



دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)
دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

پروپوزال پروژه ی کارشناسی

نام دانشجو
کیمیا زرگری

استاد پروژه ی کارشناسی
دکتر مهدی راستی

موضوع پروژه ی کارشناسی
ارائه یک طرح تطبیق نرخ داده جدید با استفاده از الگوریتم‌های
یادگیری ماشین برای شبکه لوراون با گره‌های انتهایی متحرک

پاییز ۱۳۹۹

چکیده

شبکه گسترده دوربرد (لورا ون)^۱ یک فناوری شبکه گسترده کم‌توان (ال پی ون)^۲ است که به گره‌های انتهایی امکان برقراری ارتباط در مسافت‌های طولانی با مصرف انرژی کم را می‌دهد. شبکه‌های لورا ون در اینترنت اشیا (آی او تی)^۳ استفاده می‌شوند که در آن دستگاه‌ها نیاز به ارسال بسته‌های داده کوچک در مسافت‌های طولانی با حساسیت کم بر روی زمان دریافت بسته‌ها دارند. طرح تطبیق نرخ داده (ای‌دی‌آر)^۴ در شبکه‌های لورا ون برای انطباق پویا پارامترهای انتقال گره‌های انتهایی طبق کیفیت کانال فعلی استفاده می‌شود. در این مقاله یک طرح ای‌دی‌آر جدید ارائه شده است که پارامترهای انتقال را با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین^۵ برای شبکه‌های دارای گره‌های انتهایی متحرک سازگار می‌سازد.

مقدمه

آی او تی یک فناوری نسبتاً جدید است که امکان برقراری ارتباط اشیا را برای دستیابی به اهداف مشترک از طریق شبکه فراهم می‌کند. این شبکه‌ها معمولاً باید در فواصل طولانی کار کنند و تا حد ممکن انرژی کمی مصرف کنند. این به این دلیل است که ممکن است تعداد زیادی گره در شبکه وجود داشته باشد که با باتری کار کنند. برای این منظور شبکه‌های گسترده کم‌توان (ال پی ون) طراحی شده‌اند تا این گره‌ها ضمن صرفه‌جویی در مقدار قابل توجهی از انرژی، بتوانند بسته‌ها را در فواصل طولانی انتقال دهند. یک نمونه از ال پی ون، لورا ون است. لورا ون به دلیل پیچیدگی کم و استفاده از باندهای علمی پزشکی و صنعتی بدون مجوز (آی‌اس‌ام)^۶ محبوب شده است [۴]. با این وجود، مدیریت شبکه‌های لورا ون چندین چالش دارد از جمله مقیاس‌پذیری و قابلیت اطمینان به دلیل نیاز به تعداد زیاد و بسیار متنوع گره‌ها و همچنین تداخل با سایر شبکه‌های موجود در همان باند فرکانس بدون مجوز. یک راه برای رفع این چالش‌ها تغییر پویا پارامترهای تأثیرگذار بر ارتباطات جهت انطباق با شرایط شبکه است. این سازگاری پارامترها را می‌توان با رویکردهای شبکه آگاه یا مبتنی بر پیوند انجام داد. در رویکرد مبتنی بر پیوند، پارامترهای ارتباطی براساس شرایط پیوند بین فرستنده و گیرنده انتخاب می‌شوند؛ در صورتی که در رویکرد شبکه آگاه، علاوه بر در نظر گرفتن شرایط پیوند، یک آگاهی بیشتر از شبکه به عنوان یک جزء کلی لازم است. تا کنون چندین الگوریتم ای‌دی‌آر پیشنهاد شده است اما تأثیر استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین در تعیین پارامترهای انتقال بررسی نشده است. علاوه بر این، در بیشتر الگوریتم‌های ای‌دی‌آر فعلی، تحرک دستگاه‌های انتهایی در نظر گرفته نشده است.

مروری بر لورا و لورا ون

یک شبکه لورا از دو جز تشکیل شده است: لورا، یک لایه فیزیکی اختصاصی سمت‌ک^۷، و لورا ون که در بالای لایه لورا پیاده‌سازی شده و شامل لایه‌های لینک داده و شبکه می‌باشد. لورا ون، برخلاف لورا، منبع آزاد است و توسط اتحاد لورا^۸ مستند شده است [۱]. یک شبکه لورا ون شامل چندین گره انتهایی می‌باشد که با یک گام به دروازه(ها) متصل‌اند و دروازه(ها) نیز از طریق یک شبکه پشتی با یک گام به سرور(های) شبکه در ارتباط‌اند. برخلاف اکثر شبکه‌ها، در لورا گره‌های انتهایی به دروازه خاصی متصل نیستند؛ به این معنی که آن‌ها بسته‌های خود را پخش می‌کنند و هر دروازه‌ای که در محدوده ارتباطی آن گره قرار داشته باشد پیامش را دریافت می‌کند. پس از آن، دروازه‌ها بسته‌ها را به سرور شبکه ارسال می‌کنند که

^۱ Long Range Wide Area Network (LoRaWAN)

^۲ Low Power Wide Area Network (LPWAN)

^۳ Internet of Things (IoT)

^۴ Adaptive Date Rate (ADR)

^۵ Machine Learning

^۶ Industrial Scientific and Medical (ISM)

^۷ Semtech

^۸ LoRa Alliance

بسته‌های تکراری را حضو می‌کند و با استفاده از دروازه‌های مناسب (دروازه‌ای که قوی‌ترین ارتباط را با گره انتهایی دارد) به گره‌های انتهایی پاسخ می‌دهد. به همین دلیل است که گفته می‌شود که شبکه لورا دارای یک توپولوژی ستاره ستارگان^۱ است. در لایه فیزیکی لورا از طیف پخش جیرجیر (سی‌اس‌اس)^۲ برای مدولاسیون استفاده می‌شود. حساسیت بالای این روش مدولاسیون امکان انتقال دوربرد را برای شبکه‌های لورا فراهم می‌کند. هر انتقال به پارامترهای انتقال زیر بستگی دارد: ضریب پخش^۳ (SF) که مقداری بین ۷ تا ۱۲ دارد، قدرت انتقال (Tx) که می‌تواند مقادیر [۲، ۵، ۸، ۱۱، ۴] dBm را داشته باشد، پهنای باند که می‌تواند مقادیر [۱۲۵، ۲۵۰، ۵۰۰] کیلوهرتز را داشته باشد و نرخ کدگذاری که می‌تواند مقادیر [۴/۵، ۴/۶، ۴/۷، ۴/۸] را داشته‌باشد [5]. در این مقاله تمرکز بر روی SF و Tx است. این پارامترها بر نرخ داده و مصرف انرژی تأثیر می‌گذارند به این صورت که SF ها و Tx های بالاتر منجر به کاهش نرخ داده و افزایش مصرف انرژی و SF ها و Tx های پایین‌تر منجر به افزایش داده‌ها اما کاهش مصرف انرژی می‌شوند.

دو دلیل اصلی برای استفاده از SF های مختلف برای گره‌های انتهایی مختلف وجود دارد. اول این که بسته‌هایی که همزمان در یک کانال با SF های مختلف منتقل می‌شوند، با هم برخورد نمی‌کنند و می‌توانند در دستگاه گیرنده ترجمه شوند، که منجر به قابلیت اطمینان و مقیاس پذیری بالاتر می‌شود. دوم این که SF های بالاتر می‌توانند برای ارسال بسته‌ها در مسافت های طولانی‌تر استفاده شوند در حالی که SF های پایین‌تر منجر به نرخ داده بالاتر می‌شوند. به این معنی که گره‌های دورتر از دروازه‌ها باید از SF های بالاتر استفاده کنند و گره‌های نزدیک‌تر می‌توانند از SF های پایین‌تر استفاده کنند.

طرح تطبیق نرخ داده (ای‌دی‌آر) در لوراو

همان‌طور که در بخش‌های قبلی ذکر شد، SF و Tx می‌توانند برای هر انتقال به صورت سازگارانه تغییر کنند تا نیازهای شبکه از جمله قابلیت اطمینان بالاتر، مقیاس‌پذیری بیشتر و افزایش کلی کیفیت ارتباط بین گره‌ها و دروازه‌ها را برآورده کنند. این تغییرات توسط الگوریتم ای‌دی‌آر انجام می‌شود که به صورت همزمان ولی بدون هماهنگی در داخل هر گره و سرور شبکه اجرا می‌شود. الگوریتم ای‌دی‌آر که در سرور شبکه اجرا می‌شود پیچیدگی بیشتری دارد تا گره‌ها، به منظور کاهش مصرف انرژی خود، ساده باقی بمانند.

الگوریتم ای‌دی‌آر که در داخل هر گره اجرا می‌شود و در این پروژه با ADR-NODE نشان داده می‌شود، توسط اتحاد لورا مشخص شده است [4 در 5]. هدف از ADR-NODE افزایش دامنه ارتباطی است در صورتی که داده‌های ارسال شده در اتصال بالایی^۴ توسط هیچ دروازه‌ای دریافت نشوند. به بیان دقیق‌تر، اگر گره هیچ فریمی در اتصال پایین^۵ خود به مدت قابل تنظیمی دریافت نکند، SF انتقال‌های بعدی خود را افزایش می‌دهد تا بتواند داده‌هایش را به مسیرهای طولانی‌تری بفرستد که باعث کاهش نرخ داده می‌شود.

الگوریتم ای‌دی‌آر که در سرور شبکه اجرا می‌شود توسط اپراتور شبکه تعریف می‌شود. این قسمت از ای‌دی‌آر می‌تواند Tx های گره را افزایش و کاهش دهد اما SF آنها را فقط می‌تواند کاهش دهد. دلیل این که نمی‌تواند SF را افزایش دهد این است که این کار توسط گره انجام می‌شود و افزایش SF از سرور شبکه منجر به نوسانات مداوم می‌شود. لیستی با طول معمولاً بیست که به آن ADRLIST گفته می‌شود، برای هر گره در سرور شبکه نگهداری می‌شود که حاوی اطلاعات بیست بسته آخر دریافت شده توسط آن گره است. این لیست شامل شماره فریم هر بسته است، که برای هر انتقال افزایش می‌یابد، حداکثر نسبت سیگنال به نویز (SNR)^۶ بسته، محاسبه شده توسط دروازه‌های مختلفی که آن بسته را دریافت کرده‌اند، و تنوع دروازه (GWDiversity)، که تعداد دروازه‌هایی است که آن بسته را دریافت کرده‌اند. الگوریتم ای‌دی‌آر روی سرور شبکه، دستورات MAC را بر اساس اطلاعات بسته‌های دریافتی توسط هر گره، برای تغییر Tx و SF به گره‌ها ارسال می‌کند. هدف این است که گره‌ها در نزدیکی دروازه از قدرت انتقال کمتری استفاده کنند، یعنی مصرف انرژی پایین‌تر اما نرخ داده بالاتر، و بالعکس برای گره‌های دورتر.

^۱ Star of stars topology
^۲ Chirp Spread Spectrum (CSS)
^۳ Spreading Factor
^۴ uplink transmission
^۵ downlink transmission
^۶ Signal to Noise Ratio

کارهای مرتبط

الگوریتم ایدی آر اصلی پیشنهاد شده در [۳]، که در این پروژه با ADR-NET نشان داده می شود و توسط Things Network اجرا شده است [18 در 4]، به سرور شبکه اجازه می دهد SF و Tx هر گره را برای اتصال های بالایی تغییر دهد. این الگوریتم یک رویکرد مبتنی بر پیوند دارد زیرا پارامترهای انتقال را بر اساس کیفیت پیوند انتقال و بدون در نظر گرفتن دانش جهانی شبکه تغییر می دهد. برای این کار، سرور شبکه بودجه پیوند^۱ بین هر گره و دروازه ای که قوی ترین سیگنال را از آن گره دریافت کرده است، با استفاده از حداکثر SNR آخرین بیست فریم دریافت شده از آن گره، تخمین می زند. در این الگوریتم از حداکثر مقادیر SNR بیست بسته آخر در انتخاب پارامترهای انتقال استفاده شده است زیرا فرض بر این است که مکانیزم اصلی از دست رفتن بسته ها تداخل با سایر شبکه هایی است که از باندهای آیسام استفاده می کنند و همچنین سایر گره های همان شبکه [۳]. به بیان دیگر، واریانس در کیفیت کانال در این الگوریتم در نظر گرفته نشده است. با این حال، این الگوریتم برای کانال های بدون واریانس بهترین عملکرد را دارد و هنگامی که کیفیت کاهش یابد، کارایی و قابلیت اطمینان آن به طور قابل توجهی افت می کند. علاوه بر این، این الگوریتم گره های انتهایی متحرک را در نظر نگرفته است.

الگوریتم ADR+ که در [4] ارائه شده است، ADR-NET را، به خصوص در کانال های با واریانس بیشتر از ایده آل، بهبود بخشیده است. این الگوریتم به جای در نظر گرفتن حداکثر مقادیر SNR، میانگین آن ها را در نظر می گیرد. با کمک شبیه سازی نشان داده شده است که بهینه سازی های پیشنهادی این الگوریتم در مقایسه با ADR-NET باعث قابل اطمینان تر شدن و کاهش مصرف انرژی شبکه هایی شده است که واریانس کیفیت کانال بالایی دارند.

الگوریتم ADR-OWA، پیشنهاد شده در [5]، قابلیت اطمینان شبکه و مصرف انرژی را حتی بیش از ADR+ افزایش می دهد. در ADR-OWA، از میانگین وزنی منظم (OWA) به عنوان یک روش تصمیم گیری با استفاده از شرایط کانال در تعیین SF و Tx اتصال بالایی هر گره استفاده می شود. ابتدا ADRLIST را بر اساس مقادیر SNR به ترتیب نزولی مرتب می کند و سپس وزنی را برای هر SNR موجود در لیست محاسبه می کند. این وزن با استفاده از نرخ از دست رفتن بسته ها^۲ محاسبه می شود تا کیفیت و واریانس کانال در تعیین پارامترهای انتقال در نظر گرفته شود. بر اساس شبیه سازی های انجام شده، ADR-OWA نسبت به ADR+ در شرایطی که کیفیت کانال ها تغییرات زیادی داشته باشند عملکرد بهتری دارد؛ زیرا رویکرد بدبینانه تری را در پیش می گیرد.

E-ADR که در [۷] ارائه شده است، برخلاف طرح های ایدی آر که در پیش ذکر شد، دو الگوی تحرک زیگزاگ و مربع برای گره ها در نظر گرفته است. این الگوریتم محل گره ها را با توجه به تکنیک تریلاتیراسیون^۳ تخمین می زند. استفاده از این تکنیک ملزم آن است که بسته ها توسط حداقل سه دروازه دریافت شوند. همچنین جابجایی گره ها بر اساس جابجایی های قبلی آن ها تخمین می زند. علاوه بر این، ده حالت انتقال مختلف با SF ها و پهنای باندهای مختلف را در نظر گرفته و حالت ها را بر اساس شاخص قدرت سیگنال دریافتی (RSSI) آنها به گره ها اختصاص می دهد بر اساس آزمایش های انجام شده، عملکرد E-ADR بهتر از ADR-NET است، به ویژه در شبکه های دارای گره های متحرک.