

مجله دانشکده پیراپزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران (پیاورد سلامت)
دوره ۱۱ شماره ۶ بهمن و اسفند ۱۳۹۶، ۷۰۳-۶۹۴

مقاله مروری

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

ثریا رضایی^۱، دکتر علی اصغر صفائی^۲، دکتر نیلوفر محمدزاده^۳

چکیده

زمینه و هدف: یکی از مهم ترین حوزه های کاربرد فناوری اطلاعات در بخش بهداشت پایش وضعیت بیماران است. به کارگیری شبکه های حسگر بدنی در حوزه مراقبت- بهداشت به تازگی پیشرفتهای چشمگیری داشته است. هدف از نگارش این مقاله بررسی و شناخت کاربردهای شبکه های حسگر بدنی بی سیم در حوزه سلامت می باشد.

روش بررسی: پژوهش حاضر مطالعه ای مروری است که از طریق جستجو در منابع علمی معتبر از جمله IEEE, Springer, Pubmed, Science Direct (Elsevier) و سایر منابع اطلاعاتی فارسی نظیر Magiran و Sid بین سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ انجام گرفته است. برای جستجو در منابع انگلیسی مذکور از کلیدواژه هایی چون “body area sensor network” و “wearable and implantable body sensor” و برای جستجو در منابع فارسی از کلیدواژه هایی همچون «گره های حسگر کاشتنی و پوشیدنی» استفاده شد.

یافته ها: وظایف شبکه های حسگری بدن پایش پارامترهای مهم بدن می باشد که این پارامترهای حیاتی گویای وضعیت ناخوشی و بیماری فرد هستند. مضاف براین با استفاده از انواع مختلف شبکه های حسگر می توان بیماری های مختلف به عنوان مثال: بیماری های قلبی، نئوپلاسم ها، دیابت، بیماری های کلیوی، پارکینسون، بیماری های عفونی و غیره را کنترل کرد. همچنین می توان گفت انواع شبکه های حسگر بدنی بی سیم در حوزه پزشکی بر دو دسته ی اصلی تقسیم می شوند: شبکه های حسگر بی سیم بدنی پوشیدنی و شبکه های حسگر بی سیم بدنی کاشتنی.

نتیجه گیری: استفاده از شبکه های حسگر بدنی تاثیر شگرفی در امر سلامت دارد و به بهبود کیفیت زندگی و آسایش خاطر بیماران منجر می شود. این تکنولوژی ها 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: شبکه های حسگر بدنی، حسگرهای پوشیدنی و کاشتنی، پایش علائم حیاتی

دریافت مقاله : تیر ۱۳۹۶

پذیرش مقاله : آذر ۱۳۹۶

*نویسنده مسئول :

دکتر علی اصغر صفائی؛

دانشکده علوم پزشکی دانشگاه تربیت مدرس
تهران

Email :
aa.safaei@modares.ac.ir

^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

مقدمه

انقلاب فناوری اطلاعات و ارتباطات در کلیه بخش های 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 پیشرفت های اخیر در حوزه شبکه های توزیع شده، حسگرهای بسیار ریز، میکروالکترونیک های کم مصرف، توسعه شبکه های حسگر بدنی را تسهیل کرده است (۲). ظهور شبکه های حسگر بی سیم، کنترل و پایش افراد را در محیط اطرافشان امکان پذیر ساخته است؛ پایش مداوم شبکه های حسگر بدنی امکان تشخیص زودهنگام را فراهم می سازد (۳). همچنین می توان اذعان داشت که در این اثنا اینترنت راه های نوینی را برای ارایه خدمات بهداشتی - سلامتی برای افراد میسر ساخته است. به طور کل تمرکز بروی پیشگیری از وقوع بیماری ها و شناسایی زودهنگام ناتوانایی بیماری با ریسک بالا یکی از اهداف اصلی استفاده از شبکه های حسگر بدنی است. براساس آمارهای دقیق شمار افراد سالمند بالای ۶۵ سال در جوامع مختلف در سال ۲۰۲۵ تقریباً به ۷۰ میلیون نفر خواهد رسید. افراد سالمند هر جامعه ای نیازمند خدمات سلامتی و تمهیدات مراقبتی هرچه بیشتری می باشند. از این رو توسعه ی شبکه های حسگر بدنی پایش افراد سالمند جامعه را آسان ساخته، همچنین برای افراد معمول جامعه نیز مورد استفاده هستند (۳). شبکه های حسگر بدنی بی سیم، شامل یکسری حسگرهای بیولوژیکی ناهمگون می باشند. حسگرهای این شبکه بروی نواحی مختلف بدن جاگذاری شده و این حسگرها می توانند بروی 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 اندازه گیری، حس و نمونه برداری علایم حیاتی فرد را دارد؛ ضمناً می تواند احساسات و یا وضعیت انسان را تشخیص بدهد (۴). شبکه حسگر بدنی بی سیم با یک گره هماهنگ کننده ی ویژه ارتباط برقرار می کند که گره هماهنگ کننده دارای حداقل انرژی مصرفی و بیشترین توان پردازشی است؛ گره مذکور مسئولیت ارسال سیگنال های بیولوژیکی بیمار (کاربر) را به منظور فراهم سازی تشخیص آنی و تصمیم گیری صحیح برعهده دارد (۴ و ۳).

با توجه به گسترش بیماری های حاد و مزمن در جوامع مختلف پایش افراد یکی از مهم ترین مسایل پیش رو در حوزه ی سلامت است. به همین سبب شناخت انواع شبکه های حسگر بدنی بی سیم برای

پایش افراد ضروری است. هدف از نگارش این مقاله بررسی و شناخت کاربردهای شبکه های حسگر بدنی بی سیم در حوزه سلامت است که به نوبه ی خود در زمینه ی توسعه ی حسگرهای مزبور بسیار کمک کننده می باشد.

روش بررسی

مقاله ی حاضر به شکل مروری تدوین شده است. برای تحلیل پژوهش حاضر در مورد شبکه های حسگر بدنی بی سیم، شناخت و کاربرد شبکه های بدنی در حوزه سلامت پایگاه های اطلاعاتی بین المللی (Springer، PubMed Central، Science Direct (Elsevier و IEEE تا سال ۲۰۱۵ جستجو گردید. برای جستجو از کلیدواژه های "wearable and implantable sensors"، "Body area sensor network"، "wireless body area sensor network" در پایگاه های 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 پایگاه های فارسی استفاده شد. تاریخ تألیف مقالات را در منابع انگلیسی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ و در منابع فارسی از سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۵ محدود ساخته ایم؛ با توجه به تعداد زیاد مقالات مجبور به محدود سازی تاریخ تألیف مقالات مبنی بر جدید بودن بر اساس تاریخ انتشار آنها شده ایم. یکی از شرایط انتخاب مقالات، دسترس پذیر بودن تمام متن مقالات بود. زیرا با مطالعه ی متن کامل مقاله پارامترهای مورد نظر را از آنها استخراج می کردیم. پس از گردآوری مقالات از پایگاه های متفاوت به ۶۰ 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 توسعه ی شبکه های 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

هرکدام از حسگرهای نصب شده بر روی بدن با اطلاعات حسی از علائم حیاتی را دریافت می کنند (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 می کند و پردازش های سطح بالای لازم را انجام می دهد)، تصمیمات درمانی جهت پیگیری درمان و پایش فرد اتخاذ می گردد (۷).

با توجه به مطالعات انجام شده در زمینه وظایف شبکه های حسگر بدنی می توان اذعان داشت که گره های حسگر بدنی وظیفه ی پایش پارامترهای مهم بدن را برعهده دارند؛ پارامترهای حیاتی گویای وضعیت ناخوشی و بیماری فرد هستند. شبکه های حسگر بدن در پایش های مراقبتی می توانند دارای ۲ دسته حسگر متمایز باشند: الف) حسگرهای فیزیولوژیکی که برای اندازه گیری علائم حیاتی بدن (واقع در داخل یا خارج بدن) از قبیل دمای بدن، فشارخون، الکتروکاردیوگرام استفاده می شوند. ب) حسگرهای مکانیکی که توانایی جمع آوری حالت های مختلف بدن و حرکات بدن فرد را دارند؛ کارکرد حسگرهای مزبور مبتنی بر سیگنال های دریافتی از شتابسنج هاست (۷). افزون بر این، اطلاعات مربوط به دمای محیط، فشار محیط، روشنایی و رطوبت به وسیله ی حسگرهای تلفیق شده با حسگرهای بدنی جمع آوری می شوند. بدین ترتیب علاوه بر علائم حیاتی، سایر کاربردهای پزشکی عبارتند از: پایش سیگنال های قلبی برای شناسایی فعالیت های قلبی، سیگنال های مغزی، سیگنال های ماهیچه ای، پایش سطح گلوکز، پایش حرکات فیزیکی برای تعیین وضعیت افراد است (۸ و ۹). در جدول زیر سعی بر آن بوده است تا بیماری های متفاوت و حسگرهای بدنی بی سیم مورد استفاده جهت پایش شرایط بیولوژیکی بیمار بررسی شود. با توجه با آنچه در جدول آورده شده، بیماری ها و ناتوانی های مختلفی توسط حسگرهای مزبور مانیتور می شوند. هدف از تدوین جدول ۱ طبقه بندی بیماری های مختلف و بررسی کاربرد حسگرهای بدنی بی سیم برای پایش آن ها بوده است. در جدول ذیل انواع مختلف کاربردهای حسگرهای کاشتنی - پوشیدنی برای پایش بیماری ها/ ناتوانی ها آورده شده است (۱۱ و ۱۰).

جدول ۱: طبقه بندی بیماری های متفاوت و مسگرهای 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 گیرنده ی مکانیکی کاشتنی/پوشیدنی)	محرك های قشر غده های فوق کلیه (حسگر زیستی کاشتنی)

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

یافته ها

یافته های حاصل از مطالعه ی حاضر عبارتند از: الف) معماری عمومی شبکه های حسگر بدنی بی سیم ب) وظایف شبکه های حسگر بدنی بی سیم پ) توسعه حسگرهای بدنی ت) کاربرد شبکه های حسگر بدنی بی سیم در حوزه پزشکی ث) انواع شبکه های حسگر بدنی بی سیم در حوزه پزشکی ج) محدودیت ها و چالش های توسعه شبکه های 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 می باشند. سطح ۲، ارتباطات میان شبکه ای حسگر بدنی: ارتباطات میان شبکه ای مدنظر است که این سطح اشاره بر ارتباطات بین گره اصلی و دستگاه های شخصی از قبیل PDA دارد. سطح ۳، مربوط به ارتباطات فراسبکه ای است که در این سطح دستگاه های شخصی از طریق اینترنت به هم متصل می شوند. جریان داده ها در این سطوح به شرح زیر است (۵): در سطح ۱، گره های حسگر (sensor node) پزشکی کاشته شده بر روی بدن یا داخل بدن به همراه گره هماهنگ کننده (coordinator node) در این سطح واقع شده اند. در سطح ۲، این سطح گره های حسگر داده های خود را به گره هماهنگ کننده ارسال و این گره با جمع آوری داده ها و پردازش آن ها را به ایستگاه پایه (sink node) ارسال می دارد. در سطح ۳، بعد از دریافت داده ها ایستگاه پایه از طریق زیرساخت های اینترنتی به مراکز درمانی ارسال می شود (۶). در کل در این جریان داده،

ایسکمی قلبی	الکتروکاردیوگرام، برون ده قلبی (حسگر ثبت ECG کاشتنی/پوشیدنی)	تروپونین، کراتین کیناز (حسگرهای زیستی کاشتنی)
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)	نشانه های نئوپلاسم، ثبت خون (حسگرهای زیستی کاشتنی ثبت ادرار، مدفوع، خلط)
پارکینسون	راه رفتن، لرزش، عضلات، فعالیت (حسگرهای پوشیدنی ECG، شتاب سنج)	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)
بیماری های عفونی	پایش دمای بدن (حسگرهای پوشیدنی)	شاخص های التهابی (حسگرهای زیستی کاشتنی)
دیابت	اختلال بینایی، اختلال حسی (پوشیدنی شتاب سنج، ژیوسکوپ)	قندخون، هموگلوبین گلیکولیزه (حسگرهای زیستی کاشتنی)

همان طور که در جدول بالا آورده شد با استفاده از انواع مختلف شبکه های حسگری می توان بیماری های مختلف را کنترل کرد؛ به عنوان مثال بیماری های قلبی، حمله های قلبی و سکنه ها بزرگترین خطر کشنده در جوامع امروزی می باشند؛ بنابراین افزایش و کاهش ضربان قلب می تواند پیش آگهی رخداد بیماری های قلبی باشد که به وسیله حسگرهای پوشیدنی و کاشتنی سیگنال های قلبی فرد را کنترل کرد. با استفاده از حسگرهای متفاوت می توان نشانه های نئوپلاسم های خوش خیم و بدخیم را خیلی سریع تر شناسایی نمود و نسبت به درمان هرگونه نئوپلاسم اقدام نمود؛ برخی از این نئوپلاسم ها توسط سیستم هایی به نام سوزن های پوشیدنی هوشمند شناسایی می شوند. دیابت یک اختلال متابولیکی است که می تواند توسط حسگرهای هوشمند کنترل شود؛ حسگرهای کاشتنی و پوشیدنی بر مقدار تزریق انسولین و مصرف قرص بیماران نظارت دارند. بسیاری از افرادی که جراحی شده اند نیازمند کنترل و پایش مداوم می باشند؛ به همین سبب می توان با استفاده از حسگرهای زیستی علائم فیزیولوژیکی آنان را پایش کرد. همچنین در بیماران عفونی پایش مداوم دمای بدن و شاخص های التهابی از اهمیت ویژه ای برخوردار است که توسط حسگرهایی می توان این علائم را پایش کرد (۱۱).

به منظور توسعه ی حسگرهای بی سیم بدنی در حوزه ی سلامت-درمانی باید موضوعات فراوانی مورد توجه قرار گیرند (۱۰). برخی از این موضوع ها هم چون مکان مناسب حسگرها بر روی بدن برای اندازه گیری سیگنال های فیزیولوژیکی، اطمینان از تماس دایمی حسگرها، کاهش اختلالات سیگنال ناشی از تغییرات فشار، کاهش تاثیر

حرکات و حالت بدن بر روی ثبت سیگنال ها می باشند (۱۱)، نظیر: ثبت سیگنال های ECG، فوتوپلتیسموگرافی برای پایش حجم خون، پاسخ گالوانیزه پوستی و غیره.

• جایگذاری: جایگذاری حسگرها یکی از مسایل کلیدی برای اندازه گیری سیگنال های فیزیولوژیکی می باشد. به سبب آنکه مکانی که یک حسگر قرار می گیرد تأثیر مستقیم بر روی اندازه گیری سیگنال ها خواهد داشت. به عنوان مثال در ثبت سیگنال های قلبی به علت ولتاژ متغیر سطح پوست مکان صحیح قرارگیری الکترودها بسیار مهم است. سیگنال های قلبی ECG تجمعی از امواج مختلفی مانند موج T، R، QRS، P می باشد که ثبت دقیق این امواج نیازمند جایگذاری دقیق الکترودها بر روی بدن فرد است. به عنوان مثال بهترین مکان برای ثبت موج R قراردادن الکترودی بر روی شانه سمت راست و مفصل سمت راست می باشد (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. استفاده کنندگان از حسگرهای مذکور برخی مواقع به علت حالت چسبندگی الکترودها دچار آلرژی و قرمزی پوست بعد از استفاده می شوند. اما برای دستیابی به اندازه گیری های دقیق می باید این حسگرها با بدن در تماس مستقیم باشند، در غیر این صورت اندازه گیری ها کاملاً نامعتبر خواهند بود (۱۰).

• فشار: حسگرهای پزشکی تعبیه شده در برخی سیستم های پوشیدنی مانند کفش، دستکش، لباس ها تحت تأثیر فشار ناشی از

پرسنل مراقبتی، مداخله گر ارسال می دارند (۱۳). با استفاده از اطلاعات جمع آوری شده پزشک از راه دور می تواند تصمیمات درمانی مناسبی را اتخاذ و اعمال نماید. بنابراین سیستم های هوشمند پزشکی نظیر شبکه های حسگر بدنی، تشخیص از راه دور، پروسه ی مراقبت از بیماران مبتلا به بیماری های مزمن و مراقبت از بهبودی افراد بعد از عمل جراحی را تسهیل می کنند. یک شبکه حسگر بدنی از تعداد زیادی گره های حسگر تشکیل شده است؛ این گره ها اطلاعات را از روی بدن (on-body) و یا درون بدن (in-body) جمع آوری می کنند (۱۴). به طور کلی این شبکه ها کنترل علائم حیاتی و سیگنال های حیاتی را برعهده دارند و در انتها بازخوردی آنی برای کمک به شرایط اورژانسی فرد میسر می دارد (۱۵). برخی کاربردهای پایش از راه دور بیماران، پایش بیماران قلبی، بیماران مبتلا به دیابت، نئوپلاسم، آسم و پارکینسون می باشد. کاربرد دیگر شبکه های حسگر بدنی برای بازتوانی بیماران است. هدف اصلی بازتوانی، برگرداندن قدرت انجام فعالیت ها در افراد ناتوان است. بازتوانی یا توان بخشی فرایندی است که در آن به فرد آسیب دیده کمک می شود 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 می کند تا پس از ابتلا به مشکلاتی نظیر سکته، ضایعات نخاعی، جراحی های ارتوپدی سنگین، ضربه مغزی، کم شنوایی، مشکلات تعادل تا حد ممکن بر مشکل خود غلبه کرده و استقلال عملکردی قبلی را بازیابند (۱۶). استفاده از گره های حسگر بی سیم برای ثبت حرکات فرد مبتلا یکی از فناوریهای به روز می باشد. پس خوراند زیستی (biofeedback) یکی دیگر از کاربردهای شبکه های 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 پس خوراند های زیستی برای بیماران (کاربران) فراهم می سازند. به عنوان مثال: آنالیز دمای بدن، ثبت فشارخون، الکترومیوگرام (EMG)، الکتروکاردیوگرام (ECG) و غیره (۱۷).

بنا بر آنچه مطالعه شد انواع شبکه های حسگر بدنی بی سیم در حوزه ی پزشکی بر دو دسته ی اصلی تقسیم می شوند: شبکه های حسگر بی سیم بدنی پوشیدنی (Wearable wireless body area network) که در این نوع از شبکه ها، گره های حسگر با تکنولوژی های پوشیدنی یکپارچه می شوند. هر گره حسگر یک یا چند سیگنال فیزیولوژیکی را حس، نمونه برداری و پردازش می کند. به عنوان مثال یک حسگر

فعالیت های روزانه مانند راه رفتن، نوشتن، حمل کردن اجسام و حرکت کردن قرار می گیرند. برای حسگرهایی که از الکترودهای خاص استفاده می کنند مانند GSR، EMG، فشار در نقطه تماس الکترودها موجب افزایش ارتباط حاصل و ولتاژ اندازه گیری می شود، 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 می شود که این نقطه از بدن همواره تحت فشار ناشی از راه رفتن قرار دارد، و یا ثبت EMG از شانه و کمر فرد انجام می شود که این نقاط از بدن می توانند تحت فشارهای وارد هنگام حمل اجسام باشند. بنابراین برای حل مشکلات ناشی از فشارهای وارد در حسگرهای مزبور، ایده آل ترین راه حل معرفی شده ی توسعه ی حسگرهای نوری است (۱۲).

• حالت فرد: زمانی که حالت بدن فرد تغییر می کند، ثبت سیگنال های فیزیولوژیکی تحت تاثیر قرار می گیرند. مثلاً فشار خون افراد در حالت ایستاده و یا نشسته کاملاً متفاوت می باشد. 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. به طور کلی زمانی که فرد حالت بدنی خود را تغییر می دهد، ظرفیت الکتریکی سنجش سیگنال ها تحت تأثیر قرار می گیرند. برای حل این مشکل می باید محدوده خطای ناچیزی برای اندازه گیری ها لحاظ شود (۱۲).

به منظور توسعه ی شبکه های حسگر بدنی، کاربرد این شبکه ها را به دو حوزه ی کاملاً متمایز از هم تقسیم می کنیم:

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

در کاربردهای پزشکی، با توجه به افزایش هزینه های مراقبتی و سالمندی افراد در جوامع امروزی نیاز به استفاده از شبکه های حسگر بدنی به منظور پایش و پزشکی از راه دور نسبت به گذشته بیشتر احساس می شود. پزشکی از راه دور (Telemedicine) به کاربرد فناوری اطلاعات جهت ارائه داده های مزبور به مراقبت های بهداشتی و انواع خدمات بهداشتی، تشخیص، درمان و آموزش از راه دور اطلاق می گردد (۱۳). پزشکی از راه دور ارائه خدمات مراقبت از بیمار را با استفاده از سیستم های سلامتی، تکنولوژی ارتباطات از راه دور میسر می سازد. بنابراین می توان گفت یکی از سیستم های مراقبتی در حوزه ی پایش از راه دور شبکه های حسگر بدنی است؛ این سیستم ها دارای یک شبکه بی سیم متشکل از حسگرها، اطلاعات مربوط به علائم حیاتی مبتلایان را از خانه و یا هر محیط دیگری به پزشک،

ثبت فعالیت الکتریکی ضربان قلب می تواند 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 می شوند (۱۸). این شبکه های حسگر بدنی پوشیدنی شامل اجزایی نظیر حسگرها، پارچه های هوشمند، ارتباطات بی سیم، واحدهای پردازنده، نرم افزارها، الگوریتم هایی برای استخراج داده های تفسیر شده هستند. اطلاعات جمع آوری شده از گره ها از طریق کانال های ارتباطی برای سرور پزشکی (سیستم های کمک یار پزشکی)، سرور شخصی (سیستم های مربوط به افراد) ارسال می گردند (۱۹). دسترسی به یک سرور پزشکی از طریق زیرساخت های ارتباطی متفاوتی همچون اینترنت میسر می گردد. به طور معمول، سرور پزشکی سرویسی را برای برقرارکردن یک کانال ارتباطی از سرور شخصی به کاربران، جمع آوری گزارش ها از کاربر و گنجاندن داده ها اجرا می کند. نوع دوم انواع شبکه ها، شبکه های حسگر کاشتنی (Implantable wireless body area network) می باشند که این قبیل شبکه ها برای اندازه گیری پارامترهای سلامت، برخی حسگرهای زیستی داخل بدن فرد کاشته می شوند. حسگرهای زیستی کاشته شده 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 (۲۰ و ۲۱). حسگرهای تشخیص سیگنال الکتریکی در مغز، حسگرهایی برای نظارت بر تجزیه و تحلیل بیولوژیکی در مغز و سیستم های کاشته شده برای پیگیری تأثیر درمان داروها بر محل موردنظر استفاده می شوند (۱۱). این نوع از شبکه ها دارای مزایایی نسبت به نوع پوشیدنی هستند. این شبکه های بدنی تحرک بیماران را محدود نمی سازند؛ موجب ایجاد آلرژی و یا حساسیت پوستی برای کاربران به دلیل تداوم در به کارگیری نمی شوند (۱۱). از کاربردهای مهم شبکه های کاشتنی در حوزه ی درمان استفاده از آنها برای بهبود بینایی افراد نابینا از طریق کاشت شبکه مصنوعی، گلوکومتری، حلزون گوش مصنوعی می باشد (۲۲ و ۲۳).

در انتهای پژوهش می توان به محدودیت ها و چالش های به کارگیری و توسعه ی شبکه های حسگر بدنی پرداخت؛ افزایش تجهیزات بی سیم و کوچک سازی حسگرها امکان پایش سلامت را اثبات کرده اند. با این حال باید چالش های بسیاری به منظور توسعه ی شبکه های حسگر بررسی شوند (۲۲). برخی نیازمندی ها جهت تأمین رضایت بیماران و کاربران در ارتباط با امنیت، قابلیت اطمینان، حفظ

حریم خصوصی و سادگی اشاره دارد. از ویژگی های کلیدی شبکه های حسگر بدنی می توان به پهنای باند، انرژی مصرفی، توان پردازشی، حافظه، زمان پاسخگویی، مقیاس پذیری و انعطاف پذیری، پیکربندی واضح و آشکار اشاره کرد (۲۳ و ۲۲). پیشرفت در حوزه ی زیست شناسی، شیمی، مکانیک توسعه و پیدایش حسگرهای پیشرفته را موجب شده اند. طراحی حسگرهای کوچک برای شبکه های حسگر بدنی یکی از اهداف مهم در این زمینه می باشد. ظهور حسگرهای بسیار ریز و سبک کار را برای کاشته شدن در داخل بدن انسان آسان تر ساخته اما برخی مواقع برخی حساسیت های بد برای افراد برجای می گذارند (۲۴). یکی از نیازمندی های شایان توجه در توسعه شبکه های حسگر بدنی اطمینان کاربران به پاسخ های دریافت شده از شبکه هاست؛ با توجه به اینکه شبکه ها علائم حیاتی بدن را ثبت می کنند و تصمیم گیری براساس این اطلاعات انجام می شود 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 می گذارد و در بدترین حالت، ممکن است به دلیل عدم تشخیص رخدادی که زندگی بیمار را تهدید می کند، باعث مرگ وی شود. محققان روش های متعددی برای بهبود قابلیت اطمینان مطرح کرده اند (۲۵ و ۲۶). مدیریت مصرف انرژی نیز یکی از نیازمندی های 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 می رود و انتقال اطلاعات با مشکل مواجه می شود بنابراین کاهش سطح مصرف انرژی هر حسگر از چالش های طراحی شبکه های بدنی بی سیم است (۲۷). قابلیت اجتماع و گردهم آیی شبکه های حسگر بدنی با سیستم های درمانی و گرفتن بازخورد مناسب از آنها از چالش های دیگر می باشد. داشتن تعامل مناسب و آنی بین سیستم های مراقبت و شبکه های حسگر بدنی موجب می شود تا تصمیم های درمانی به موقع بدون هیچ فوت وقت صورت پذیرند (۲۸ و ۲۹).

بحث

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

دارد و به بهبود در امر کیفیت زندگی و آسایش خاطر بیماران منجر می شود. این تکنولوژی ها روز به روز در حال پیشرفت است و هدفش کمک به بیماران و پزشکان و تیم درمان است. به طور کلی شبکه های حسگر بدنی می تواند از دو نوع مختلف باشد؛ نوع اول حسگرهای بدنی پوشیدنی و نوع دوم حسگرهای بدنی کاشتنی. توسعه و به کارگیری هر کدام از انواع مختلف، چالش ها و محدودیت هایی دارد؛ چالش هایی چون: مدیریت مصرف انرژی، قابلیت اطمینان، حفظ حریم خصوصی، انتخاب پروتکل های ارتباطی مناسب و طراحی شبکه های بدنی و ...

در این مقاله به معرفی کاربردهای پزشکی، معماری عمومی، چالش های توسعه و طراحی شبکه های حسگر بدنی پرداخته شد. با توجه به آنچه گفته شد می توان اذعان داشت که کاربرد شبکه های بدنی در حوزه ی سلامت دارای چالش های فراوانی بوده است اما در مقابل، سودمندی های غیر قابل انکاری برای کاربران داشته است. بنابراین در کارهای آینده می توان 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 می باشد 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.

فشارخون، آسم، آلزایمر، پارکینسون مواجه هستند. در نتیجه برای کنترل و نظارت بر بیماران مذکور می توان از شبکه های حسگری بی سیم بهره گرفت. این حسگرها دمای بدن، الکتروانسفالوگرام، ضربان قلب، درصد اشباع اکسیژن و فعالیت ماهیچه ای را ثبت کرده و از رخداد مرگ جلوگیری می کنند. از دلایل اهمیت این شبکه ها می توان به مواردی از قبیل: کشف زودهنگام علایم بدتر شدن شرایط سلامت و آگاه کردن ارایه کنندگان خدمات سلامت برای حضور در وضعیت های بحرانی و پیدا کردن ارتباط بین سلامت و سبک زندگی و مهیا ساختن مراقبت بهداشتی برای مکان های دوردست و کشورهای در حال توسعه و تغییر در شیوه ی مراقبت بهداشتی توسط فراهم سازی 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 موضوع ها هم چون مکان مناسب حسگرها بر روی بدن برای اندازه گیری سیگنال های فیزیولوژیکی، اطمینان از تماس دائمی حسگرها، کاهش اختلالات سیگنال ناشی از تغییرات فشار، کاهش تأثیر حرکات و حالت بدن بر روی ثبت سیگنال ها می باشند. همچنین معماری عمومی شبکه های حسگر بدنی سه سطح دارد؛ هر سطح وظایف ویژه ای دارد که در نهایت به منظور ارسال اطلاعات به ایستگاه پایه (مرکز مراقبت - درمان) انجام وظیفه می کنند.

نتیجه گیری

استفاده از شبکه های حسگر بدنی تأثیر شگرفی در امر سلامت

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/c5e0c731c5e3ce185d2edc7ceca3028201dd.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.

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.

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, Safaei AA & Haghjoo M. Memo, a new approach to mobile data management. Available at: <http://ieeexplore.ieee.org/document/1684368/>. 2006.

The Usages of Body Sensor Networks: A Literature Review

Rezayi Sorayya¹ (M.S.) - Safaei Ali Asghar² (Ph.D.) - Mohammadzadeh Nilofar³ (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