Investigation of real-time locating systems technologies in the healthcare field: A review study

Leila Gholamhosseini[1,2], Farahnaz Sadoughi[3], Aliasghar Safaei[4]

Abstract

Introduction: The advanced technologies in hospitals promises the entry into a novel era. Real-time locating systems are one of such technologies which could enable the tracking of patients, physicians, nurses and valuable equipment. The purpose of this study is to presenting the technologies used in real-time locating systems in healthcare field.

Methods: This study was a review-descriptive type and the research population was included documents related to the healthcare real-time location system. The search of databases (IEEE Xplore, Elsevier, Springer, Wiley online library, Science Direct, Emerald, PubMed, DOAJ, Web of Science, Taylor) and google scholar search engine between 2005 and 2018 was performed. 652 sources were retrieved, and then 19 sources were studied. For this purpose, the initial draft of data gathering form was designed in Excel software and the validity of the final form was confirmed after receiving the experts' comments and making necessary corrections. Then, the selected resources based on the objectives of the study were entered into the data gathering form and narrative synthesis was performed.

Results: At present, different technologies are employed in real-time locating systems which could reduce costs and increase speed in the process of presenting healthcare services. These systems rely on radio communications and their positive dimensions include precise exchange of data and control of processes. Tracking patients and physicians as well as moving equipment in emergency cases, having access to information, satisfying the patients and staff, and reducing medical errors are among other fundamental applications of such system.

Discussion: According to the findings, the importance of using real-time location systems in healthcare field is very impressive and its performance is reliable. Thus, the necessity of using modern technologies in order to improve these systems is highly required.

Keywords: Real-Time Location System (RTLS), Healthcare system, Tracking, Positioning, Navigation.

● **Received:** 13/Oct/2018 ● **Modified:** 02/Feb/2019 ● **Accepted:** 12/March/2019

DOI:

1. PhD candidate in Health Information Management, Department of Health Information Management, School of Health Management and Information Sciences, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran (gholamhosseini.l@tak.iums.ac.ir)
2. Instructor, AJA University of Medical Sciences, Faculty of Paramedical Sciences, Department of Health Information Technology, Tehran, Iran
3 Professor, Department of Health Information Management, School of Health Management and Information Sciences, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran (Sadoughi.f@iums.ac.ir)
4. Assistant professor, Department of Biomedical Informatics, Faculty of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran(aa.safaei@modares.ac.ir)

بررسی فن‌آوری‌های سیستم مکان‌یابی بلادرنگ در حوزه مراقبت سلامت :یک مطالعه مروری

لیلا غلامحسینی[۱و۲]، فرحناز صدوقی[۳*]، علی اصغر صفایی[۴]

چکیده

مقدمه: فن‌آوری‌های پیشرفته بیمارستانی نویدبخش ورود به عصری نوین هستند. سیستم مکان‌یابی بلادرنگ یکی از این فن‌آوری‌ها است که به رهگیری بیماران، پزشکان، پرستاران و تجهیزات بیمارستانی می‌پردازد. هدف از مطالعه حاضر، معرفی فن‌آوری‌های کاربردی سیستم‌های مکان یابی بلادرنگ در حوزه سلامت است.

روش‌ها: مطالعه حاضر از نوع مروری-توصیفی و جامعه پژوهش شامل مستندات مرتبط با سیستم مکان‌یابی بلادرنگ حوزه مراقبت سلامت بود. جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی IEEE Xplore, Elsevier, Springer, Wiley online library, Science Direct, Emerald, PubMed, DOAJ, Web of Science, Taylor و موتور جستجوگر Google Scholar بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۸ انجام شد. از میان ٦٥٢ منبع بازیابی شده، تنها ۱۹منبع مورد بررسی قرار گرفت. به همین منظور، پیش‌نویس اولیه فرم گردآوری داده در نرم‌افزار اکسل طراحی شد و پس از دریافت نظرات متخصصان و انجام اصلاحات لازم، روایی فرم نهایی تائید شد. سپس، منابع منتخب براساس اهداف مطالعه در فرم گردآوری داده وارد شده و تحلیل روایتی انجام شد.

یافته‌ها: فن‌آوری‌های گوناگونی در سیستم‌های مکان‌یابی به کار رفته که موجب کاهش هزینه و افزایش سرعت فرآیند ارائه خدمات درمانی می‌شوند. این سیستم‌ها بر ارتباطات رادیویی تکیه دارند که تبادل دقیق داده‌ها و کنترل فرآیندها از وجوه مثبت آنها می‌باشد. ردیابی بیماران، پزشکان و مکان‌یابی تجهیزات متحرک در شرایط اورژانس، دسترسی به اطلاعات، رضایت‌مندی بیماران و کارکنان و کاهش خطاهای پزشکی از کاربردهای اساسی این سیستم به‌شمار می‌آید.

نتیجه‌گیری: براساس یافته‌ها، اهمیت استفاده از سیستم مکان‌یابی بلادرنگ در حوزه مراقبت سلامت بسیار چشمگیر بوده و بازدهی آن قابل استناد است؛ بنابراین، لزوم به‌کارگیری فن‌آوری‌های نوین در راستای ارتقای این سیستم‌ها ضروری بنظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: سیستم مکان‌یابی بلادرنگ، سیستم مراقبت سلامت، ردیابی، موقعیت‌یابی، ناوبری.

• وصول مقاله: ۹۷/۰۷/۲۱ اصلاح نهایی: ۹۷/۱۱/۱۳ پذیرش نهایی: ۹۷/۱۲/۲۱

DOI:

۱. دانشجوی دکترای تخصصی مدیریت اطلاعات سلامت، دانشکده مدیریت و اطلاع رسانی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران (gholamhosseini.l@tak.iums.ac.ir)

۲. مربی گروه فناوری اطلاعات سلامت، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ارتش (آجا)، تهران، ایران

۳. استاد گروه مدیریت اطلاعات سلامت، دانشکده مدیریت و اطلاع رسانی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران؛ نویسنده مسئول (sadoughi.f@iums.ac.ir)

۴. استادیار گروه انفورماتیک پزشکی، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران (aa.safaei@modares.ac.ir)

مقدمه

توسعه فن‌آوری‌ها و سیستم‌های اطلاعاتی نوظهور، ابعاد متفاوت زندگی را تحت تاثیر قرار داده و حوزه مراقبت سلامت نیز از این امر مستثنی نبوده است. [۱] این روزها، یکی از مشکلات اساسی در مراکز مراقبت سلامت افزایش شمار مصدومان نیازمند به مراقبت اورژانسی در هنگام بروز بحران - است. در چنین شرایطی، بیمارستان‌ها و مراکز مراقبت بهداشتی با محدودیت‌هایی نظیر کمبود منابع و تجهیزات بیمارستانی و همچنین، کمبود کارکنان کلینیکی و پاراکلینیکی روبرو هستند. [۲] علاوه بر آن، به دلیل نبودن ابزار نظارتی مناسب برای پایش، مکان‌یابی تجهیزات پزشکی و رهگیری بی‌وقفه کارکنان درمانی و بیماران، هر روزه فرصت‌های بیشماری در زمینه افزایش پذیرش بیماران و کاهش هزینه‌های درمانی از دست می‌روند. [۳]

بر اساس مطالعات پیشین، بیش از یک سوم پرستاران در هر نوبت کاری حداقل یک ساعت را صرف جستجو برای یافتن تجهیزات پزشکی می‌کنند و به طور متوسط در هر سال ۳۲ تا ۳۸ درصد از این تجهیزات مفقود شده و یا به سرقت می‌روند. [۴] در مطالعه‌ای با هدف مقایسه کارایی سیستم‌های ردیابی الکترونیک در برابر سیستم‌های سنتی برای ردیابی مصدومان در هنگام بروز بحران مشخص شد که سیستم‌های مکان‌یابی بی‌سیم به طور معناداری، از سیستم‌های ردیابی سنتی بهتر عمل می‌کنند. [۵]

در حال حاضر، اکثر سیستم‌های مورد استفاده برای مکان‌یابی بیماران مبتنی بر سیستم‌های ردیابی سنتی هستند که در زمان بروز بحران با محدودیت‌های گوناگونی مواجه هستند. برای مثال، در فن‌آوری شناسایی با امواج رادیویی (Radio-Frequency Identification (RFID)) می‌توان به ضعیف بودن امواج و نگرانی از تداخل امواج RFID با سایر امواج بی‌سیم و امواج الکترومغناطیس تجهیزات پزشکی و تاثیرات منفی آن بر سلامت افراد و نگرانی از امنیت اطلاعات اشاره نمود. [۶]

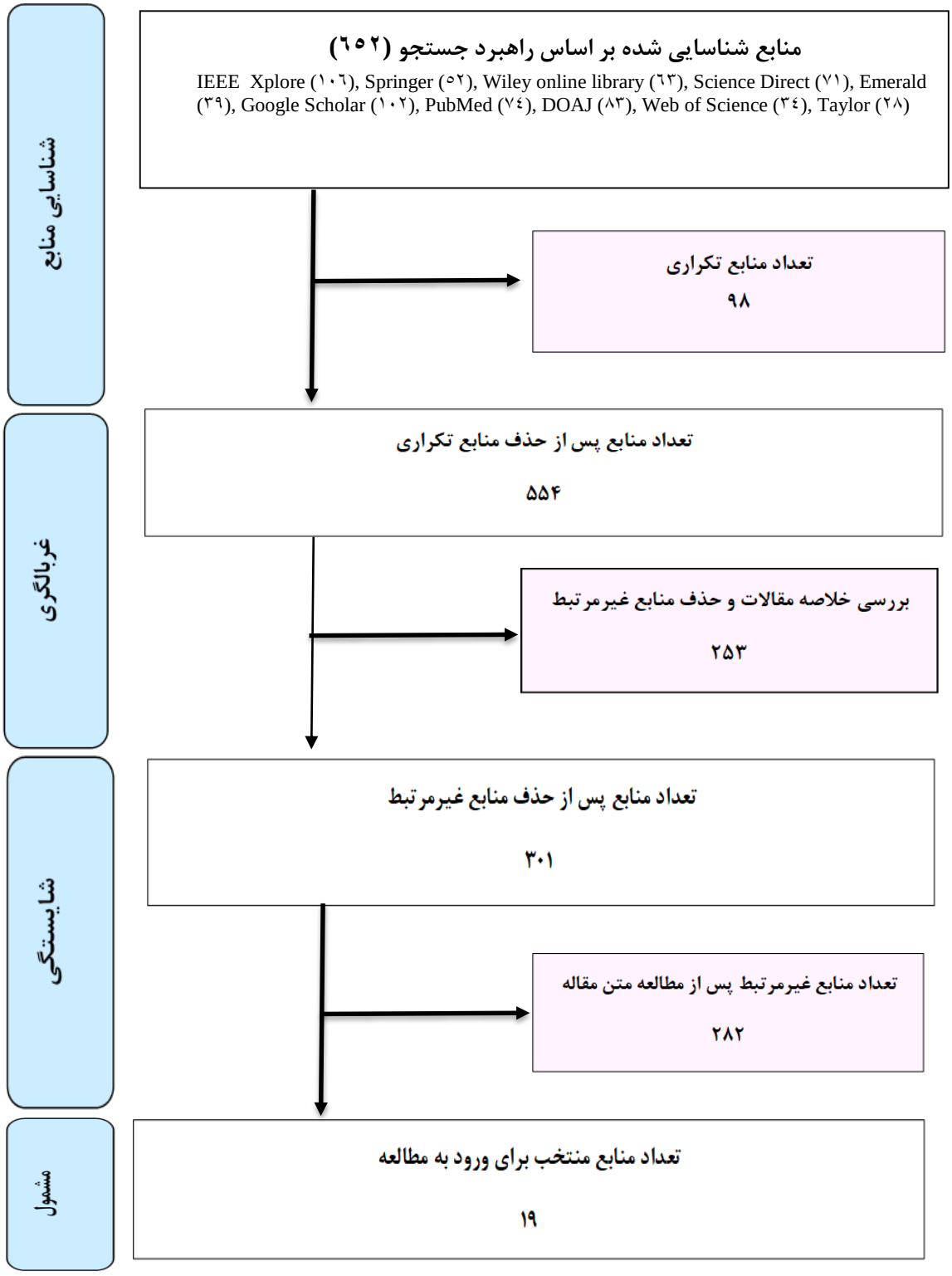
لازم به ذکر است که طی سال‌های اخیر کاربرد و اهمیت سیستم‌های ردیابی و رهگیری موجودیت‌ها در محیط‌های درمانی به سرعت گسترش یافته [۷] و هوشمندسازی مراکز مراقبت سلامت منجر به ارتقای کیفی مراقبت و افزایش رضایت‌مندی بیماران شده است. [۸] بنابراین، با پیاده‌سازی سیستم مکان‌یابی بلادرنگ Real-Time Location System (RTLS)) در حوزه مراقبت سلامت، می‌توان در هنگام بروز یک وضعیت اورژانسی، پزشکان و کارکنان درمانی و تجهیزات ارزشمند بیمارستانی را به سرعت مکان‌یابی و ردیابی نمود. همچنین، این سیستم می‌تواند برای ردیابی و اطمینان از ایمنی بیماران، به خصوص برای پایش موقعیت نوزادان، کودکان، بیماران مبتلا به زوال عقل و آلزایمر مورد استفاده قرار گیرد. [۹]

ایجاد و توسعه شبکه وای-فای (Wi-fi) مبتنی بر استاندارد IEEE802.11و همچنین، به‌کارگیری روش‌های نوین فن‌آوری شناسایی با کمک امواج رادیویی فعال (Active RFID)، به عنوان یک نقطه عطف در سیستم مکان‌یابی بلادرنگ به شمار می‌آید. برخی از نمونه‌های بارز شرکت‌های فعال در این حوزه عبارت از ایکاهایو (Ekahau)، آئرواسکات(AeroScout)، پانگو(PanGo)، رادیانس (Radianse)، ورنت(WherNet)، کد فرکانس رادیویی(RF code) می‌باشد. [۷]

با توجه به مطالعات پیشین، اکثر سیستم‌های مکان‌یابی با بهره-گیری از فن‌آوری‌هایی همچون وای-فای، RFID و بلوتوث (Bluetooth) ارائه شده‌اند، و این درحالی است که فن‌آوری‌های نوینی مانند اینترنت اشیا (Internet of Things (IoT))و رایانش ابری (Cloud computing) از پتانسیل بالایی برای رفع محدودیت‌های فیزیکی سیستم‌های ایستا برخوردار هستند و می‌توانند کانال‌های ارتباطی را تقویت و کیفیت مراقبت را بهبود بخشند. [۸-۶] بر این اساس، هدف از مطالعه حاضر معرفی فن‌آوری‌های کاربردی سیستم مکان‌یابی بلادرنگ در حوزه مراقبت سلامت است.

روش‌ها

پژوهش حاضر یک مطالعه مروری است که به روش توصیفی در سال ۱۳۹۷ انجام شده است. در مطالعه حاضر، مقالات و گزارش‌های رسمی منتشر شده بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۸ میلادی به منظور شناسایی فن‌آوری‌های کاربردی سیستم‌های مکان‌یابی بلادرنگ حوزه مراقبت سلامت در کشورهای مختلف جهان مورد بررسی قرار گرفت. برای استخراج داده‌ها از روش جستجو در منابع اینترنتی استفاده شد و جمع‌آوری داده با استفاده از فرم گردآوری داده و براساس معیارهای ورود به مطالعه صورت پذیرفت. داده‌های مربوط به این مرحله، از طریق جستجوی گسترده در پایگاه‌های اطلاعاتی IEEE Xplore, Elsevier, Springer, Wiley online library, Science Direct, Emerald PubMed, DOAJ, Web of Science, Taylor و موتور جستجوی Google Scholar و با ترکیبی از کلید واژه‌های سیستم مکان‌یابی بلادرنگ، سیستم مراقبت سلامت (Healthcare system)، ردیابی (Tracking)، موقعیت‌یابی (Positioning) و ناوبری (Navigation) مطابق با راهبرد جستجو مورد شناسایی و بازیابی قرار گرفت. برای این منظور با استفاده از عملگرهای بولین AND، OR و ترکیب کلید واژه‌ها، رشته‌های جستجو ایجاد و در پایگاه‌های اطلاعاتی مرتبط به صورت جداگانه بارگذاری شد. سپس، تمامی مقالات مرتبط با حوزه مورد مطالعه استخراج شد. جستجوی اولیه بر اساس عناوین مقالات صورت گرفت و از امکانات پایگاه‌های داده برای محدود کردن نتایج جستجو استفاده شد. معیار ورود به مطالعه، مقالات تمام متنی بود که به بررسی هدف پژوهش حاضر در بازه زمانی سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۸ پرداخته بودند. بر این اساس، تمامی منابعی که زمان انتشار آن‌ها خارج از بازه زمانی تعریف شده بود یا زبان انتشار آن‌ها غیرانگلیسی بود و قالب تمام متن آنها در دسترس نبود، از مطالعه خارج شد. سپس، منابع انتخاب شده با توجه به اهداف مطالعه و داده‌های مربوط به ویژگی‌ها در فرم گردآوری داده وارد شد. اجزای اصلی این فرم شامل نام کشور، انواع فن‌آوری‌های به‌کاررفته، فرکانس رادیویی، روش پیاده‌سازی (اجرا)، کاربرد و مکان اجرای سیستم بود. روایی فرم نهایی پس از دریافت نظرات متخصصان و انجام اصلاحات لازم تائید شد. تحلیل داده‌ها در این مرحله به شیوه تحلیل روایتی انجام شد. در فرآیند گردآوری داده‌های پژوهش، تعداد ۶۵۲ منبع در بازه زمانی مورد نظر توسط پژوهشگران مورد مطالعه قرار گرفت و عناصر مرتبط با اهداف پژوهش از منابع استخراج و یادداشت شد. پس از حذف ۹۸ منبع تکراری و غیرمرتبط، تعداد ۵۵۴ منبع باقی‌مانده بررسی و موارد مرتبط با سیستم مکان‌یابی بلادرنگ در حوزه مراقبت سلامت وارد فرم گردآوری داده شد. در ابتدا، با توجه به استراتژی جستجو منابع بازیابی شده از نظر ارتباط عنوان یا چکیده مقالات با هدف پژوهش بررسی و تعداد ۲۵۳ منبع غیرمرتبط حذف شد. در گام بعدی، تمامی ۳۰۱ منبع باقی مانده از نظر دسترسی به متن کامل مقاله مورد بررسی قرار گرفت و تعداد ۲۸۲ منبع که متن آنها با هدف مطالعه ارتباطی نداشت، از مطالعه حذف و تنها منابعی انتخاب شد که مطابق با معیارهای ورود به مطالعه و درراستای اهداف پژوهش بوده و امکان دسترسی به متن کامل آنها وجود داشت. در نهایت، تعداد ۱۹ منبع برای ورود به مطالعه انتخاب شد و مورد بررسی قرار گرفت. (نمودار ۱) درنهایت، پس از بررسی و تحلیل منابع منتخب برای مطالعه، نتایج در محورهای گوناگون مرتبط با سیستم مکان‌یابی بلادرنگ توصیف و بازآرایی شد و یافته‌های حاصل از مطالعه در قالب (جدول ۱) ارائه شد.



نمودار ۱. دیاگرام پریسما برای فرآیند گردآوری داده‌های پژوهش

یافته ها

در این بخش، نمونه‌هایی از به‌کارگیری سیستم مکان‌یابی بلادرنگ براساس فن‌آوری‌های کاربردی گوناگون در کشورهای کره‌جنوبی، لوکزامبورگ، هلند، انگلستان، آمریکا، استرالیا، بلژیک، مکزیک، آلمان، ایتالیا، کانادا، ژاپن و روسیه مورد بررسی قرار گرفت.

اولین سیستم مکان‌یابی بلادرنگ مبتنی بر زیرساخت شبکه دسترسی محلی بی‌سیم (Wireless Local Area Network ((WLAN)در اواخر سال ۱۹۹۰ به بازار آمد. سپس، همراه با پیشرفت استاندارد IEEE 802.11 ارائه‌دهندگان و رقبای جدیدی پدیدار شدند. گروه اول، بطور عمده از طیف فرکانسی بدون مجوز به منظور ایجاد واسط هوایی و ارتباط برچسب با قرائت‌گر استفاده کردند. پس از آن، گروه‌های جدیدی سیستم های خود را بر اساس این استاندارد و به منظور ارتباط برچسب با نقاط دسترسی((Access Points (APs) ایجاد نمودند. برچسب‌های مبتنی بر IEEE 802.11 می‌توانستند به صورت مستقیم با AP ارتباط برقرار نمایند و این درصورتی بود که سایر برچسب‌ها برای برقراری ارتباط به سخت‌افزارهایی مانند قرائت‌گر نیاز داشتند. مزیت عمده این سیستم‌ها، مقرون به صرفه بودن سیستم‌های مبتنی بر IEEE 802.11 نسبت به سیستم‌های قدیمی بود. [۱۰]

پایگاه داده IDTechEx یکی از کاربردی‌ترین منابع برخط و قابل جستجو در حوزه پیاده‌سازی سیستم‌های مکان‌یابی بلادرنگ با استفاده از فن‌آوری RFID است که تا کنون بالغ بر ۳۰۰۰ مورد مطالعه موردی در این زمینه ارائه داده است. [۱۱] با توجه به یافته‌های مطالعات موردی این پایگاه در زمینه انتخاب سناریو و راهکار مناسب، نمونه‌های کاربردی از فن‌آوری RFID مبتنی بر شبکه‌های بی‌سیم برای راه‌اندازی سیستم مکان‌یابی بلادرنگ در دسترس قرار دارند. بسیاری از کشورها، با توجه به محیط و نیاز خویش از راهکارهای شرکت آئرواسکات یا ایکاهایو استفاده نمودند که در این بخش مورد بررسی و مقایسه قرار گرفتند. [۱۲] یکی از سیستم‌های برجسته و مطرح در زمینه سیستم مکان‌یابی بلادرنگ، راهکار شرکت آئرواسکات است. راهکارهای متنوع این شرکت در محیط‌های گوناگون قابل ارائه بوده و به تعیین موقعیت مکانی موجودیت‌ها می‌پردازند. آئرواسکات از استاندارد شبکه وای-فای و یک معماری مبتنی بر شبکه بی‌سیم برای مکان‌یابی استفاده می‌کند تا نیاز کاربران را برآورده نماید. هدف این سیستم، ردیابی اشیا، افراد و تجهیزات، مشاهده مسیر حرکت و گردش کاری کارکنان و مدیریت منابع یا تجهیزات است. روش‌های مکان یابی مبتنی بر وای-فای نیز از زیرساخت شبکه WLAN برای مکان‌یابی هر نوع ایستگاه مبتنی بر استاندارد IEEE802.11g/b، رایانه‌های قابل‌حمل، PDAها و برچسب های آئرواسکات استفاده می‌کنند.

این برچسب‌ها با توجه به نوع محیط و کاربرد، از الگوریتم‌های تفاضل زمان ورود (Time Difference of Arrival ((TDOA) و قدرت سیگنال دریافتی (Received Signal Strength Indicator (RSSI)) استفاده می‌کنند. لازم به‌ذکر است که روش TDOA برای محیط‌های درون‌سازمانی باز و بزرگ مانند بیمارستان و همچنین، برای محیط‌های برون-سازمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. روش RSSI نیز، برای محیط‌های درون‌سازمانی به‌کارگرفته می‌شود. [۱۲]

شرکت ایکاهایو دارای ده سال تجربه در زمینه ارائه سیستم‌های مکان‌یابی بلادرنگ مبتنی بر RFID بوده و به پایش موقعیت اشیا، افراد و تجهیزات می‌پردازد. محصولات این شرکت، از APهای مبتنی بر استاندارد IEEE802.11 استفاده نموده و نیازی به تامین زیرساخت شبکه سخت‌افزاری و تجهیزات خاص ندارند. سناریوی این شرکت، یک سیستم مکان‌یابی بلادرنگ بر پایه نرم‌افزار بوده که مجهز به برچسب‌های وای-فای، رایانه‌های قابل‌حمل و PDAهای متصل به وای-فای است. راه اندازی این سیستم با داشتن سه یا چند نقطه دسترسی (که دارای هم‌پوشانی هستند) در داخل سازمان با دقت ردیابی تا یک متر قابل‌اجرا است. در این سیستم، از فن‌آوری WLAN استفاده شده و تعیین موقعیت به روش انگشت‌نگاری (Fingerprinting) صورت گرفته است. سناریوی این شرکت شامل دو مرحله کالیبراسیون (Calibration) و مکان‌یابی است. در مرحله کالیبراسیون، برچسب‌ها در فاصله معینی از AP

قرار داده شده و RSSI ناشی از ارسال سیگنال توسط برچسب‌ها جمع‌آوری شده و برای سرور ارسال می‌شود. با استفاده از اطلاعات مرحله کالیبراسیون و مقادیر اندازه‌گیری شده و با بهره گیری از روش‌های پیشرفته ریاضی مبتنی بر احتمالات و روش های تشخیص الگو، موقعیت کاربر نسبت به نقطه مبنا تعیین می شود. [۱۲] پژوهش‌های پیشین نشان داده‌اند که روش RSSI در محیط درون‌سازمانی عملکرد بهتری داشته و روش TDOA در محیط برون‌سازمانی موفق بوده است. [۷]

در این بخش، یافته‌های حاصل از مطالعه انواع فن‌آوری‌های مورد استفاده در سیستم‌های مکان‌یابی بلادرنگ در حوزه مراقبت سلامت در کشورهای مورد مطالعه بر اساس پنج هدف کاربردی با عناوین ردیابی و موقعیت‌یابی افراد (بیماران، کارکنان کلینیکی و پاراکلینیکی)، مکان‌یابی تجهیزات ارزشمند پزشکی، ردیابی و مدیریت هوشمند داروها، ردیابی فرآیند انتقال خون، مکان‌یابی نوزادان، ناوبری سالمندان و بیماران مبتلا به آلزایمر طبقه‌بندی شده‌اند.

سیستم‌های مکان‌یابی بلادرنگ راهکاری مفید برای مکان‌یابی و افزایش امنیت بیماران بر پایه فن‌آوری RFID ارائه نموده‌اند. این سیستم‌ها با به‌کارگیری فن‌آوری‌های پیشرفته، نه تنها به مکان‌یابی سریع و دقیق بیماران کمک می‌کنند، بلکه سرعت دستیابی به خدمات درمانی را برای آنها افزایش می‌دهند. استفاده از برچسب‌های مکان‌یابی بلادرنگ بیمار با قابلیت تشخیص حرکت، ضریب امنیتی بالایی برای بیماران فراهم می‌آورد. سیستم مکان‌یابی بلادرنگ می‌تواند مراقبت از بیمار را با بهینه‌سازی مسیر حرکت، جلوگیری از خطاهای پزشکی و تسریع فرآیند ارائه خدمات درمانی افزایش دهد. [۱۳] استفاده از سیستم‌های مکان‌یابی بلادرنگ برای ردیابی بیماران می‌تواند در بهینه‌سازی زمان ارائه خدمات مراقبتی موثر باشد زیرا، پرستاران و سایر کارکنان درمانی بیشترین وقت خویش را برای جستجوی بیماران صرف می‌کنند. همچنین، این سیستم می‌تواند روند پیگیری درمان و درخواست اطلاعات پزشکی بیمار را تسهیل نماید. [۱۴] درخصوص ردیابی و موقعیت‌یابی افراد (بیماران، کارکنان کلینیکی و پاراکلینیکی) مطالعات فراوانی انجام شده است. در ادامه، به برخی از نمونه‌های کاربردی این حوزه اشاره شده است.

بیمارستان سنت لویئس (St.Louis) در لوکزامبورگ، از برچسب‌های معمولی RFID فعال مبتنی بر وای-فای مدل آئرواسکات که به یک کلید فشاری مجهز بودند، برای مکان‌یابی بیماران و کارکنان درمانی استفاده کرد. سیستم هشدار مربوط به بیماران نیز به سیستم تماس کارکنان و سیستم ثبت دارویی متصل می‌شد. استفاده از تجهیزاتی مانند صندلی چرخ‌دار و پمپ‌های انتقال خون که به برچسب‌های RFID مبتنی بر وای-فای مجهز بودند، کاهش هزینه و زمان را به دنبال داشتند. در لایه کاربرد نیز، از نرم‌افزارهای تلفن همراه استفاده می‌شد که در واقع یک واسط مبتنی بر شبکه بود. [۱۵] بیمارستان کاراواجیو (Caravaggio) در کشور ایتالیا نیز، سیستم RFID را به منظور ردیابی بیماران پذیرش شده در بخش اورژانس راه‌اندازی کرد که این سیستم توسط شرکت سافت‌ورک (Softwork) ارائه شد. بیماران در هنگام پذیرش، یک برچسب فعال RFID دریافت می‌کردند که این برچسب دارای یک شماره RFID متصل به پایگاه داده بیمارستان و دربرگیرنده اطلاعات بیمار بود. [۱۶]

به منظور ردیابی بیماران در بیمارستان کانگ‌نام (KangNam St. Mary's hospital) کره‌جنوبی، از تجمیع سامانه‌های RFID و شبکه مخابراتی WLAN استفاده شد. به این ترتیب که در زمان پذیرش یک برچسب T2 مدل آئرواسکات به بیماران اختصاص داده می‌شد. این برچسب دارای امکاناتی مانند کلیدهای فشاری و سنسورهای حرکتی بود که از طریق استاندارد شبکه وای-فای مستقیما با APهای مدل سیسکو ارتباط برقرار می‌کرد. این APها همانند قرائت‌گرهای RFID، سیگنال‌ها را دریافت و موقعیت مکانی کارکنان را با استفاده از برچسب‌ها و محرک‌های آئرواسکات ردیابی می‌کردند. برای مدیریت اطلاعات نیز، از یک برنامه کاربردی مبتنی بر شبکه به نام نرم‌افزار نمای تلفن همراه آئرواسکات (AeroScout MobileView) استفاده شد که اطلاعات مکانی بیماران را دریافت می‌کرد. از طریق این نرم‌افزار، کارکنان بیمارستان

می‌توانستند مسیر حرکت بیماران را به صورت بلادرنگ بر روی نقشه مشاهده نموده و آنها را پیگیری نمایند. [۱۷]

در همین راستا، کشور آمریکا مطالعات بسیاری در زمینه سیستم‌های مکان‌یابی بلادرنگ، با هدف بررسی نوع سیستم، قابلیت نرم‌افزاری و فن‌آوری‌های گوناگون برای ردیابی بیماران و کارکنان انجام داد. در ابتدا، مرکز پزشکی سنت وینسنت (St Vincent's health center) یک پروژه مقدماتی در زمینه سیستم مکان‌یابی بلادرنگ مبتنی بر RFID برای بیماران قلبی راه‌اندازی کرد و برچسب RFID را به نمودار علایم حیاتی بیماران متصل نمود. این سیستم با فرکانس ۴۳۳/۹ مگاهرتز در هر ثانیه اطلاعات برچسب را می‌خواند و با استفاده از قرائت‌گر RFID که به‌صورت سیمی به شبکه اترنت بیمارستان متصل بود، اطلاعات مکانی بیمار را به پایگاه داده SQL ارسال می‌نمود. [۱۸] در بیمارستان اوک‌وود میشیگان (Michigan Oakwood Hospital)نیز، از سناریوی آژواسکات جهت تعیین موقعیت مکانی بیماران و بهبود عملکرد گردش کاری کارکنان کلینیکی و پاراکلینیکی استفاده شد. این سیستم، در ابتدا به صورت آزمایشی برای مکان‌یابی ۶۴ بیمار در ۱۴ بخش بیمارستان طراحی شد. در این سیستم از ۶۰۱ برچسب فعال استفاده شد که این برچسب‌ها اطلاعات خود را به زیرساخت شبکه وای-فای ارسال می‌کردند و بنابراین، مکان دقیق بیماران در هر لحظه مشخص می‌شد. در نهایت، این اطلاعات توسط نرم‌افزارآژواسکات تفسیر شده و بر روی صفحه نمایشگر پرستاران نمایش داده می‌شد. [۱۹]

در مرکز اورژانس ویلوبروک(Willowbrook) هم به منظور بهبود کیفیت خدمات درمانی، در هنگام پذیرش یک دستبند مجهز به برچسب RFID به بیمار اختصاص داده می‌شد تا در هنگام ترخیص با اعلام هشدار به کارکنان، آنها را برای پذیرش بیماران جدید آگاه سازد. این سیستم با استفاده از ترکیب سیستم مکان‌یابی درون‌سازمانی و فراصوتی شرکت سونیتور (Sonitor) و همچنین، با کمک نرم‌افزار ردیابی بخش اورژانس به نام آملیور ای.دی.تراکر (Amelior EDtracker) به ردیابی بیماران، تجویز نسخه الکترونیک و ایجاد پایگاه داده درمانی پرداخت. این نرم‌افزار با هدف تحلیل موقعیت مکانی بیماران اورژانسی طراحی شد. Sonitor's IPS با استفاده از برچسب‌های فعال، امواج صوتی را به گیرنده انتقال می‌داد و سپس، با استفاده از الگوریتم‌های پردازشگر امواج دیجیتال((Digital Signal Processor(DSP) به محاسبه موقعیت امواج و تبدیل آن به داده پرداخته و اطلاعات برچسب‌ها را از طریق شبکه‌های محلی (Local Area Network(LAN)) به سرور مرکزی ارسال می‌کرد. [۲۰]

در کشور بلژیک نیز، بیمارستان گِنت (Ghent) از سال ۲۰۰۷ سیستم مکان‌یابی بلادرنگ مبتنی بر RFID را پیاده‌سازی نمود. هدف این سیستم، تعیین مکان بیماران و تجهیزات پزشکی در شرایط اورژانسی بود که صرفه‌جویی زمانی را برای کارکنان درمانی به دنبال داشت و باعث شد که آنها زمان بیشتری برای مراقبت از بیماران در اختیار داشته باشند. این سیستم، امواج را از طریق برچسب‌های فعال به شبکه وای-فای بیمارستان ارسال می‌کرد. نرم‌افزار تلفن همراه آژواسکات نیز، برچسبی با اطلاعات کامل به بیمار اختصاص می‌داد تا از طریق تلفن همراه به پرستاران هشدار دهد. [۲۱] همچنین، شرکت روسی"RTLS" LLC با ارائه فن‌آوری‌های گوناگون نرم‌افزاری، به صورت بلادرنگ محل استقرار افراد و اشیا را با دقت بالایی تعیین و حرکات آنها را تحلیل می‌کرد. این شرکت، سیستم‌ها را با قابلیت اطمینان بالا و پایداری بیشتر طراحی کرد که از محصولات این شرکت می‌توان به طراحی برچسب‌هایی با دقت ردیابی زیر ۰/۲ متر، طراحی برچسب فورکلیفت(Forklift tag) با دقت زیر ۰/۳ متر و قابلیت ردیابی تجهیزات اشاره کرد. [۲۲] این نرم‌افزار به مدیریت تمام اجزای سیستم، محاسبه مختصات و تعیین محل فیزیکی برچسب‌ها، جمع‌آوری و ذخیره داده‌ها می‌پرداخت و با حصول اطمینان از مشاهده اشیا و ایجاد نمایش گرافیکی از حرکت اشیا به کاربران سیستم‌های خارجی گزارش می‌داد. [۲۳]

درحال حاضر، مکان‌یابی تجهیزات ارزشمند پزشکی بهترین مدل استفاده از سیستم‌های مکان‌یابی بلادرنگ در حوزه فرآیندهای بیمارستانی است زیرا، مکان‌یابی افراد منجر به بروز مقاومت از سوی آنها می‌شود و برخی افراد از پذیرش این سیستم امتناع می‌کنند. این سیستم، تجهیزات حیاتی و ارزشمند

را به صورت لحظه‌ای مکان‌یابی و پایش می‌کند تا میزان کاربری و دستیابی به آنها را در بیمارستان افزایش دهد. برخی از قابلیت‌های کلیدی این سیستم شامل پایش بلادرنگ مکان تجهیزات، وضعیت تجهیزات مورد استفاده، دستیابی لحظه‌ای به فهرست تجهیزات و اعلام هشدار امنیتی در صورت خروج تجهیزات از محدوده‌های مجاز بیمارستان است. [۲۴]

بیمارستان عمومی مکزیک (General Mexico)، برای راه‌اندازی فن‌آوری سیستم مکان‌یابی بلادرنگ از زیرساخت شبکه بی‌سیم محلی با استفاده از محصولات سیسکو استفاده کرد. این سیستم شامل برچسب‌های فعال RFID مبتنی بر وای-فای در مدل آئرواسکات و نرم‌افزار مربوطه بود. در این بیمارستان از برچسب‌های RFID با عمر طولانی و متصل به تجهیزات پزشکی استفاده شد تا بتوان موقعیت مکانی آنها را به وسیله شبکه بی‌سیم سیسکو ردیابی کرد. اطلاعات ارسالی از سوی برچسب‌ها به نرم‌افزار تلفن همراه آئرواسکات ارسال می‌شد. این نرم‌افزار دارای نقشه مکانی مورد نظر و دارای قابلیت جستجو، گزارش‌گیری، هشداردهی و همچنین، قابلیت یکپارچگی با دیگر سیستم‌ها بود و بدین ترتیب مکان هر یک از تجهیزات بیمارستانی پایش و ردیابی می‌شد. [۲۵] بیمارستان ترگوی (TerGooi) هلند نیز، این سیستم را با هدف مکان‌یابی بلادرنگ تجهیزات پزشکی مانند پمپ‌های تزریق، دستگاه ثبت نوار قلب در اتاق عمل و ریکاوری به‌کار گرفت. در این بیمارستان از برچسب‌های فعال مبتنی بر وای-فای و محرک‌ها برای ارسال شماره شناسایی و از موتور مکان‌یاب آئرواسکات برای تعیین موقعیت برچسب‌ها با استفاده از پردازشگر داده ارسالی و APهای موجود در شبکه استفاده شد. از مزایای این سیستم می‌توان به استفاده بهینه از زمان برای ردیابی کارکنان و بهبود مراقبت از بیماران اشاره نمود. [۲۶]

بر اساس مطالعات پیشین، به‌کارگیری سیستم ردیابی برای کنترل داروها بسیار پرهزینه است اما، با توجه به مزایای فراوان این سیستم در شناسایی بسته‌های دارویی، ثبت اطلاعات دارویی بیماران، جلوگیری از ورود داروهای تقلبی به داروخانه، سوء استفاده از داروها و سرقت داروهای کمیاب استفاده از آن پیشنهاد شده است.

در سال ۲۰۰۴، سه شرکت بزرگ داروسازی با همکاری شرکت‌های مرک(Merk) و نوارتیس(Novartis) به ارائه یک طرح آزمایشی برچسب‌گذاری محصولات دارویی با هدف شناسایی داروهای تقلبی و توزیع اشتباه داروها پرداختند. در این مرحله، برچسب‌های فقط-خواندنی دارای ۱۳/۵۶مگاهرتز شرکت رافسک (Rafsec) و مطابق با استاندارد ایزو ۱۵۹۶۳بودند. داروهای نشانه‌گذاری شده قبل از توزیع، اسکن شده و شماره سریال برچسب یا بارکد دارو به واحد اطلاعات دارویی ارسال می‌شد. این داروها مجددا قبل از توزیع به منظور تائید نهایی دارو اسکن می‌شدند. برای این منظور، شرکت نوارتیس به صورت آزمایشی از برچسب‌های فعال جاسازی شده در زیر بسته برای ردیابی داروها استفاده کرد. بیست داروخانه در هلند این دارو را توسط شرکت سوئدی سیپاک (Cypak) توزیع می‌کردند. در این نسخه آزمایشی از برچسب‌های فعال سیپاک با طرح بسته‌بندی هوشمند دارو (Intelligent Pharmaceutical Packaging(IPP)) استفاده شد که می‌توانست تاریخ و زمان استفاده دارو را ذخیره کند. زمانی که بیمار بسته خالی دارو را به داروخانه بازمی‌گرداند، داروساز آن را بر روی شبکه متصل به قرائت‌گر سیپاک قرار می‌داد تا اطلاعات دارو نمایش داده شود و سپس، این اطلاعات به پایگاه داده مرکزی ارسال می‌شد. این روش که مطابقت استفاده از داروی بیماران با نسخه پزشکی تجویز شده را پایش می‌نمود، موجب تصحیح برنامه دارویی برای بیماران شد. [۲۷]

پس از آن، کشور آلمان یک سیستم آزمایشی ردیابی دارو را با استفاده از RFID در بیمارستان دانشگاهی جنا (Jena) اجرا کرد که این طرح، در ابتدا برای کنترل مصرف آنتی‌بیوتیک‌ها راه‌اندازی شد. قبل از تجویز آنتی‌بیوتیک، داروساز یک برچسب بر روی بسته دارو قرار می‌داد. قرائت‌گرها اطلاعات برچسب را در زمان خروج دارو از داروخانه قرائت کرده و وضعیت بیمار را به سرور مرکزی انتقال می‌دادند. سپس، آنتی‌بیوتیک‌ها در واحد مراقبت‌های ویژه توسط قرائت‌گرهای

RFID مجددا اسکن می‌شدند. پس از آنکه پرستاران محفظه‌های دارویی را تخلیه و داروی مربوطه را به تخت بیماران انتقال می‌دادند، سرور مرکزی اطلاعات مربوط به داروهای دریافتی را به‌روز رسانی می‌کرد. [۲۸]

مرکز دارویی پوآس(Point of Act System(POAS)) نیز در کشور ژاپن، به صورت عملیاتی در مرکز بین‌المللی دارو شکل گرفت که هدف آن گردآوری لحظه‌ای اطلاعات دارویی بود. این سیستم، داده‌های دارویی بخش‌های مراقبتی را گردآوری و مدیریت می‌کرد و در واقع، پاسخی برای سوال‌های چه موقع، کجا، چه کسی بود. با جمع‌آوری بلادرنگ داده از PDAهای بی‌سیم، ترمینال‌های وابسته به واحد آزمایش و تجهیزات آزمایشگاهی پوآس می‌توانستند در هر جایی جزئیات عملیات پزشکی را ثبت کنند، به بیماران در امور پزشکی یاری رسانند و به‌طور پیوسته بر علائم حیاتی بیماران نظارت داشته باشند. [۲۹]

یکی از سایر کاربردهای اساسی در حوزه سیستم مکان‌یابی بلادرنگ مراقبت سلامت، ردیابی نمونه‌های خون آزمایشگاهی یا کیسه‌های خون و پایش فرآیند انتقال خون است. هوشمند کردن این فرآیندها می‌تواند برای جلوگیری از خطاهای پزشکی یا حتی پیشگیری از اشتباه در انتقال خون سودمند باشد. در این بخش یافته‌های مرتبط با سیستم ردیابی و پایش خون و فرآورده‌های خونی ارائه شده است. در سال ۲۰۰۷، مرکز پزشکی آمستردام یک مطالعه مقدماتی در زمینه مکان‌یابی تجهیزات، کارکنان و بیماران و با هدف ردیابی تجهیزات دارویی و فرآورده‌های خونی در اتاق عمل اجرا کرد و به‌همین منظور، اطلاعات مکانی بیماران تحت عمل قلب باز یا پیوند رگ را مورد بررسی قرار داد. هدف از مکان‌یابی تجهیزات پزشکی، ردیابی تجهیزات اتاق عمل و هدف از مکان‌یابی فرآورده‌های خونی، بررسی بلادرنگ وضعیت فرآورده‌های خونی بیماران بود. [۲۷]

]بیمارستان آلمانی وینتربرگ (Winterberg) نیز، برای تزریق خون و فرآورده‌های خونی از برچسب‌های RFID استفاده نمود که این طرح باعث کاهش خطا در فرآیند انتقال خون شد. در این طرح، تعداد هزار کیسه خون نشانه‌گذاری شده و سپس، تمام مراحل تزریق یادداشت شدند. به همه بیماران پذیرش شده دستبندی حاوی یک تراشه الکترونیکی غیرفعال RFID مطابق با استاندارد ایزو داده شد که دارای فرکانس رادیویی ۱۳/۵۶ مگاهرتز و دربردارنده اطلاعات شناسایی بیمار بود. کارکنان یک برچسب غیرفعال یک اینچی بر روی کیسه‌های خون قرار می‌دادند که دارای دو کیلوبایت حافظه برای ذخیره‌سازی عدد شناسایی، شماره ردگیری و اطلاعات مربوط به خون بود. قبل از تزریق باید بین مشخصات شناسایی بیمار و اطلاعات کیسه خون تطابق برقرار می‌شد. [۳۰]

علاوه بر این، یک برنامه آزمایشی برای مدیریت فرآورده‌های خونی در انستیتوی ملی مرکزی شهر میلان در ایتالیا راه‌اندازی شد که هدف آن ارتقای کارایی و مدیریت فرآیند انتقال فرآورده‌های خونی بود. به همین منظور، از برچسب‌های RFID بر روی کیسه‌های خون و دستبند بیماران استفاده شد. این طرح در انتقال خون و ردیابی فرآورده‌های خونی موفقیت چشمگیری به دست آورد و در مراحل بعدی برای ردیابی و پایش تجهیزات جراحی مورد استفاده قرار گرفت. [۳۱]

سیستم مکان‌یابی بلادرنگ راهکاری مفید برای ردیابی و افزایش امنیت نوزادان، سالمندان، و بیماران روانی یا مبتلایان به آلزایمر بر پایه فن‌آوری RFID ارائه نموده است. این سیستم با به‌کارگیری برچسب‌ها و دستبندهای RFID ضریب امنیتی بالایی برای این گروه از بیماران فراهم آورده است. [۱۳]

لازم به ذکر است که نخستین بار استفاده از دستبندهای مجهز به RFID غیرفعال با فرکانس بالا ((High Frequency(HF) در بیمارستان مرکزی بیرمنگهام انگلستان آغاز شد. در این سیستم از دستبندهای شرکت برنمور(Brenmoor) با برچسب‌های RFID استفاده شد که با فرکانس رادیویی ۱۳/۵۶مگاهرتز مطابق با استاندارد ایزو ۱۵۹۶۳ کار می‌کرد. این دستبند در هنگام پذیرش به بیمار اختصاص می‌یافت و عکس الکترونیک و اطلاعات وی در آن رمزگذاری می‌شد. دستبندهای مربوطه اسکن شده و زمانی که اطلاعات خوانده می‌شد، سیستم از ثبت دوباره اطلاعات بیمار جلوگیری می‌کرد. شرکت برچسب ایکس(Xtag) نیز، به صورت آزمایشی یک سیستم امنیتی برای مکان‌یابی کودکان و سالمندان ایجاد کرد. عملکرد این سیستم به گونه‌ای بود که دستبندها و برچسب‌های

متصل به نوزادان، سالمندان یا بیماران روانی می‌توانستند هر دو ثانیه یکبار یک سیگنال ارسال کنند. قرائت‌گرها هم با دریافت این سیگنال‌ها می‌توانستند مختصات موقعیتی بیمار را به سیستم نرم‌افزاری ارسال و درصورت خروج بیمار، به صورت خودکار پیام هشداری به کارکنان امنیتی بیمارستان ارسال کنند. پیام هشدار از طریق پست‌الکترونیک، پیامک، پیجر و سایر روش‌های از پیش تعیین شده ارسال شده و موقعیت بیمار را تعیین می‌کرد. [۳۲] مطالعه دیگری با هدف حمایت از سالمندان با به‌کارگیری یک سیستم RFID مبتنی بر وای-فای در مرکز مراقبت سالمندان پرسکیر کشور استرالیا (PresCare aged care provider) اجرا شد. این مرکز از برچسب‌های فعال، سخت‌افزارها و نرم‌افزارهای آئرواسکات استفاده می‌کرد. در این سیستم، حدود ۱۰۰برچسب مورد استفاده قرار گرفت که شماره شناسایی خود را به نزدیکترین نقطه دسترسی ارسال و سپس، اطلاعات آن را به نمایشگرهای نصب شده در بخش‌های مربوطه ارسال می‌کردند. [۳۳]

همچنین، شرکت کانادایی پروسلوشن (ProSolutions) سیستم مکان‌یابی بلادرنگ مبتنی بر RFID را با هدف حفاظت از نوزادان و بیماران مبتلا به آلزایمر راه‌اندازی نمود. در این سیستم، از نرم‌افزار برچسب آبی (BlueTag) جاسازی شده در دستبند و از برچسب‌های فعال RFID با فرکانس بسیاربالا (Ultra High Frequency(UHF) استفاده شد. دستبندها می‌توانستند بر روی مچ دست یا پا بسته شوند و به هنگام در آوردن دستبند یا در هنگام خروج بیمار از درب‌های ورودی که به قرائت‌گر مجهز شده، زنگ هشدار را به صدا درآورند. [۲۵]

درپیوست (جدول ۱) سیستم‌های مکان‌یابی بلادرنگ حوزه سلامت در کشورهای مورد مطالعه با ذکر نام کشور، انواع فن‌آورهای به‌کاررفته، فرکانس رادیویی، روش پیاده‌سازی، کاربرد سیستم و مکان اجرا معرفی شدند.

بحث

در مقاله حاضر، برخی از مطالعات موردی در رابطه با پیاده‌سازی سیستم‌های مکان‌یابی بلادرنگ در حوزه مراقبت سلامت در کشورهای کره‌جنوبی، لوکزامبورگ، هلند، انگلستان، آمریکا، استرالیا، بلژیک، مکزیک، آلمان، ایتالیا، کانادا، ژاپن و روسیه مورد بررسی قرار گرفتند. بر اساس یافته‌ها، بیشترین مطالعات در حوزه سیستم‌های مکان‌یابی بلادرنگ در حوزه مراقبت سلامت به منظور مکان‌یابی و پایش بیماران، یا ردیابی کارکنان کلینیکی و پاراکلینیکی بوده است که بیشتر این سیستم‌ها از فن‌آوری‌های وای-فای، WLAN، RFID و بلوتوث برای ردیابی و موقعیت‌یابی موجودیت‌ها استفاده کرده‌اند. سایر فن‌آوری‌ها و تجهیزات مورد استفاده شامل برچسب‌های معمولی RFID، دستبندهای مجهز به برچسب RFID، برچسب‌های فعال RFID مبتنی بر وای-فای، نرم‌افزارهای تلفن همراه مدل آئرواسکات، قرائت‌گرهای RFID، زیرساخت شبکه وای-فای، PDAهای بی‌سیم، و تجمیع سامانه‌های RFID و شبکه مخابراتی WLAN بودند.

اکثر مطالعات انجام شده در این حوزه در کشورهای ایتالیا، لوکزامبورگ، کره جنوبی، آمریکا، بلژیک و روسیه بوده است که کشور آمریکا، با سه مورد مطالعه کاربردی در این زمینه دارای بیشترین فراوانی در زمینه پیاده‌سازی سیستم مکان‌یابی بیماران، کارکنان کلینیکی و پاراکلینیکی بوده است. لازم به ذکر است که به‌کارگیری این سیستم‌های کاربردی موجب ارتقای کیفی خدمات درمانی و درنتیجه موجب افزایش رضایت‌مندی بیماران و کارکنان درمانی شده است.

مطالعات پیشین نشان داده‌اند که استفاده از سیستم مکان‌یابی تجهیزات پزشکی می‌تواند منجر به بهبود استفاده از تجهیزات و دارایی‌ها، اطمینان از در دسترس بودن تجهیزات پزشکی در شرایط لزوم، ساده و موثر نمودن برنامه نگهداری از تجهیزات، کاهش خطرات امنیتی و بهبود روش مکان‌یابی تجهیزات شود. [۲۵] یافته‌های مطالعه حاضر نیز بیانگر این مهم بود که کشور هلند، در زمینه پیاده‌سازی سیستم‌های مکان‌یابی مبتنی بر RFID در سه حوزه مکان‌یابی تجهیزات، ردیابی دارو و پایش خون و فرآورده‌های خونی دارای تجربیات فراوانی بوده و این سیستم را با موفقیت در مراکز درمانی به اجرا درآورده است و به نتایج

مطلوبی دست یافته است. همچنین، کشورهای آلمان، ژاپن، ایتالیا و مکزیک در این زمینه پیشرو بوده‌اند و نتایج مثبتی کسب کرده‌اند.

سه کشور انگلستان، کانادا و ایتالیا از پیشگامان پیاده‌سازی سیستم های مکان یابی در حوزه رد یابی نوزادان و ناوبری سالمندان یا بیماران روانی بوده‌اند که همگی به منظور حفاظت بیماران از دستبند های مجهز به فن‌آوری RFID در باند فرکانسی HF، UHF، یا دستبندهای شرکت برنمور و برچسب ایکس یا نرم‌افزار برچسب آبی استفاده کرده‌اند که این امر منجر به ارسال پیام هشدار به کارکنان و تسریع ارائه خدمات درمانی به این گروه از بیماران شد.

بیشتر پژوهش‌های مورد بررسی در مطالعه حاضر، به روش کاربردی اجرا شده‌اند که از محدودیت‌های اجرایی آنها می‌توان به ضعیف بودن امواج RFID در بخش‌هایی از بیمارستان به دلایل فنی یا ساختمانی، تداخل امواج، تاثیر سوء امواج بر سلامت بیماران و کارکنان، مسائل امنیتی و حفظ محرمانگی اطلاعات بیماران اشاره کرد. در راستای تائید این مطلب می‌توان گفت که شبکه‌های حسگر نیز با چالش‌های بسیاری در زمینه ارتباطات (محدوده کوتاه ارتباط، امنیت و حریم خصوصی، قابلیت اطمینان، تحرک) و مدیریت منابع (ملاحظات قدرت، ظرفیت ذخیره‌سازی، قابلیت پردازش، دسترسی به پهنای باند) روبرو هستند. [۳۴] همچنین، نتایج یک مطالعه کیفی با عنوان «بررسی سیستم‌های مکان‌یابی بلادرنگ بیمارستانی» بیانگر وجود موانع جدی در حوزه فن‌آوری، زیرساخت، منابع و موانع سازمانی در زمینه استفاده از سیستم مکان‌یابی بلادرنگ در حوزه مراقبت سلامت بود. در مطالعه حاضر پیشنهاد شد که برای به حداکثر رساندن منافع بالقوه این سیستم، موانع باید هر چه سریعتر برطرف گردند. [۲۴]

از محدودیت‌های پژوهش حاضر می‌توان به محدودیت دامنه جستجو و کمبود تعداد مطالعات انجام شده در این حوزه اشاره کرد زیرا، تعداد اندکی از مطالعات سیستم مکان‌یابی بلادرنگ منحصرا بر حوزه مراقبت سلامت تاکید داشته و در مراکز درمانی پیاده‌سازی شده‌اند. بر اساس یافته‌های مطالعه حاضر پیشنهاد می‌گردد که برای ارائه یک سیستم کاربردی مکان‌یابی بلادرنگ در حوزه مراقبت سلامت، در ابتدا نیازمندی‌های سیستم با توجه به رسالت و اهداف مرکز درمانی تعیین شوند. هدف از تعیین نیازمندی‌ها برای طراحی سیستم، درک عمیق نیازمندی‌های مرکز درمانی و ارائه تعاریف صحیح و جزئیات کامل از این نیازمندی‌ها و تعریف سنجه‌های مناسب برای ارزیابی است. سپس، برای فائق آمدن بر کاستی‌های موجود و پوشش کامل نیازمندی‌ها از دانش مهندسی نیازمندی‌ها استفاده شود تا بتوان در پژوهش‌های آتی فن‌آوری‌های نوین را برای طراحی سیستم های مکان‌یابی بلادرنگ به‌کار گرفت.

ملاحظات اخلاقی

رعایت دستورالعمل‌های اخلاقی: این پژوهش با کد اخلاق شماره IR.IUMS.REC.1395.9221563202 انجام شده است.

حمایت مالی: این پژوهش با حمایت مالی توسط دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران انجام شده است.

تضاد منافع: نویسندگان اظهار داشتند که تضاد منافعی وجود ندارد.

تشکر و قدردانی: این مقاله بخشی از پایان‌نامه با عنوان ارائه الگوی سیستم مکان‌یابی بلادرنگ بیمار ستانی در ایران مبتنی بر فن‌آوری اینترنت ا شیای ابری، در مقطع دکترای تخصصی، در سال ۱۳۹۷ است.

References

1. Sepehri MM, Mollabagher M. Designing of business information needs system of patients with improved health care in the surgical process using RFID technology [PhD thesis]. Tehran: Payam noor university of Tehran; 2011. [In Persian]
2. D'Souza I, Ma W, Notobartolo C. Real-time location systems for hospital emergency response. IT Professional. 2011;13(2):37.
3. Swedberg C. Toronto general hospital uses RTLS to reduce infection transmission. RFID j; 2012 Feb1-2. Available from: http://www.rfidjournal.com/articles/view?9266.
4. Hospital asset tracking and management [Internet]. RGIS: retail grocery inventory specialist; 2016 [cited 2017 June 23]. Available from: http://www.rgisinv.com.au/about-rgis.
5. Buono CJ, Chan TC, Killeen J, Huang R, Brown S, Liu F, et al. Comparison of the effectiveness of wireless electronic tracking devices versus traditional paper systems to track victims in a large scale disaster; 2006 Oct 11. Proceeding of AMIA Annu Symp Proc; 2007; Sandiego, California. p. 886.
6. Ajami S, Sarbaz M. Wireless communications systems necessary to operate the hospital in disasters. Heal Info Manage J. 2014; 6(11):40.
7. Provide RFID scenarios proposed in the pilot project integrating local wireless communications networks. Iran telecommunication research center (ITRC); 2011. [In persian]
8. Talebkhani R. Smart hospital, a new horizon in health care; 2015 [cited 2017 May 22]. Available from: http://pars-hospital.com/. [In persian]
9. Malik A. RTLS for dummies. Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing; 2009.
10. Banchs A, Serrano P,Vollero L. Providing service guarantees in 802.11 e EDCA WLANs with legacy stations. IEEE T Mobile Comput. 2010; 9(8):1057-71.
11. Olifer N. Computer networks. New Jeresy: John Wiley & Sons; 2005.
12. Denis T, Weyn M, Williame K, Schrooyen F. Real-time location system using wi-fi. Productive technologies whitepaper; 2006.
13. Tzeng SF, Chen WH, Pai FY. Evaluating the business value of RFID: Evidence from five case studies. 2008; 112(2):601-13.
14. Yazici H. An exploratory analysis of hospital perspectives on real-time information requirements and perceived benefits of RFID technology for future adoption. 2014;34(5):603-21.
15. Intermec, RFID tags help boeing co. Track parts, reduce inventory; 2007 [cited 2018 April 10]. Available from: www.intermec.com/public-files/case-studies/.../Boeing_cs_web.pdf.
16. Van Oranje-Nassau C, Schindler HR, Valeri L, et al. Study on the requierments and options for Radio Frequency Identification (RFID) application in healthcare. RAND technical report; 2009 [cited: 2017 July 19]. Available from: https://www.rand.org/ pubs/technical_reports/TR608z1.html.
17. Cisco, customer case study, Korean hospital simplifies exams wirelessly [Internet]. 2006 [cited 2018 Oct 10]. Available from: www.cisco.com/web/strategy/docs/.../Kangnam_St_Marys.

18. Armstrong S, Providence S. Vincent medical center implements cardiovascular unit automatic patient and asset tracking from patient care technology systems; 2009 [cited: 2018 Aug 07]. Available from: http://www.marketwired.com/.
19. Staff S. Hospital uses aeroscout's visibility solution; 2008 [cited: 2018 June 28]. Available from: http://www.sensorsmag.com/components/ hospital-uses-aeroscout-s-visibility-solution.
20. Goetze A, Fraa M. Emergency department charting ultrasound. RFID in healthcare panel discussion; emergency health centre, Willowbrook, Houston, Texas: HIMMS trans healt IT; 2008.
21. Bacheldor B. Belgium hospital combines RFID, sensors to monitor heart patients. RFID j; 2007.
22. Maximov V,Tabarovsky O, editors. Survey of accuracy improvement approaches for tightly coupled TOA/IMU personal indoor navigation system. Proceeding of international conference on indoor positioning and indoor navigation; 2013 Oct 28-31; Moscow, Russia.
23. DecaWave. LLC RTLS [Internet]. 2017 [cited: 2018 May 03]; Available from: http://www.decawave.com/content/LLC RTLS.
24. Fisher JA, Monahan T. Evaluation of real-time location systems in their hospital contexts. Int J Med Inform. 2012;81(10):705-12.
25. Bacheldor B. Blue tag patient-tracking comes to north America. RFID j; 2008.
26. Manzoor A. RFID applications in healthcare-state-of-the-art and future trends. Maximizing healthcare delivery and management through technology integration: IGI global's online bookstore; 2017:184-206.
27. Wessel R. RFID synergy at a Netherlands hospital. RFID j; 2007 [cited: 2017 Mar 25]. Available from: https://www.RFIDjournal.com/.
28. Wessel R. German hospital expects RFID to eradicate drug errors. RFID j web news; 2006.
29. Akiyama M. Risk management and measuring productivity with PoAS (point of act system). IFMBE proceedings of the World congress on medical physics and biomedical engineering; 2006 August 27- September 1. Seoul, Korea: Springer; 2007
30. Wessel R. German clinic uses RFID to track blood. RFID j; 2006.
31. Sini E, Locatelli P, Restifo N,Torresani M. Healthcare professionals identification at regional and local level: An RFID integrated scenario based on synergic experiences. Eur J e-Pract. 2009;1(6).
32. Vilamovska AM, Hatziandreu E, Schindler HR, van Oranje-Nassau C, de Vries H, Krapels J. Study on the requirements and options for RFID application in healthcare: Identifying areas for radio frequency identification deployment in health care delivery: A review of relevant literature [Internet]. European Commission, TR-608-EC; 2009 [2018 Dec 25]. Avaiable from: E-book library.
33. Pope B. Prescare deploys aeroscout wi-fi RFID solution for patient safety and medical alerting; 2017 [cited: 2018 June 13]. Available from: http://www.businesswire.com/.
34. Alamri A, Ansari WS, Hassan MM, Hossain MS, Alelaiwi A, Hossain MA. A survey on sensor-cloud: architecture, applications, and approaches. Int J Distrib Sens N; 2013 Feb 28;9(2):917923.