1

مکان یابی یک دستگاه در شهرهای هوشمند به یک مشکل چالش برانگیز تبدیل می شود. تعداد دستگاه های اینترنت اشیا (IoT) متصل به شبکه های کم مصرف (LPWAN) اپراتورهای شبکه را مجبور می کند مقیاس پذیری شبکه های خود را بهبود بخشند. علاوه بر این، این دستگاه‌های تلفن همراه معمولاً توسط یک باتری کوچک تغذیه می‌شوند که باید چندین سال دوام بیاورد. حسگرهایی که کیفیت هوا را گزارش می‌کنند و سطح هوشمند سطح آب تنها نمونه‌هایی از نیاز روزافزون به مکان‌یابی دستگاه‌ها در سراسر شهر هستند.

LPWAN ها به عنوان جایگزینی برای گیرنده های معمولی سیستم ماهواره ای ناوبری جهانی (GNSS) استفاده می شوند که مقدار قابل توجهی انرژی مصرف می کنند. علاوه بر این، راه حل های مبتنی بر ماهواره با توجه به محدودیت های آنها در محیط های داخلی، یعنی سیگنال ها به خوبی از دیوارها نفوذ نمی کنند، همیشه مورد نظر نیستند. Sigfox، LoRaWAN و NB-IoT متداول ترین فناوری های LPWAN هستند [10]. در حالی که دومی در طیف مجاز با تأخیر کم کار می کند، Sigfox و LoRaWAN از برد و عمر باتری بیشتر بهره می برند [7].

چندین روش برای تعیین مکان یک دستگاه فرستنده در یک LPWAN وجود دارد. در هر رویکردی، باید بین دقت مکان و مصرف انرژی یک مبادله ایجاد شود. با این حال، هنگام مقایسه مطالعات مختلف از یک رویکرد، چندین پارامتر دیگر باید در نظر گرفته شود. به عنوان مثال، هزینه و تلاش برای آموزش یک مدل یا نصب تجهیزات باید در نظر گرفته شود. علاوه بر این، محیط داخلی یا خارجی و مقدار دروازه های دریافت نیز نقش مهمی در دقت محلی سازی حاصل دارد [8]. برای رویکردهای تفاوت زمانی رسیدن (TDoA) و زاویه ورود (AoA)، دروازه‌ها و آنتن‌ها به ترتیب باید همگام شوند. چندین الگوریتم پیشرفته TDoA در [6] مقایسه شده است. موقعیت یابی و ردیابی مبتنی بر TDoA با LoRaWAN موضوعاتی هستند که در [9] مورد بحث قرار گرفته اند. در این مقاله، ما بر روی اثر انگشت مبتنی بر قدرت سیگنال دریافتی (RSS) تمرکز می کنیم.

بومی سازی اثر انگشت مبتنی بر RSS در فضای باز می تواند چالش برانگیز باشد، با توجه به زمان و تلاش مورد نیاز برای ایجاد پایگاه داده آموزشی و محیط پویا یک شهر. با این حال، Aernouts و همکاران. موفق به جمع آوری مقدار زیادی از نمونه های RSS، همراه با مختصات GPS به عنوان داده های حقیقت زمین، در شهر آنتورپ، بلژیک [1] شد. هر دو پیام Sigfox و LoRaWAN جمع آوری شدند. در تحقیقات قبلی، ما با استفاده از Sigfox با الگوریتم پایه k Nearest Neighbors (kNN) انگشت نگاری در فضای باز انجام دادیم [5]. میانگین خطای تخمین مکان 340 متر بود. در همین حال، اندازه مجموعه داده LoRaWAN به 13426 نمونه افزایش یافته است. در این تحقیق می‌خواهیم الگوریتم‌های پیشرفته‌تر یادگیری ماشین را با استفاده از این مجموعه داده بررسی و مقایسه کنیم. در پیشرفته ترین، ماشین های بردار پشتیبانی (SVM) برای طبقه بندی اثر انگشت RSS به یک کلاس گره GPS صحیح در شبکه های حسگر بی سیم (WSN) [11]، در محیط های داخلی [4] و در شبیه سازی استفاده می شود. محیط ها [14]. علاوه بر این، چندین الگوریتم یادگیری ماشین از نظر دقت مکان و زمان محاسبه در یک محیط داخلی ارزیابی می‌شوند [3]. در این تحقیق، ما ده الگوریتم مختلف یادگیری ماشین را با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری واقعی جمع‌آوری‌شده در یک محیط بیرونی در مقیاس شهر ارزیابی می‌کنیم.

باقی مانده این فصل به روش زیر سازماندهی شده است. در بخش 2، نحوه ایجاد پایگاه داده انگشت نگاری و مراحل پیش پردازشی برای وارد کردن داده ها به الگوریتم ها را با جزئیات بیشتری توضیح می دهیم. در ادامه، مزایا و محدودیت‌های هر الگوریتم رگرسیون به طور خلاصه مورد بحث قرار می‌گیرد و نحوه انتخاب مقادیر پارامتر را توجیه می‌کنیم. در بخش 3، هر الگوریتم را از نظر زمان ارزیابی، خطای تخمین مکان و امتیاز R2 ارزیابی می کنیم. بخش 4 یافته های اصلی ما را خلاصه می کند و کارهای آینده را فهرست می کند.

2

اهمیت روزافزون اینترنت اشیا (IoT) نیاز به سرعت در حال افزایش برای استانداردهای ارتباطی گسترده ای را ایجاد می کند که اتصال قابل اعتماد بین بسیاری از دستگاه های IoT را تضمین می کند. برای این منظور، محققان استانداردهای مختلف شبکه گسترده کم توان (LPWAN) را توسعه داده اند. اینترنت اشیا به استانداردهای LPWAN برای پشتیبانی از ارتباطات دوربرد و مقیاس پذیری بالای دستگاه های نهایی با هزینه کم نیاز دارد. همچنین، اتصال همه جا در داخل و خارج و همچنین مصرف انرژی بسیار کم، جنبه های حیاتی برای برنامه های قابل اعتماد و شفاف IoT است که برای سال ها بر روی باتری های کوچک کار می کند [1]. برای برآوردن این الزامات، اقدامات متعددی باید برای طراحی LPWAN در نظر گرفته شود، مانند تکنیک های مدولاسیون، توپولوژی شبکه، پیچیدگی سخت افزار، استفاده از طیف رادیویی مکرر و مقررات. به طور کلی، بین این معیارها و نرخ داده باید یک مبادله ایجاد شود [2].

آگاهی از زمینه یکی از جنبه های مهم برنامه های کاربردی اینترنت اشیا است. این بدان معناست که بسته به کاربرد، یک دستگاه IoT می تواند رفتار خود را بر اساس اندازه گیری هایی که در محیط خود انجام داده است، تغییر دهد. به منظور ایجاد آگاهی از زمینه برای برنامه های IoT، مکان دستگاه باید با حداقل خطای مکان به دست آید. در حال حاضر، سیستم های ماهواره ای ناوبری جهانی (GNSS) متداول ترین روش مورد استفاده برای انجام این کار هستند. اگرچه سیستم‌های GNSS تخمین مکان دقیقی را ارائه می‌دهند، اما دارای چند اشکال هستند که با برخی از الزامات IoT فوق الذکر مخالفت می‌کنند. اولاً، گیرنده‌های GNSS معمولاً انرژی زیادی مصرف می‌کنند که طول عمر کلی باتری را به میزان قابل توجهی محدود می‌کند. به عنوان مثال، گیرنده‌های سیستم موقعیت‌یابی جهانی (GPS) 30 تا 50 میلی‌آمپر مصرف می‌کنند در حالی که تعمیر GPS را دریافت می‌کنند، که می‌تواند ده‌ها ثانیه طول بکشد [3]. علاوه بر این، داده های مکان GNSS فقط در خود دستگاه در دسترس خواهد بود. ارسال داده ها از طریق ارتباط بی سیم مستلزم مصرف انرژی اضافی است. از سوی دیگر، تکنیک‌های موقعیت‌یابی بی‌سیم را می‌توان برای پیام‌های ارتباطی LPWAN بدون نیاز به ارسال پیام‌های اضافی که حاوی اطلاعات مکان هستند، اعمال کرد. در نتیجه، یک دستگاه را می توان بدون افزایش مصرف برق قرار داد. ثانیاً، سیستم‌های GNSS تمایل به از دست دادن اتصال در محیط‌های داخلی دارند. از آنجایی که بسیاری از استانداردهای LPWAN در باندهای ISM زیر گیگاهرتز کار می کنند، می توان از آنها در فضای باز و همچنین داخل ساختمان استفاده کرد. البته، GNSS یک راه حل مطلوب برای برنامه هایی است که نیاز به محلی سازی مداوم با دقت بالا دارند. با این حال، بسیاری از موارد استفاده از اینترنت اشیا به چنین تخمین مکان دقیقی نیاز ندارند و علاقه بیشتری به عمر طولانی باتری دارند. بنابراین، موقعیت‌یابی بی‌سیم بر اساس ارتباطات LPWAN یک جایگزین جالب برای محلی‌سازی بلندمدت و توان کم است.

موقعیت یابی بی سیم یک موضوع تحقیقاتی برجسته برای دهه ها بوده است [4-6]. بسیاری از تکنیک هایی که در طول سال ها توسعه یافته اند هنوز برای بومی سازی با فناوری های مدرن بی سیم مناسب هستند. این تکنیک‌ها موقعیت یک فرستنده یا گیرنده را با تجزیه و تحلیل ویژگی‌های فیزیکی پیوند ارتباطی مانند قدرت سیگنال دریافتی (RSS)، اطلاعات زمان‌بندی، فاز سیگنال و غیره تخمین می‌زنند. . با این روش، یک پایگاه داده آموزشی از پیام های ارتباطی با ذخیره مکان فرستنده آنها و همچنین نشانگر قدرت سیگنال دریافتی (RSSI) برای تمام ایستگاه های پایه دریافت کننده ساخته می شود. سپس، اندازه‌گیری‌های RSSI پیام‌های جدید با اثر انگشت در پایگاه‌داده آموزشی مطابقت داده می‌شود تا موقعیت فرستنده را تخمین بزند، به عنوان مثال، با استفاده از تحلیل k-نزدیک‌ترین همسایه (kNN)، روش‌های احتمالی، ماشین‌های بردار پشتیبان، درخت‌های تصمیم و غیره [5]. ]. مزیت اصلی انگشت نگاری این است که مکان ایستگاه های پایه نباید مشخص باشد. به منظور به حداقل رساندن خطای تخمین مکان، باید یک بررسی سایت گسترده برای ایجاد یک پایگاه داده آموزشی کامل انجام شود. بنابراین، تکنیک های انگشت نگاری بیشتر در مناطق بسته و داخلی استفاده می شود [7،8].

این مقاله سه مجموعه داده LPWAN را ارائه می‌کند که می‌توانند برای ارزیابی روش‌های اثر انگشت در محیط‌های بیرونی مورد استفاده قرار گیرند. تمام مجموعه داده‌ها در محیط‌های واقعی در فضای باز جمع‌آوری شدند، هیچ شبیه‌سازی یا مدل‌های انتشار استفاده نشد. در ابتدا، ما یک مجموعه داده Sigfox را در یک منطقه روستایی بزرگ بین آنتورپ و گنت، بلژیک ایجاد کردیم. دوم، یک مجموعه داده شهری Sigfox در مرکز شهر آنتورپ ساخته شد. در نهایت، یک مجموعه داده شهری LoRaWAN نیز در مرکز شهر آنتورپ ساخته شد. در آینده نزدیک، ما همچنین قصد داریم یک مجموعه داده LoRaWAN روستایی در منطقه بزرگ بین آنتورپ و گنت و همچنین یک مجموعه داده NB-IoT روستایی و شهری ایجاد کنیم.

ساختار باقیمانده مقاله به شرح زیر است. بخش 2 سه استاندارد پیشرفته LPWAN را توصیف می کند که دو مورد از آنها برای ایجاد مجموعه داده های ما استفاده شده است. بخش 3 نحوه جمع آوری و ذخیره پیام ها در پایگاه داده اثر انگشت را توضیح می دهد. بخش 4 نشان می دهد که چگونه مجموعه داده می تواند توسط جامعه پژوهش استفاده شود. در بخش 5، نتایج تجزیه و تحلیل ما فهرست شده است. سپس این نتایج در بخش 6 مورد بحث قرار می گیرد. در نهایت، بخش 7 مقاله را به پایان می رساند و کار آینده مورد نظر را بیان می کند.