medical field are divided into two main categories: the wearable wireless body area networks and the implantable wireless body area network.

Conclusion: The use of body sensor networks has tremendous impact on health and leads to improvements in the life quality and comfort of patients. These technologies are improving, and their development aims to help patients, doctors and the treatment team.

Keywords: Body Area Sensor Network, Wearable and Implantable Sensors, Vital Sign Monitoring

*** Corresponding Author:**
Safaei AA
Email:
aa.safaei@modares.ac.ir

[Downloaded from payavard.tums.ac.ir on 2025-04-12]