بسمه‌تعالی

گزارش و تحلیل مقاله

Softwarized Internet of Things Network Monitoring

تعریف مسئله و هدف اصلی مقاله

رشد محبوبیت اینترنت اشیا (IoT) باعث شده است که دستگاه‌های اینترنت اشیا به یک پلتفرم تولید ترافیک انبوه تبدیل شوند. این روند شبکه را پیچیده و متراکم می‌کند که منجر به تاخیر و از دست رفتن بسته‌ها می‌شود. مدیریت شبکه یکی از بهترین راه حل‌های این موضوع است. معنای مدیریت شبکه به یک یا دو روش یا فعالیت محدود نمی‌شود. مدیریت شبکه طیف گسترده‌ای از رویه‌ها، روش‌ها، توابع و فعالیت‌ها است که برای کنترل و نگهداری سیستم‌های شبکه، به هم پیوسته‌اند. در این مقاله، مدیریت شبکه بر قابلیت اطمینان، توانایی و کارایی انتقال بسته‌های اطلاعات یا جریان‌ها، تمرکز دارد. هم‌چنین، تشخیص و رفع سریع مشکلات، تهدیدات امنیتی را خنثی می‌کند.

نرم‌افزاری کردن (Softwarized) شبکه یکی از کارآمد در زمینه مدیریت شبکه شناخته شده است. شبکه‌های نرم‌افزارمحور (SDN)، شبکه را لایه‌بندی و مدیریت می‌کنند. مجازی‌سازی عملکرد شبکه (NFV) از توابع شبکه استفاده می‌کند و استفاده از سخت افزار فیزیکی را با مجازی‌سازی شبکه (NV)، کاهش می‌دهد.

مدیریت شبکه با استفاده از SDN و NFV، موضوع اصلی بسیاری از مقالات است. نظارت یکی از جنبه‌های اساسی مدیریت است و می‌تواند به عنوان ویژگی اصلی آن در نظر گرفته شود. این مفهوم را می‌توان، ردیابی، جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها به طور مداوم، تعریف کرد. در شبکه می‌توان فعالیت‌ها، نتایج، خروجی‌ها و تاثیرات را کنترل کرد.

نرم افزاری کردن شبکه، انقلابی در طراحی شبکه و زیرساخت‌های محاسباتی آن برای انجام خدمات و برنامه‌ها با انعطاف‌پذیری بالاتر و مقرون به صرفه، ایجاد می‌کند. SDN و NFV دو مفهوم اصلی شبکه نرم‌افزاری شده، هستند. نرم‌افزاری کردن یک مرکز داده یا شبکه گسترده (WAN) با نرم‌افزاری کردن یک شبکه اینترنت اشیا کمی متفاوت است. کار با SDN و NFV در شبکه‌های کوچک‌تر سریع‌تر از کل شبکه است. نرم‌افزاری کردن باعث انعطاف‌پذیری و چابکی بالاتری برای همه کاربردها می‌شود.

در مطالعات پیشین، روش‌های متفاوتی جهت نظارت بر شبکه، معرفی شده‌اند:

- برای شبکه اینترنت اشیا:
  - سنسورهای متفاوت جهت علایم حیاتی فرد در راستای نظارت بر سلامت و ارسال اطلاعات آن‌ها از طریق موبایل به پلتفرم ابری
  - طراحی جدید برای شبکه مش LORA که برای نظارت در محیط وسیع کاربرد دارد و نرخ دریافت بسته بیشتری نسبت به توپولوژی ستاره‌ای، دارد.

- برای شبکه نرم‌افزارمحور:
  - روشی مبتنی بر اندازه‌گیری ترافیک شبکه بر پایه Big data که در آن با استفاده از مقادیر شمارنده‌ها، آمار ترافیک جمع‌آوری و ایجاد می‌شود.
  - روش نظارت FlexMonitor که با کاهش سربار نظارت، وضعیت شبکه را به موقع نشان می‌دهد.
  - پیشنهاد شبکه مجازی شده برپایه SDN و NFV که در آن SDN کنترل و مدیریت منابع شبکه و NFV، محاسبه و ذخیره منابع را برعهده دارد.
  - ارائه یک چارچوب انتقال برای M-info[1] در یک شبکه تاکتیکی هوایی مبتنی بر SDN که به صورت قابل اطمینان و بلادرنگ، M-infoها را منتقل می‌کند.
  - روش OpenNetMon که با استفاده از کنترلر POX، شاخص‌های QOS را برای هر جریان نظارت می‌کند.

سه مفهوم اصلی SDN، NFV و NV را در این بخش، بیشتر معرفی می‌کنیم:

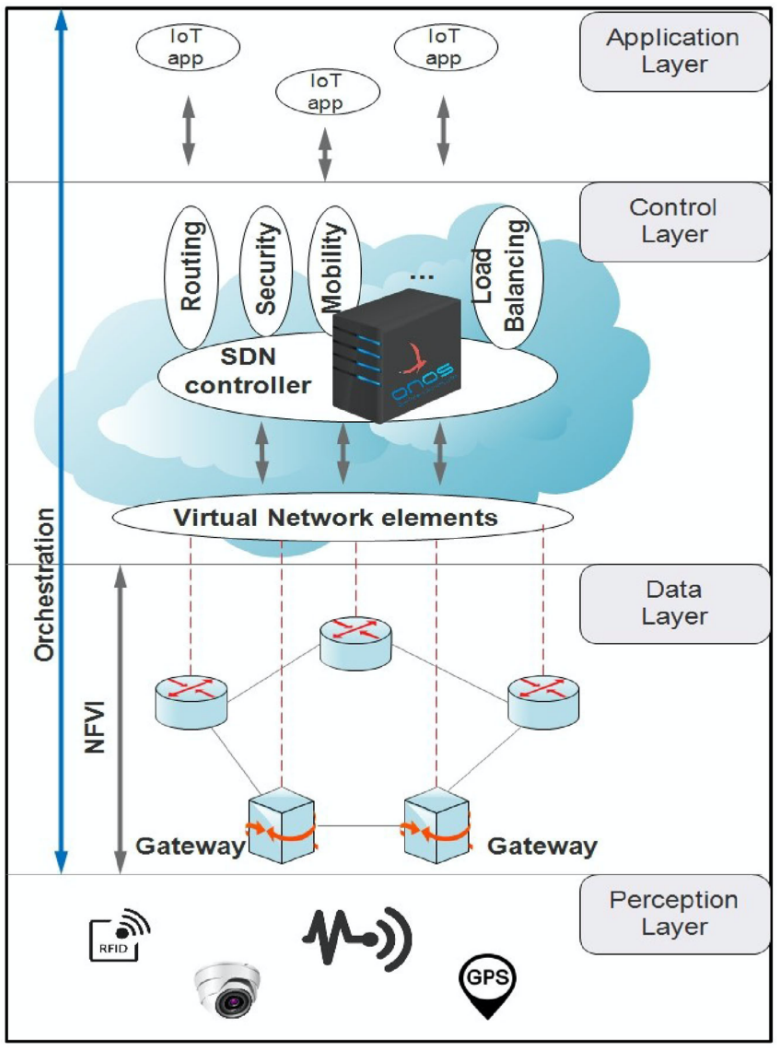
- SDN: در SDN شبکه را به سه لایه تقسیم می‌کنیم: Application، Control و Forwarding. در نتیجه، تجهیزات غیر هوشمند Forwarding با استفاده از مغز هوشمند کنترل، SDN کنترلر، هدایت می‌شوند. در حال حاضر کنترلرهای زیادی مثل Ryu، NOX و Floodlight وجود دارند.
- NFV: در این تکنولوژی، توابع شبکه از تجهیزات فیزیکی جدا شده و پس از تبدیل به نسخه مجازی، به سرورهای مجازی، منتقل می‌شوند. سه مولفه اصلی در این تکنولوژی وجود دارد:
  - لایه NFVI: این لایه میزبان سخت‌افزار است و مدیریت بخش فیزیکی را برعهده دارد. هم‌چنین ماشین‌های مجازی را کنترل می‌کند.
  - لایه VNF: این لایه برنامه را میزبانی می‌کند که در یک یا چند ماشین مجازی پیاده‌سازی شده است.
  - لایه MANO: این لایه وظیفه مدیریت و کنترل لایه‌های دیگر را برعهده دارد.
- NV: فرآیندی است جهت گردآوری ابزارهای نرم‌افزاری مجازی‌سازی‌شده مستقل در یک سخت‌افزار که غالبا پلتفرم و منابع مجازی‌سازی با هم هستند.

راه‌حل پیشنهادی مقاله برای مسئله

در تصویر- ۱، یک معماری پایه برای شبکه اینترنت اشیا نرم‌افزاری شده، به نمایش درآمده است. این معماری جهت ایجاد و نظارت بر یک شبکه اینترنت اشیا نرم‌افزاری شده، طراحی شده است. در این معماری از کنترلر ONOS استفاده شده است. ایده اولیه این مقاله، افزودن قابلیت‌های نظارتی بیشتر بر همین معماری است.

[1] Monitoring information

فرآیند روش پیشنهادی، SNM-IoT، شامل جمع‌آوری معیار داده‌ها و نظارت بر دستگاه‌های موجود در شبکه است (تصویر- ۲).



تصویر- ۱

سطح اول، سطح کنترلر SDN، از یک برنامه حاوی ONOS در بالای خود بهره می‌برد. API نظارت Control plane، پیام‌های OpenFlow را با استفاده از سه جز، جمع‌آوری و تجمیع می‌کند:

- control message provider: این جز مسئول جمع‌آوری و تجمیع پیام‌های OpenFlow است که پیام‌ها را به نوع مستقل از پروتکل خلاصه می‌کند.
- control message manager: این جز آمارهای جمع‌آوری شده را به لایه Application ارسال می‌کند.
- control message application: این جز مسئول جست‌وجو و ذخیره آمار است.

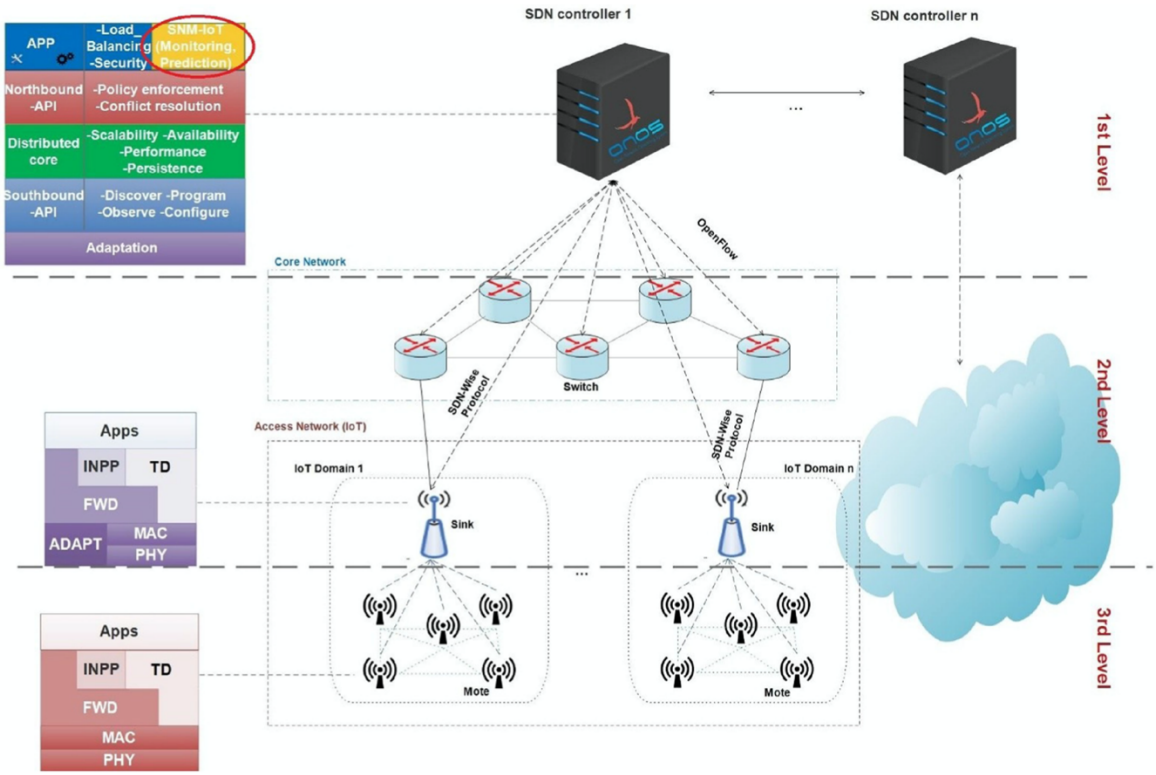
سطح دوم، درگاه اینترنت اشیا (switch-sink) را نشان می‌دهد. این سوییچ درگاه بین میزبان و بقیه شبکه است.

سطح سوم حاوی Data plane است. ساختار گره‌ها شبیه ساختار sink است اما با قابلیت‌های کمتر و عدم وجود لایه سازگاری. Control plane نظارت مسیرها و جمع‌آوری اطلاعات از انواع مختلف معیارها را که پیام‌های کنترلی و معیارهای سیستمی را پوشش می‌دهد، هر ۱ دقیقه انجام می‌دهد. روند نظارت sinkها، سوییچ‌ها و حرکات را شناسایی می‌کند. پیام‌های کنترلی نظارت شده OpenFlow شامل:

- packet-in
- packet-out
- flow-mod
- flow-removed
- stats-request
- stats-reply

هستند. هم‌چنین، اطلاعات وضعیت شامل چهار معیار سیستمی هستند:

- CPU
- memory
- disk I/O
- network I/O



تصویر- ۲

شبیه‌سازی روش پیشنهادی بر اساس چند سناریو در ادامه توضیح داده شده است.

محیط شبیه‌سازی و تنظیمات آن

محیط شبیه‌سازی از اجزای مختلفی تشکیل شده است.

کنترلر ONOS

ONOS برای شبکه‌های ارائه دهنده خدمات و ماشین آلات مهم ایجاد شده است. ONOS یک Control Plane مقیاس‌پذیر، پر توان و با دسترس‌پذیری بالا، است که اجزای توزیع شده شبکه را مدیریت می‌کند. این کنترلر اهمیت زیادی در ساخت راه حل‌های SDN-NFV در آینده دارد. علاوه بر این، می‌تواند کل یک شبکه پویا را کنترل کند، روی چندین سرور کار کند و از پردازنده‌ها و منابع حافظه آن‌ها برای اطمینان از تحمل خطا و جلوگیری از خرابی سرورها استفاده کند. پروژه این کنترلر یک پروژه منبع باز است که هنوز توسط Open Networking Lab (ON.Lab) در دست توسعه و بهبود است.

SDN-WISE-Contiki

در این مقاله از ماژولی به نام SDN-WISE-Emulated جهت کار با emulated motes، استفاده شده که ترکیبی از SDN-WISE و Contiki است. SDN-WISE به دو نوع تقسیم می‌شود:

- Normal node یا motes: دستگاه‌هایی در لایه data plane که بر اساس قوانین control plane، جریان‌ها را ارسال کرده که آن‌ها را emulated motes می‌نامیم.
- Sink: به عنوان درگاه هستند و بر اساس جدول قوانین جریان‌ها، کار می‌کنند که آن‌ها را emulated sink می‌نامیم.

هم‌چنین Contiki یک سیستم عامل متن باز برای اینترنت اشیا است و شبیه ساز شبکه Cooja برای آن طراحی شده است.

Mininet

نرم‌افزار Mininet جهت ایجاد یک شبکه مجازی کامل شامل سوییچ‌ها، هاست‌ها و اتصال به کنترلر SDN طراحی شده است. در این مقاله جهت اتصال ایجاد یک شبکه مجازی سازی شده با اتصال به ONOS استفاده شده است.

کاربرد اجزای معرفی‌شده

- SDN: لایه ۲-۳ شبکه، زیرساخت شبکه مانند سوییچ، مسیریاب و access point بیسیم
- NFV: لایه ۴-۷ شبکه، عملیات شبکه مانند دیواره آتش، Load balancer، deep packet inspection و WAN optimization controller
- کنترلر ONOS: پیاده‌سازی control plane
- SDN-WISE-Contiki: بخشی از data plane شامل motes و sink
- Mininet: بخش دیگر data plane بر اساس open v-switchها

سناریوهای تجربی و متغیرهای آن

دو سناریو با به‌کارگیری کامل تمام محیط شرح داده شده برای ارزیابی SNM-IoT در این مقاله، طراحی و پیاده‌سازی شده است.

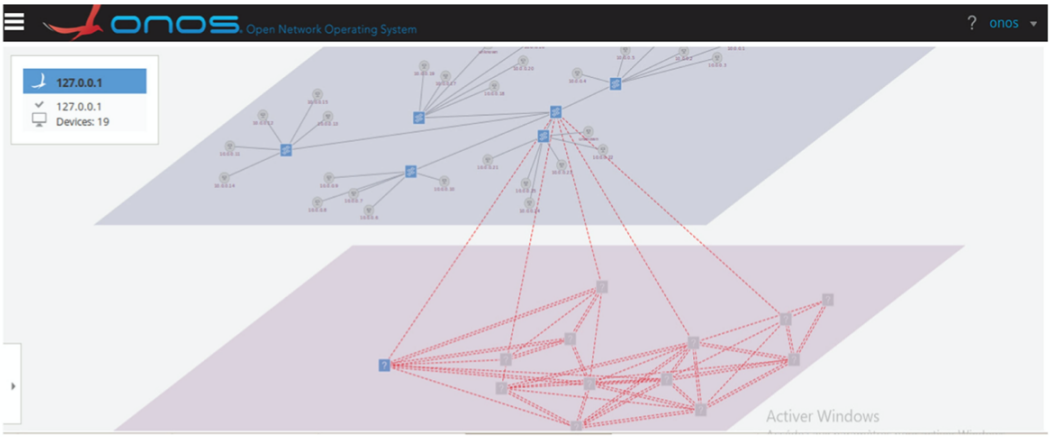
Parameter	Value
Simulation time	1800s
Number of Hosts	28
Number of Devices	19 (6 v-switch 5 emulated-sink 8 emulated-motes)
Number of Links	67
Transmission range	50m

تصویر- ۳

Parameter	Value
Simulation time	3000s
Number of Hosts	25
Number of Devices	24 (11 Open v-switch 5 emulated-sink 8 emulated-motes)
Number of Links	55
Transmission range	50m
Flows number	55

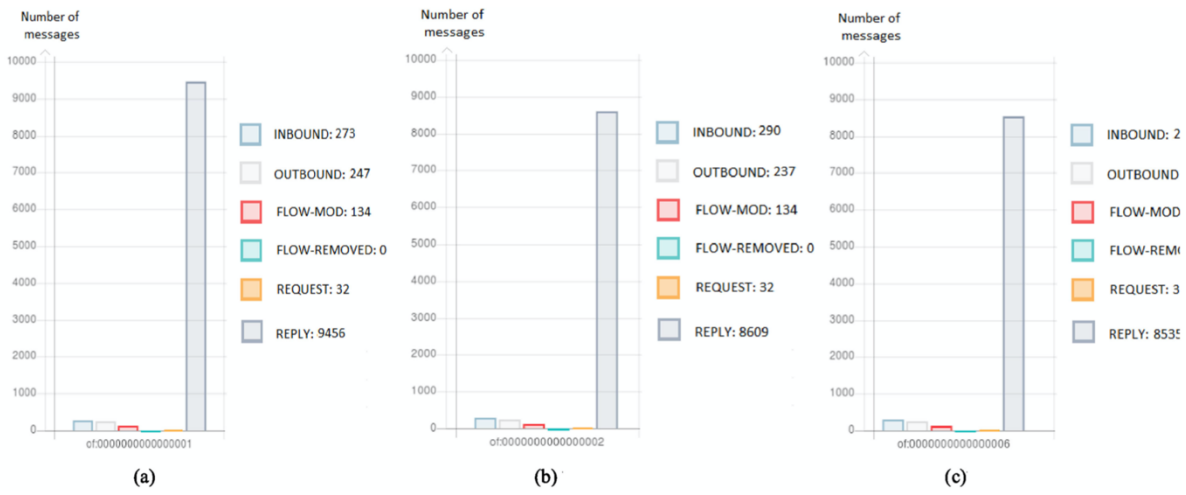
تصویر- ۴

مشخصات سناریوی اول در تصویر- ۳ و سناریوی دوم در تصویر- ۴ آمده است. هم‌چنین توپولوژی سناریوی اول در تصویر- ۵ مشخص شده است.

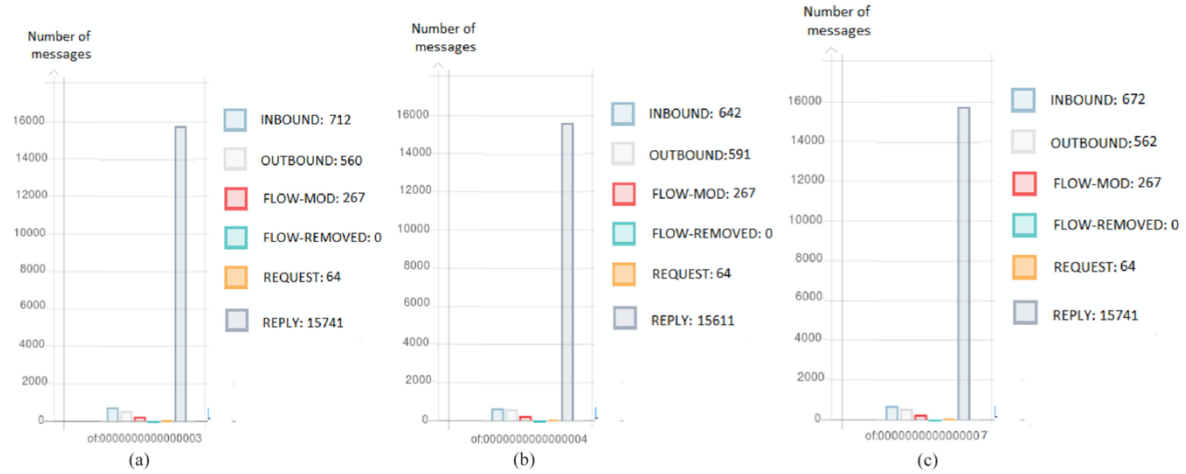


تصویر- ۵

پس از تنظیم این توپولوژی، شبیه سازی به میزان ۱۵۰۰ و ۳۰۰۰ ثانیه اجرا شد که در این شرایط به صورت تصادفی، گره‌ها به یکدیگر بسته ارسال کردند. پیام‌های ارسالی در این دو حالت برای سه سوییچ در تصویر- ۶ و تصویر- ۷ به ترتیب به نمایش در آمده است.



تصویر- ۶



تصویر- ۷

نتایج این شبیه‌سازی‌ها حاکی از انتقال اطلاعات بدون خطا و شکست است.

نقاط قوت و ضعف مقاله

نقاط قوت این مقاله:

- راه‌کار ارائه شده قابلیت پیاده‌سازی در شبکه‌های موجود است.
- راه‌کار به صورت عملی پیاده شده است و فقط یک نظریه نیست.

نقاط ضعف این مقاله:

- کنترلر SDN می‌تواند به دلیل یکی بودن می‌تواند باعث SPF شود.
- در شبیه‌سازی ها پارامترهایی که بر انتقال اطلاعات بدون خطا و شکست به صورت دقیق دلالت کند ارائه نشده است و نتایج مشروح نیاز است.

جمع‌بندی و پیشنهادات برای کارهای آتی

در این مقاله روشی به نام SNM-IoT ارائه شده است. این روش جهت نظارت شبکه‌های SDN/NFV محور که شبکه‌های آینده هستند مطرح شده است. نتایج نهایی این سامانه در نظارت بر شبکه، قابلیت پردازش توسط روش‌های یادگیری ماشین مانند ANN جهت پیش‌بینی میزان بسته‌های تولیدی هر گره از شبکه را دارد.
در این راه‌کار مواردی در نظر گرفته نشده است و به صورت کار آتی می‌توان در نظر گرفت:

- استفاده از چندین کنترلر SDN جهت رفع مشکل SPF
- ارزیابی پیش‌بینی روش‌های یادگیری ماشین بر خروجی‌های این روش به کاربرد آن در بهینه‌سازی کیفیت اتصالات در شبکه

شبیه‌سازی

در مورد جزییات دقیق کد مورد استفاده در این مقاله مطلبی ارائه نشده است که نتایج آن را ارزیابی کنیم ولی جهت آشنایی با محیط استفاده شده در این مقاله، لینک راه‌اندازی SDN-WISE-Contiki جهت استفاده آتی قابل بررسی است:

https://sdnwiselab.github.io/docs/guides/GetStarted.html

مشخصات دقیق مقاله

Bekri, Wiem, Rihab Jmal, and Lamia Chaari Fourati, "Softwarized Internet of Things Network Monitoring", IEEE Systems Journal, 2020