

فعال کردن شبکه های تعریف شده نرم افزار برای شبکه های بی سیم زمان بندی شده با SDN-TSCH: جداسازی ترافیک

فرزادویسی، جولین مونتاونت و فابریس تیولیر
دانشگاه استراسبورگ، فرانسه / ICube, CNRS
ویسیگشتاسب، مونتاونت، تیولیر@unistra.fr

ماتریس زمان بندی، برای هر بار، مشخص می کند که آیا دستگاهی باید بیدار بماند، و در کدام کانال (فرکانس) برای گوش دادن/انتقال یک فریم. IEEE 802.15.4-TSCH از الگوریتم های زمان بندی متمرکز و توزیع شده پشتیبانی می کند [4].
در سال های اخیر یک الگوی جدید بر اساس شبکه های نرم افزاری تعریف شده (SDN) ظاهر شد [5]. این رویکرد به وضوح سطوح کنترل داده را از هم جدا می کند تا همه تصمیمات را بتوان در یک کنترل کننده متمرکز کرد. به نظر ما، چنین متمرکز سازی دو دارایی عمده دارد: (1) دستگاه های شبکه ساده تر هستند و فقط قوانین ارائه شده توسط کنترل کننده را اجرا می کنند، (2) با دید کاملی از شرایط شبکه، کنترل کننده تصمیمات بهینه می گیرد.

برای حفظ استقلال لایه به دست آید. ما همچنین باید به مشکل عدم اطمینان در صفحه کنترل پردازیم: ممکن است یک بسته فرمان یا گزارش بین کنترل کننده و دستگاه های شبکه گم شود. چنین غیرقابل اعتمادی نباید بر همگرایی شبکه تأثیر بگذارد [8] (NFV) باید بروی اتصال متمرکز کند و باید از شبکه های برنامه ریزی شده پشتیبانی کند. پردازش داده و تجمیع درون شبکه ممکن است بیشتر با مجازی سازی عملکرد شبکه SDN با اینترنت اشیا معرفی می کند. به نظر ما، یک راه حل SDN یک کار پیشگام برای تطبیق پارادایم [7] SDN-WISE. در حال حاضر از یک پشته بی سیم چابک تر، با یک پردازش و یک صفحه تصمیم برای شبکه های سلولی حمایت می کند [6] OpenRadio

مشارکت های این مقاله به شرح زیر است:

- (1) ما مکانیسم هایی را برای پشتیبانی از یک صفحه کنترل در شبکه های برنامه ریزی شده پیشنهاد می کنیم. به طور خاص، ما یک فرآیند اتصال را ارائه می دهیم تا دستگاه بتواند همسایگان را پیدا کند و با کنترل کننده تماس بگیرد. در مقابل، کنترل کننده صفحه کنترل را برای دستگاه جدید پیکربندی مجدد می کند.
- (2) ما یک تخصیص منبع فشرده برای صفحه کنترل ارائه می کنیم، که همچنان بدون برخورد است و در عین حال تعداد سلول های اختصاص داده شده را محدود می کند به طوری که دستگاه دارای مسیرهای بالا و پایین برای رسیدن به کنترل کننده است.
- (3) نحوه ذخیره منابع در صفحه داده برای جریان های حیاتی را به تفصیل شرح می دهیم. در حالی که هنوز جداسازی جریان را تضمین می کنیم.
- (4) ما عملکرد راه حل SDN-TSCH خود را در Cooja ارزیابی می کنیم و آن را با آرکستر [9] مقایسه می کنیم و نشان می دهیم که چگونه می تواند به ضمانت های جریان (قابلیت اطمینان و تأخیر) احترام بگذارد.

ب. II. پیشینه & خوشحال دلبلیو ORK

مادر اینجا مفاهیم پس زمینه و کارهای مرتبط با شبکه های کم مصرف زمان بندی شده و SDN را به تفصیل شرح می دهیم.

خلاصه — برنامه های کاربردی اینترنت اشیا صنعتی (IIoT) باید به یک زیرساخت بی سیم تکیه کنند که بتواند تأخیر آنها به انتها پایین و قابلیت اطمینان بالا را ارائه دهد. شبکه های تعریف شده با نرم افزار (SDN) نویدبخش است که شبکه را چابک تر می کند و فرآیند تصمیم گیری را به سمت یک کنترلر سوق می دهد. با این حال، پیوندهای رادیویی ناپایدار هستند در حالی که کنترل کننده نیاز به ایجاد یک نمای دقیق از شبکه برای برنامه ریزی کارآمد انتقال دارد. ما در اینجا SDN-TSCH را برای جداسازی صفحات داده و کنترل برای یک شبکه برنامه ریزی شده پیشنهاد می کنیم. ما یک هواپیمای کنترل قابل اعتماد می سازیم که مسیری بدون برخورد به و از کنترل کننده را حفظ می کند. علاوه بر این، SDN-TSCH جداسازی جریان را تضمین می کند: هر جریان می تواند منابع اختصاصی را ذخیره کند تا قابلیت اطمینان و محدودیت های تأخیر سرتاسر در هر جریان رعایت شوند. در نهایت، ما همچنین منابعی را برای بهترین ترافیک برای تطبیق برنامه های مختلف اختصاص می دهیم. شبیه سازی های Cooja ما ویژگی های جداسازی جریان SDN-TSCH را برجسته می کنند: ما قابلیت اطمینان بسیار بالایی را حتی در حضور بهترین ترافیک ارائه می کنیم.

کلیدواژه ها — اینترنت صنعتی اشیا؛ شبکه های نرم افزاری تعریف شده. برنامه ریزی؛ هواپیمای کنترل اختصاصی؛ جداسازی جریان

من. من. مقدمه

هدف Industry 4.0 اصلاح فرآیندهای صنعتی به منظور انعطاف پذیری بیشتر از طریق خطوط مونتاژ قابل تنظیم مجدد است. سیستم های فیزیکی سایبری اندازه گیری ها را در زمان واقعی جمع آوری می کنند و تصمیمات مناسبی را برای بهینه سازی سیستم اتخاذ می کنند: قرار دادن دستگاه های جدید، قابلیت های سیستم را گسترش می دهد [1]. برای این منظور، Industry 4.0 به طور گسترده ای بر انتقال بی سیم برای ایجاد اینترنت صنعتی اشیا (IIoT) [2] متکی است. مجموعه بزرگی از حسگرها و محرک ها (معروف به موت) در محیط پخش می شوند تا کنترل کنند و به طور مداوم اندازه گیری ها را بازیابی کنند. هوشمندانه تصمیمات از آنجایی که دستگاه ها با باتری کار می کنند، جامعه پروتکل های کارآمد انرژی را دوباره طراحی کرده است تا به ندرت از منابع استفاده کند، و در بیشتر مواقع حرکت ها را خاموش می کند.

با این حال، شبکه های بی سیم دارای تلفات هستند: بسته به شرایط کانال، یک بسته ممکن است توسط گیرنده رمزگشایی شود یا نباشد. کیفیت پیوند حتی با زمان متغیر است: تداخل خارجی ممکن است ایجاد شود، که اگر نسبت سیگنال به نویز (SNR) خیلی کم باشد، تأثیر منفی بر قابلیت اطمینان دارد. در این شرایط، ارائه قابلیت اطمینان بالا و تأخیر کم، همانطور که در اکثر کاربردهای صنعتی مورد نیاز است، به ویژه چالش برانگیز است.

برای مقابله با این محدودیت ها، پروتکل های قطعی کنترل دسترسی متوسط (MAC) در ادبیات پیشنهاد شده اند. به طور معمول، [3] IEEE 802.15.4-TSCH برای جلوگیری از برخورد، بر یک برنامه زمانبندی دقیق از انتقال تکیه می کند. را

شناسه، برای هر قاب اسلات، سلول ها را می توان به اشتراک گذاشت، مبتنی بر گیرنده، یا مبتنی بر فرستنده، دو دسته اول به وضوح اختلاف نیاز دارند زیرا فرستنده های متعدد می توانند از آن بازه های زمانی استفاده کنند. ارکستر برای مدیریت Beacon های پیشرفته، بسته های RPL یا بسته های داده به سه قاب مختلف متکی است. با این حال، تعداد اسلات فریم ها، اندازه هر اسلات فریم و انواع اسلات باید قبل از اجرای شبکه در دستگاه ها کدگذاری شوند.

ب. پارادایم SDN

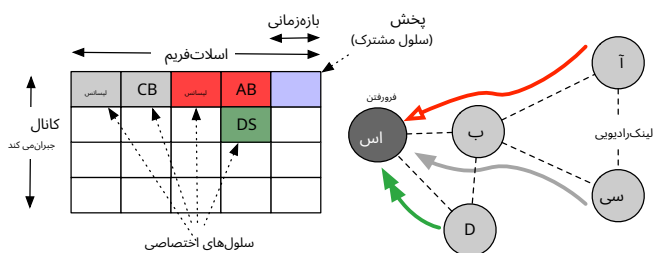
شبکه های نرم افزاری تعریف شده (SDN) [5] برای چابک کردن شبکه بسیار محبوب بوده است. SDN با جدا کردن فرآیند ارسال بسته های شبکه (صفحه داده) از فرآیند مسیریابی (صفحه کنترل) هوش شبکه را از دستگاه های شبکه حذف می کند. یک یا چند کنترل کننده هوش شبکه را متمرکز می کنند و صفحه کنترل را تشکیل می دهند در حالی که دستگاه های شبکه صفحه داده را تشکیل می دهند. کنترل را دید کاملی از شبکه ارائه می شود و بنابراین می تواند تصمیمات بهینه ای را در مورد انتقال ترافیک بگیرد. به طور معمول، دستگاه های شبکه بدون اطلاع شروع به کار می کنند و از کنترل کننده می پرسند که چگونه بسته های دریافتی را مدیریت کند. سپس کنترل کننده قوانین حمل و نقل را بر روی دستگاه های شبکه اعمال می کند که بسته های خاص جریان مطابقت دارند. $g.h$ ، بسته را رها کنید یا آن را از طریق یک صف خروجی مشخص ارسال کنید اگر flow-id برابر است با من.

شبکه های بی سیم غیر قابل اعتماد هستند: صفحه کنترل به مکانیسم هایی برای اندازه گیری کیفیت پیوند، فراهم کردن فرصت های ارسال مجدد کافی، و غیره نیاز دارد. SDN-WISE بر روی تجمیع درون شبکه تمرکز دارد [7]. جداول Stateful در هر گره قوانینی را برای اعمال هر بسته دریافتی بر اساس خواندن بسته ها و محتوای آنها اعمال می کنند. یک گره ممکن است به عنوان مثال برای ارسال یک بسته از گره B پیکربندی شود، اگر آخرین مقدار دمای ارسال شده از گره C از مقدار آستانه فراتر رود. در حالی که SDN-WISE محاسبات را تا حد امکان به تولید کنندگان داده نزدیک می کند، باید بسته ها و بار آنها را با هدرهای اندازه ثابت بخواند.

شبکه های حسگر بی سیم صنعتی برای جلوگیری از برخورد و رعایت ضمانت های سرتاسر به زمان بندی متکی هستند. Orozco-Santos و همکاران [a] را برای محاسبه کوتاه ترین مسیرها، بر اساس Dijkstra را برای پشتیبانی از شبکه های برنامه ریزی شده تقویت کرد. هدف ایجاد یک برنامه زمانبندی است، به طوری که هر زمان که بسته ای تولید می شود، بتوان به یک ضرب الاجل خاص برای هر جریان احترام گذاشت. کنترلر هم مسیرها و هم برنامه را محاسبه می کند. این یک استراتژی SDN-WISE [12] فشار متریک این فشار معمولاً متناسب با میزان ترافیکی است که هر گره باید به جلو برد. سپس، کنترل کننده ابتدا جریان ها را با سخت ترین ضرب الاجل ها برنامه ریزی می کند. سپس این طرح را برای پشتیبانی از ترافیک چندپخش گسترش می دهد [13]. با این حال، صفحه کنترل هنوز غیر قابل اعتماد است زیرا به سلول های مشترک متکی است که برای Beacon های پیشرفته، بسته های گزارش و دستورات از/به استفاده می شود.

کنترل کننده ه اشتراک گذاشته شده اسلول ها k هستند. حاله ب بسیار زیان آور است، به برای انفجار [ترافیک 01 y [1]، $g.h$ ، hen a new خصوص پیکربندی مجدد کار ضروری .

usdn [14] من عناصر تل SDN مفهوم در تابع برنامه ریزی k پشته آر همدادن روی و RPL یک توزیع 6TISCH، به سمت تعمیر هر شماره درز رو کنید ه سادی ج ون گذاری هواپیمای کنترل برای نگهداری این شرکت طرح کنترل ه شرکت کننده



شکل 1: برنامه TSCH ساده با سلول های مشترک و اختصاصی

A. IEEE 802.15.4-TSCH

یک ساعت جهانی را در شبکه تعریف می کند و مربوط به تعداد دفعات زمانی است که سینک بوت استرپ شده است. به طور دقیق تر، استاندارد از دو نوع سلول در ماتریس زمان بندی پشتیبانی می کند، ASN (بر دسترسی برنامه ریزی شده متکی است: یک ماتریس زمان بندی (یک اسلات فریم) از سلول ها (جفت شکاف های زمانی و آفست کانال) تشکیل شده است. از آنجایی که فریم اسلات در طول زمان تکرار می شود، فرستنده ای که به یک سلول اختصاص داده می شود، پهنای باند رزرو شده برای ارسال های خود دارد. عدد توالی مطلق TSCH-IEEE802.15.4، شبکه های بی سیم صنعتی را هدف قرار می دهد. پرش آهسته کانال با تداخل خارجی مقابله می کند: اگر بسته ای را نتوان رمزگشایی کرد، از طریق کانال دیگری دوباره ارسال می شود. علاوه بر این [3] IEEE 802.15.4 TSCH

سلول های مشترک اجرای قطعه نامه مناقشه برای تصدیق بسته های لبه دار به طور دقیق تر، اگر فرستنده یک را دریافت نکند، قبل از ارسال مجدد همان بسته، تعدادی تصادفی از سلول های مشترک (مرتبط با مقدار بازگشتی آن) را پرش می کند. امیدواریم فرستنده های مختلف مقادیر متفاوتی را انتخاب کنند. با این حال، عقب نشینی در میان سلول ها است و نه در داخل سلول ها، و بنابراین از نظر پهنای باند گران است زیرا برخورد ها برای چگالی های متوسط مکرر هستند [10]. به طور معمول، سلول مشترک در شکل 1 ممکن است برای ترافیک پخش غیر بحرانی مانند Beacon های پیشرفته (EB) استفاده شود.

سلول های اختصاصی هیچ حل اختلافی ندارند بنابراین، یک کار سلول icated باید به انتقال های بدون تداخل اختصاص داده شود تا از برخورد جلوگیری شود. به طور خاص، لینک های مختلف ممکن است از آفست کانال های مختلف در یک شکاف زمانی استفاده کنند تا انتقال ها در کانال های مختلف را چندگانه کنند و ظرفیت شبکه را افزایش دهند.

از سلول های مختلف استفاده می کنند (خاکستری (C و قرمز) A) از الگوریتم های زمان بندی متمرکز و توزیع شده پشتیبانی می کند [4]. یک زمان بندی متمرکز ممکن است زمان بندی های بدون برخورد بسازد، زیرا اطلاعات کاملی از همه ارسال ها دارد. رویکردهای توزیع شده نیاز به شناسایی و تصحیح برخوردها دارند. برای جداسازی جریان، زمان بند باید سلول های مختلفی را برای جریان های مختلف اختصاص دهد. در شکل 1، جریان های TSCH آنها از طریق پیوند منتقل می شوند -/اس.

ارکستر [9] یک راه حل بسیار کارآمد برای اجرای برنامه TSCH روکش کردن IEEE802.15.4 در یک مرد توزیع شده است که به [11] RPL تکیه یا ner می کند تا مسیری به سمت t ایجاد کند وقتی RPL همگرا شد، یک او غرق می شود دستگاه سلول های هر یک از همسایگان خود را استخراج می کند. با استفاده از روش استفاده از شناسه آنها به طور دقیق تر، یک تابع تصادفی یک فاصله شبه زمانی و آفست کانال f را استخراج می کند رام

به کنترل کننده متکی نیست. با این حال، ما متقاعد شده ایم که کنترل کننده باید منابعی را برای صفحه کنترل تخصیص دهد: از کدام مسیر(های) استفاده کند و چه تعداد سلول را رزرو کند.

III. SDN-TSCH

مادر اینجا یک طرح جدید SDN را پیشنهاد می کنیم که برای شبکه های حسگر بی سیم صنعتی طراحی شده است. SDN-TSCH یک زیرساخت بی سیم می سازد که قادر است:

- رعایت ضمانت های هر جریان (حداقل نسبت تحویل بسته پایان به انتها، و حداکثر تأخیر پایان به انتها) برای جریان های بحرانی؛
 - در بالای یک لایه MAC برنامه ریزی شده (در اینجا IEEE جداسازی واضح کنترل و صفحات داده، با منابع رادیویی اختصاصی؛، IEEE 802.15.4-TSCH)
 - راه اندازی یک صفحه کنترل قابل اعتماد: ما از سلول های اختصاصی (غیر برخوردی) با یک مسیر بدون برخورد به و از کنترل کننده برای هر دستگاه شبکه بهره برداری می کنیم. ما یک روش کارآمد برای بهره برداری از یک سلول واحد از یک گره به تمام فرزندان آن، برای فشرده تر کردن برنامه و صرفه جویی در انرژی پیشنهاد می کنیم.
 - سوئیچینگ برچسب سوء استفاده کنید، به طوری که یک بسته به طور شفاف به مقصد ارسال می شود. کنترل کننده کنترل کامل را حفظ می کند و می تواند یک مسیر مشخص را برای یک جریان مشخص با منابع اختصاصی برای تضمین جداسازی جریان ایجاد کند.
 - هنگامی که یک دستگاه جدید باید پذیرفته شود، هر دو صفحه کنترل و داده را پیکربندی کنید.
- اکنون عملیات SDN-TSCH را برای فعال کردن SDN در یک شبکه حسگر بی سیم صنعتی به تفصیل شرح می دهیم.

الف. تعویض برچسب

برای ساده سازی رفتار همه گره ها، ما یک رویکرد سوئیچینگ برچسب را پیاده سازی می کنیم، که متکی به یک id piggyback-flow در هدرهای SDN هر بسته است. هر بسته در نوبت یک id-flow دارد که مسیر(های) مقصد را مشخص می کند. در واقع، یک id-flow توسط کنترل کننده تعریف می شود، که همچنین یک جدول id-flow را برای هر گره حفظ می کند. بنابراین، در ابتدای یک سلول TX، فرستنده id-flow مربوطه را از جدول id-flow استخراج می کند و اولین بسته در صف مربوطه را جدا می کند.

یک id-flow خاص برای ترافیک کنترلی که به سمت کنترلر می رود وجود دارد ("به کنترل کننده"). در اینجا، منابع رادیویی توسط کنترل کننده برای تمام مسیرهای همگرا رزرو شده است. به طور متقارن، شناسه جریان دیگری برای بسته های تولید شده توسط کنترل کننده، به هر گره در شبکه وجود دارد. ("از کنترلر"). ما در بخش III-D توضیح خواهیم داد که چگونه چنین بسته ای به مقصد unicast خود می رسد.

ب. فرآیند کشف

اجازه دهید در اینجا فرض کنیم که شبکه پیکربندی شده است (صفحه های کنترل و داده):

- 1) گره همگام شده است و یک برنامه نصب شده دارد.
- 2) صفحه کنترل پیکربندی شده است و هر دستگاه دارای سلول های اختصاصی به و از کنترل کننده است. بنابراین، hop-by-hop، یک مسیر به و از کنترل کننده، با منابع اختصاصی وجود دارد.

یک گره جدید باید یک فرآیند کشف را برای شناسایی یک همسایه از قبل متصل آغاز کند. ما در اینجا از Beacon های پیشرفته کلاسیک (EB) که به صورت دوره ای توسط هر گره ارسال می شود، دوباره استفاده می کنیم. این EB ها دو هدف دارند:

- 1) همگام سازی برای گره های غیر متصل، که می تواند ساعت خود را برای پیروی از برنامه شبکه تنظیم کند.
- 2) پیکربندی که در یک عنصر اطلاعاتی (IE) پشتیبان شده است. این اینترنت اکسپلورر به گیرنده اجازه می دهد تا عدد توالی مطلق (ASN)، طول فریم اسلات، تعداد سلول های مشترک و غیره را بداند.

ما همچنین رفتار پیش فرض IEEE 802.15.4-TSCH را حفظ می کنیم که در آن EB از طریق سلول های مشترک منتقل می شود، که همه گره ها باید به آن گوش دهند. برای کاهش تأخیر و برخوردها، سلول های مشترک را در اسلات فریم به طور یکنواخت توزیع می کنیم [15].

یک گره فهرستی از همسایگان را نگه می دارد و تعداد EB های دریافتی از هر همسایه را به عنوان شاخص کیفیت پیوند می شمارد. فقط یک شمارنده حفظ می شود: از آنجایی که انتقال ها دوره ای هستند، نسبت تحویل بسته مرتبط می تواند بعداً توسط کنترل کننده از شمارنده به طور ایمن استخراج شود.

ج. به فرآیند ملحق شوید

یک گره جدید باید حضور خود را به کنترل کننده اعلام کند. در مقابل، کنترل کننده صفحه کنترل را برای پذیرش گره جدید پیکربندی می کند.

یک گره غیر متصل به طور مداوم تمام EB های دریافت شده در طول فرآیند کشف را جمع آوری می کند. به طور خاص، یک گره نباید به محض دریافت EB، کشف را متوقف کند: همسایه دیگری ممکن است انتخاب بهتری باشد. در حالی که کنترلر بعداً آن را تشخیص می دهد، پیکربندی مجدد گران و بی فایده است.

وقتی زمان کافی سپری شود، گره جدید a را می سازد گزارش بسته ای که در آن لیستی از همسایگان خود و همچنین تعداد EB های دریافت شده از ابتدا برای هر یک از همسایگان (من.ه.، شمارنده EB). گره جدید یک استراتژی سیب زمینی داغ را اتخاذ می کند: می تواند از هر سلول مشترک برای ارسال استفاده کند گزارش به هر یک از همسایگان انتقال به صورت unicast است و گره جدید منتظر یک است آگ. شایان ذکر است که کنترل کننده معمولاً ممکن است برای گره جدید یک والد مسیریابی متفاوت از این همسایه انتخاب کند (شکل 2 را ببینید). بنابراین، ما مسیرها را با این استراتژی عملگرا محدود نمی کنیم.

یک گره متصل که a را دریافت می کند گزارش باید آن را به کنترلر ارسال کند. خوشبختانه، صفحه کنترل آن قبلاً پیکربندی شده است و مسیریابی سلول های اختصاصی به کنترل کننده وجود دارد. هاپ به هاپ، گزارش بسته به سینک می رسد، که بسته SDN را به کنترل کننده ارسال می کند. از آنجایی که مسیر بدون برخورد است، ما انتظار داریم یک صفحه کنترل قابل اعتماد از طریق ارسال مجدد لایه پیوند وجود داشته باشد. شبیه سازی های ما این فرض را تایید می کند.

یک گره به طور مداوم دریافت EB را نظارت می کند و شمارنده EB راحتی پس از پیوستن به شبکه به روز می کند. علاوه بر این، به ارسال دوره ای ادامه می دهد گزارش بسته ها به کنترلر، به طوری که کنترل کننده می تواند تغییرات کیفیت لینک را تشخیص دهد.

شکل 2 یک سناریوی ساده را نشان می دهد که در آن گره وجود دارد یک گره جدید است در حالی که بقیه توپولوژی قبلاً وجود دارد

جدول 1: پارامترهای شبیه سازی

سکو	سیستم عامل: Contiki-ng شبیه ساز: کوچا
مشترک مولفه های	اندازه شبکه: 5 یا 10 یا 15 تعداد گره های بحرانی: 3 الگوی ترافیک: Convergecast ترافیک بحرانی: نرخ بیت ثابت، 1 بسته در هر 5 ثانیه بهترین ترافیک: پواسون، به طور متوسط 1 بسته در هر 5 ثانیه دوره TSCH EB: 10 ثانیه
SDN-TSCH	طول فریم اسلات: 509 تعداد سلول های بهترین تلاش (بی اف تی اس): 1 یا 5
ارکستر	53, 151 RPL: Storing mode len: 31 Data Slotframe len: 17, Slotframe len: 397 RPL Slotframe EB

نیازمندی ها، و می تواند برنامه ای را برای ذخیره پهنای باند کافی برای جریان جدید محاسبه کند:

- سلول های اضافی را در طول مسیر برای رعایت قابلیت اطمینان انتها به انتها فراهم می کند.
- سعی می کند سلول ها را پشت سر هم زمان بندی کند (سلول ارسال بعد از آخرین سلول ارسال مجدد پرش قبلی) تا تأخیر انتهای انتها را به حداقل برساند.

در راه حل ما، یک پیکربندی بسته برای پیکربندی یک flow-id جدید و برنامه زمانی کل مسیر کافی است. ما از مسیریابی منبع استفاده می کنیم، به طوری که مسیر شامل دو بخش است:

- 1) از سینک تا مقصد: برنامه این قسمت خالی است (هیچ سلولی نباید رزرو شود).
- 2) از مقصد تا مبدأ: هر پرش تعداد مشخصی سلول در قسمت زمان بندی دارد پیکربندی بسته از آنجایی که بسته از مقصد به مبدأ هدایت می شود، منبع می تواند مطمئن باشد که همه چیز هنگام دریافت اطلاعات پیکربندی شده است. پیکربندی بسته می تواند با خیال راحت شروع به انتقال بسته های داده مربوط به برنامه جدید کند.

پ. IV. عملکرد ارزش گذاری

برای ارزیابی عملکرد SDN-TSCH، SDN-TSCH و ارکستر [9] را شبیه سازی کردیم که نشان دهنده یک زمان بندی توزیع شده پیشرفته برای IEEE 802.15.4-TSCH است.

الف. تنظیم ارزیابی

ما از سیستم عامل Contiki-ng و شبیه ساز Cooja برای پیاده سازی SDN-TSCH استفاده می کنیم. ما ارکستر [9] و SDN-TSCH را باهم مقایسه می کنیم. ما شبکه ها را با 5، 10 یا 15 گره و یک الگوی ترافیک همگرا شبیه سازی می کنیم. ما دو نوع جریان را شبیه سازی می کنیم:

بحرانی: کنترل کننده یک شناسه جریان و مجموعه ای از سلول ها را برای آن ذخیره می کند یک جریان بحرانی واحد سه گره به طور تصادفی در توپولوژی انتخاب می شوند تا یک جریان بحرانی ایجاد کنند. برنامه های کاربردی حیاتی هر 5 ثانیه یک بسته داده تولید می کنند و به نسبت تحویل بسته 99 درصدی نیاز دارند. بهترین تلاش برنامه ها ترافیک پواسون را با میانگین سن یک بسته در هر 5 ثانیه، به عنوان مثال، ترافیک با بهترین تلاش، جریان های ناشی از رویداد را تقلید می کند. تمام گره هایی که برای جریان های بحرانی انتخاب نشده اند، یک جریان بهترین تلاش را ایجاد می کنند.

ارکستر با اندازه های فریم اسلات کاربردی مختلف اجرا می شود تا هزینه PDR بالا در برابر مصرف انرژی را تعیین کند.

به کنترل کننده: راپیکربندی بسته همان مسیر را دنبال می کند، اما زمان بندی آلود را با فاصله زمانی 7 و کانال آفست 0 تنظیم می کند. شناسه جریان در اینجا با 1 مطابقت دارد ("E" به کنترل کننده).

همانطور که می توان توجه داشت، ما از یک سلول واحد برای یک گره برای همه فرزندان استفاده می کنیم تا برنامه خود را فشرده تر کنیم و در مصرف انرژی صرفه جویی کنیم. در واقع، همه کودکان در حالت RX هستند و آن را دریافت خواهند کرد پیکربندی بسته با این حال، تنها فرزندی که آدرس مقصد لایه پیوند درستی داشته باشد آن را پردازش می کند، سایر کودکان بسته را رها می کنند. بیش از حد گوش دادن با برنامه فشرده تر برای صفحه کنترل که توسط این دوطرفه سازی کودکان به ارمغان می آورد، متعادل می شود.

از آنجایی که گره جدید هنوز پیکربندی نشده است، آخرین پرش به عنوان یک مورد خاص مدیریت می شود. گره ای که قبل از آخرین شناسه در مسیر است از یک سلول مشترک برای ارسال استفاده می کند پیکربندی بسته به گره جدید. در واقع، هنوز هیچ سلول اختصاصی به از گره جدید وجود ندارد. با این حال، بار بسیار کم است (فقط برای گره های جدید)، و به روز رسانی های بعدی از سلول های صفحه کنترل اختصاصی جدید نصب شده توسط گره جدید استفاده می کنند.

در شکل 2، گره ب را دریافت می کند پیکربندی بسته از کنترلر. موردی رادر جدول زمانی استخراج می کند که با سلول های TX آن مطابقت دارد (من.ه.، اولی). در اینجا، بازه زمانی 4 از قبل در برنامه خود وجود دارد (مطابق با گره کودکان / از کیس کنترلر) و ب از آن می گذرد سپس سلول های TX مربوط به پرش بعدی را استخراج می کند: هیچ کدام وجود ندارد، و سپس بسته به پرش بعدی ارسال می شود (آدر مسیر).

بعد از آن دو پیکربندی بسته ها توسط گره دریافت شده است، صفحه کنترل پیکربندی شده است و یک مسیر بدون برخورد از و به کنترل کننده وجود دارد. می تواند شروع به ارسال Beacon های پیشرفته برای همسایگان غیر متصل کند.

بهترین ترافیک تلاش E.

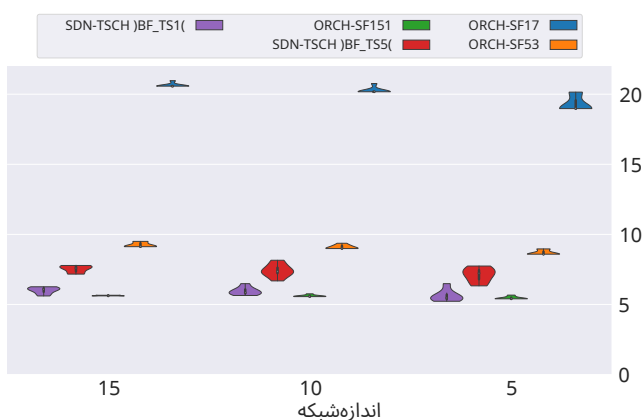
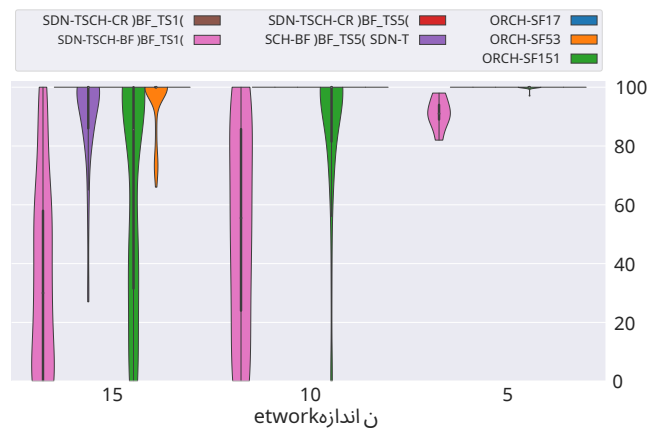
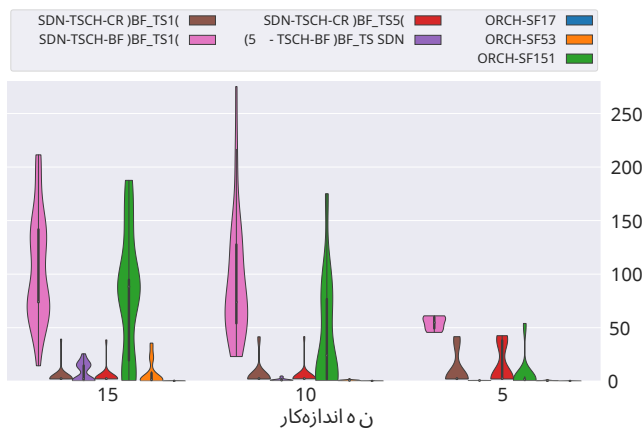
مایک استراتژی بهترین تلاش را پیشنهاد می کنیم که در آن بلافاصله پس از پیوستن به صفحه کنترل، هر دستگاه سلول هایی را برای بهترین ترافیک خود به سمت سینک دریافت می کند. به طور دقیق تر، کنترلر یک رمان تولید می کند پیکربندی بسته برای رزروبی اف تی اس سلول ها در هر فریم شکاف از گره جدید تا والد آن. هیچ برخوردی نمی تواند رخ دهد زیرا یک فرستنده منفرد در طول این سلول فعال است. با این حال، تمام جریان های بهترین تلاش از سلول های یکسانی استفاده می کنند و بسته های داده ممکن است به دلیل سرریز بافر حذف شوند.

در شکل 2، کنترل کننده یک رمان ارسال می کند پیکربندی بسته برای اعلام سلول بهترین تلاش (زمان زمانی 8، آفست کانال 0) برای پیوند آ-ب.

و. پذیرش یک جریان انتقادی بدیع

را ایجاد می کند a منبع SDN را باز می کند، لایه انتقال از کنترلر برای رزرو جدید با نمایه برنامه درخواست می کند. لایه UDP است و حداقل قابلیت اطمینان سرتاسر و حداکثر تأخیر پایان به انتها را مشخص می کند. هنگامی که برنامه یک اتصال QoS (از جداسازی جریان نیز پشتیبانی می کند. هر برنامه حیاتی دارای الزامات خاصی برای کیفیت خدمات SDN-TSCH درخواست جریان بسته و با استفاده از صفحه کنترل، آن را به کنترل کننده ارسال می کند به کنترل کننده id. flow-

رادرخواست جریان شامل i آدرس سوکت، ب) نمایه ترافیک. بنابراین، کنترل کننده دقیقاً می داند



به همین ترتیب، ما	منفذ و مقدار برای SDN-TSCH در TS_
تعداد	سلول های تلاشی از یک گره به سمت سینک: 1 و 5.
در هر شکاف	فریم های پیش فرض اسلات فریم و فریم های اسلات EB
اندازه ها برای	RPL راهمانطور که تعریف شد در ارکستر نگه می داریم.
در [9].	استرا از جداسازی جریان پشتیبانی نمی کند و همینطور oes
منابع هستند	استفاده شد. برای بهتری تلاش و جریان های بحرانی. جدول I
رادیو باره گروه بندی می کند	مقادیر ent پارامترهای ما
ما از استفاده می کنیم	سیگناتر الگوریتم زمان بندی حریصانه، برای تمرکز
در SDN	TSC - اچ معماری، و نه بر اساس برنامه ریزی
الگوریتم آن	چنین الگوها، بسیاری از الگوریتم های متمرکز وجود دارند
ادبیات	و متهمکن است با SDN-TSCH سازگار شود. برای
بیان مورد نیاز	to-en - دیدار با PDR، زمانبندی

(1) اختصاص می دهد
ضعیف ترین ارتباط داری
زمانی که هفتم
بدست می آورد یک عدد
حرمشلول های بیشتری را (برای ارسال مجدد) به مسیر
جریان منتقل کنید. این فرآیند را متوقف می کند
en d-to-ende محدودیت PDR رعایت می شود: آن
متعدد اسلول ها برای هر پرش [16].
2) ذخایر
هر هو
e تأخیر آنها به انتها، زمان بندی کننده تخصیص می دهد
اولین زمان به عدد زیادی موجود پس از آخرین بازه زمانی 509
هاب

ب. نتایج الف co دقیق

مابتدا م
PDR) پیش‌انتها به انتها را برای
هر جریان الف تی پایان هر شبیه سازی سپس، شکل 3
نشان‌دهنده the dis te پوشش PDR برای همه جریان ها، برای
شبکه‌های مختلف ork به طور جداگانه گزارش می دهیم. SDN-TSCH. برای izes
هر جریان میانگین و برای جریان های بحرانی و برای بهترین تلاش تأخیر
جریان می یابد. SDN- TSC
جریان ها: P آنها دکتر منی گذارد، هر شرایطی که باشد. جریان st-effort
در مقابل رای، ب هم ممکن است یک گلوگاه باشد زمانی که یک r سلول
ناکافی nmb بهترین تلاش رزرو شده باشد. با این حال، استفاده از
رادر ص ادامه می دهیم rovid یک PDR متوسط 100 % با 15 گره، ممکن است PDR
در حالی که چند جریان می یابد کمتری را نشان دهد.

ارکستر اجراء می شود باهمان مشخصات ترافیک با این حال، این است
قابریه دوباره نیست مشخصات تر هر جریان را تضمین می کند، و بنابراین PDR از
جریان بحرانی و بهترین تلاش یکسان است. علاوه بر این، اندازه قاب
شکاف باید به اندازه کافی، کوچک باشد تا انتقال، کافی، داشته باشد

اگر یک گره به طور متوسط سلول های فعال بیشتری داشته باشد، کاهش می یابد. از آنجایی که ارکستر از ترافیک آگاه نیست، تعداد سلول های ثابتی در هر گره دارد، هر شرایطی که باشد. بنابراین، برای ارائه قابلیت اطمینان بالا، ارکستر نیاز به عملکرد با فریم های کوتاه دارد که تأثیر منفی بر مصرف انرژی دارد. SDN-TSCH بسیار انعطاف پذیرتر است و می تواند خود را با شرایط تطبیق دهد: انرژی تنها برای بهترین ترافیک کاهش می یابد، در حالی که مصرف انرژی معقولی برای پشتیبانی از برنامه های حیاتی، با جداسازی جریان حفظ می شود.

C. V. نتیجه گیری & چشم انداز

مادر اینجا SDN-TSCH را ارائه کرده ایم که می تواند به طور موثر یک معماری SDN را در یک شبکه حسگر بی سیم صنعتی برنامه ریزی شده پیاده سازی کند. هر دستگاه در شبکه پذیرفته می شود و کنترل کننده صفحه کنترل را برای حفظ یک مسیر بدون برخورد ازو به کنترل کننده پیکربندی می کند. کنترل کننده همچنین بسته های گزارش را جمع آوری می کند تا یک دید ثابت از کیفیت پیوندها را حفظ کند و برنامه ای بسازد که به تضمین های سرتاسر احترام بگذارد. کنترل کننده کنترل کاملی بر روی شبکه دارد و می تواند منابع اختصاصی را برای جریان های بحرانی در مقابل بهترین تلاش ذخیره کند. ارزیابی عملکرد ما توانایی SDN-TSCH را برای پشتیبانی از جداسازی جریان، با تعداد کمی سلول فعال و در نتیجه مصرف انرژی کمتر نشان می دهد.

در یک کار آینده، ما قصد داریم کنترل کننده را گسترش دهیم تا بهینه سازی مداوم را فعال کند تا در هنگام تغییر ویژگی های شبکه، انرژی صرفه جویی شود. G. ه. حجم ترافیک، کیفیت لینک. به طور خاص، ما انتظار داریم که عملکرد مسیرها و برنامه های مختلف را در مورد مصرف انرژی و همچنین تحمل خطا ارزیابی کنیم. معماری ما همچنین به طور طبیعی از چند مسیر پشتیبانی می کند، زیرا یک id-flow معین ممکن است با سلول های TX متعدد، به همسایگان مختلف مرتبط باشد. بنابراین، ما انتظار داریم که خواص تحمل خطا راه حل خود را بررسی کنیم تا قابلیت اطمینان بسیار بالایی را حتی در صورت وجود خطا ارائه کنیم.

اتصديق

این کار تا حدی توسط پروژه Nano-Net آژانس تحقیقات ملی فرانسه (ANR) تحت قرارداد ANR-18-CE25-0003 پشتیبانی شد.

REFERENCES

1. Wang. 4.0 بررسی شبکه های بی سیم صنعتی در زمینه صنعت 4.0. Athanasios V. Vasilakos, Chin-Feng Lai, و Shiyong Xiaomin Li, Di Li, Jiafu Wan [1] شبکه های بی سیم، 23 (1): 23-41، ژانویه 2017.
2. آینده ارتباطات صنعتی: شبکه های اتوماسیون در عصر اینترنت اشیا و T. Sauter, و J. Jasperneite. 4.0 اشیا و M. Wollschlaeger [2] مجله IEEE Industrial Electronics، 11 (1): 17-27، مارس 2017.
3. استاندارد Ieee برای شبکه های بی سیم کم نرخ IEEE Std 802.15.4-2015 (بازبینی 2020)، صفحات 1-800، 2020.
4. رودریگو تلس هرمتو، آنتوان گالیس و فابریس تیولیر. برنامه ریزی برای IEEE 802.15.4-TSCH و Channel Hopping MAC Slow در صنایع کم مصرف

شبکه های بی سیم محاسبه کنید. / اشتراک. دسامبر 2017، 105-84 (C): 114،

[5] مورات کاراکوس و آرجان دورسی. یک نظرسنجی: مسائل و رویکردهای مقیاس پذیری سطح را در شبکه های نرم افزاری تعریف شده (sdn) کنترل کنید. شبکه های کامپیوتر، 293: 112-279، 2017.

[6] مانو بانسال، جفری مهلمن، ساچین کتی و فیلیپ لویس. Openradio: یک هواپیمای داده بی سیم قابل برنامه ریزی. در HotSDN، صفحات 109-114، 2012.

[7] لورا گالوپو، سیاستیانو میلاردو، جاکومو مورایتو و سرگیو پالاتزو. Sdn-wise: طراحی، نمونه سازی و آزمایش یک راه حل sdn حالت دار برای شبکه های حسگر بی سیم. که در INFOCOM، 2015.

[8] مایک اوجو، دیوید آدامی و استفانو جوردانو. معماری sdn-iot پیاده سازی nf.v. که در کارگاه های آموزشی IEEE Globecom، صفحات 1 تا 6، 2016.

[9] سیمون دوکنوی، بشر آل نحاس، اولاف لندزیدل، و توماس واتین. ارکستر: شبکه های مش قوی از طریق TSCH برنامه ریزی شده مستقل.

کدر

SenSys، صفحات 337-350، 2015. ACM.

[10] فابریس تیولیر و جورجیوس ز. پاپادوپولوس. اعتبار سنجی سابق-آزمایشی یک 6tisch خود پیکربندی توزیع شده با جداسازی ترافیک در شبکه های کم تلفات که در MSWiM، صفحات 102-110، 2016. ACM.

[11] تی زمستان. پروتکل مسیریابی برای شبکه های کم مصرف و با اتلاف 2012، RFC 6550, 6551, 6552, IETF.

[12] فردریکو اوروزکو سانتوس، ویکتور سمپره پایا، ترزا آلبرو، و خاویرسیلوستر بلنز. تقویت sdn عاقلانه با برش دادن روی tsch حسگرها، 21 (4)، 2021.

[13] فردریکو اوروزکو-سانتوس، ویکتور سمپره پایا، خاویر سیلوستر-بلنز، و ترزا آلبرو-آلبرو. برنامه ریزی چندپخش در sdn برای پشتیبانی از گره های موبایل در شبکه های حسگر بی سیم صنعتی. دسترسی IEEE، 9: 141651-141666، 2021.

[14] مایکل بادلی، رضا نجابتی، جورج اویکونومو، صدات گورموس، ماهش سورباندارا، و دیمیترا سیمونیدو. جداسازی ترافیک کنترل sdn با برش لایه 2 در شبکه های صنعتی 6tisch. که در کنفرانس IEEE 2017 درباره مجازی سازی عملکرد شبکه و شبکه های تعریف شده نرم افزار (NFV-SDN)، صفحات 247-251، 2017. IEEE.

[15] رودریگو تلس هرمتو، آنتوان گالیس و فابریس تیولیر. مطالعه عمیق تجربی دینامیک یک شبکه کم تلفات صنعتی داخلی شبکه های Ad Hoc، 93: 101914، 2019.

[16] گیوم گیلارد، دومینیک بارتل، فابریس تیولیر و فابریس والوا. Kausa: الگوریتم زمان بندی آگاه KPI برای جریان چندگانه در شبکه های اینترنت اشیا چند هاپ. که در ADHOC-NOW، صفحات 47-61، 2016.

[17] هونگیان شین و ژاکسون لیو. انتقال متعادل انرژی با فواصل دقیق برای شبکه های حسگر بی سیم مبتنی بر نوار. دسترسی IEEE، 5: 16193-16204، 2017.