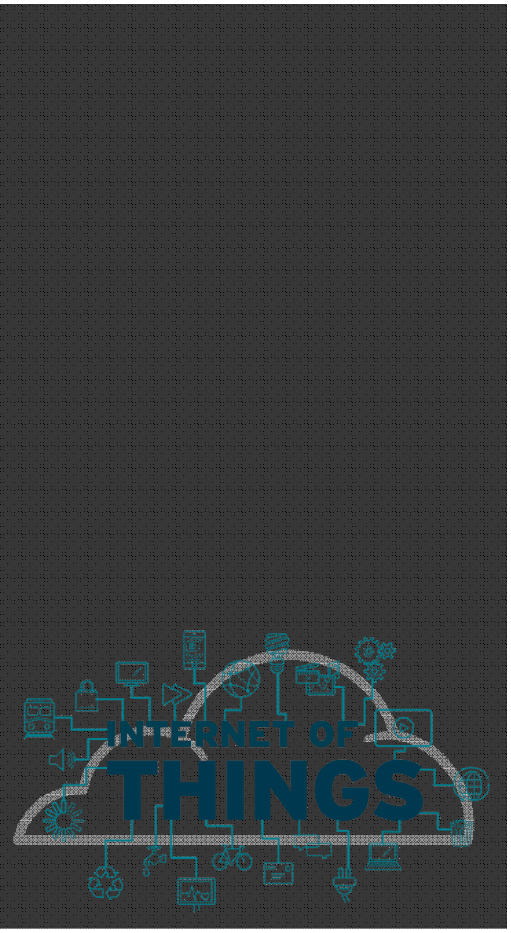


A Secured Framework for SDN-Based Edge Computing in IoT-Enabled Healthcare System

محمد سعید انصاری

دانشجوی دکتری معماری کامپیوتر

استاد گرامی: خانم دکتر جاسبی

تعریف مسئله

- توسعه و گسترش فناوری‌های سخت‌افزاری امکان تلفیق هوش مصنوعی (AI)، اینترنت اشیا، Edge computing
- و تصمیم‌گیری بلادرنگ را فراهم کرده است.
- ادغام هوش مصنوعی و اینترنت اشیا اصطلاح جدید به نام هوش مصنوعی اشیا (AIoT) ایجاد کرده که در آن دستگاه‌های اینترنت اشیا از سیستم عصبی دیجیتال و هوش مصنوعی به عنوان مغز سیستم استفاده می‌کند.
- در AIoT دستگاه‌های اینترنت اشیا محدودیت دقت و سرعت انتقال اطلاعات دارند.
- برنامه‌های بهداشتی مبتنی بر AIoT پس از ادغام با AI-enabled Edge computing و شبکه‌های اینترنت اشیا ناهمگن برای انتقال بهینه و به موقع اطلاعات پزشکی، شهرت پیدا کردند.

تعریف مسئله

- از آنجا که در سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی، تجهیزات اینترنت اشیا به طور مداوم بیماران را کنترل می‌کنند و داده‌های مورد نیاز را به طور مداوم منتقل می‌کنند، لازم است از فعالیت‌های مخرب محافظت شوند.
- سامانه‌های مراقبت‌های بهداشتی، با دو مشکل اصلی انتقال دائم و ایمن اطلاعات روبرو است.
- غلبه بر این مشکلات با استفاده از روش احراز هویت سبک و پردازش داده‌ها در نزدیکی محل جمع‌آوری آن‌ها، با استفاده از Edge computing ممکن می‌شود.
- در سیستم‌های مراقب بهداشتی مبتنی بر اینترنت اشیا، تجهیزات باید قبل از ارسال اطلاعات، احراز هویت شوند. پس از احراز هویت، داده‌های حس شده باید برای پردازش سریع به Edge computing سپرده شوند.

تعریف مسئله

- در این مقاله برای پر کردن خلا تحقیقات موجود با ترکیب این تکنولوژی‌ها، یک چارچوب ایمن برای Edge computing مبتنی بر SDN در سیستم مراقب بهداشتی مبتنی بر IoT ارائه شده است.
- در چارچوب پیشنهادی این مقاله یک روش احراز هویت سبک و Edge computingمبتنی بر SDN برای توازن بار بین سرورهای Edge برای غلبه بر محدودیت‌های یک سرور Edge، به کار گرفته شده است.

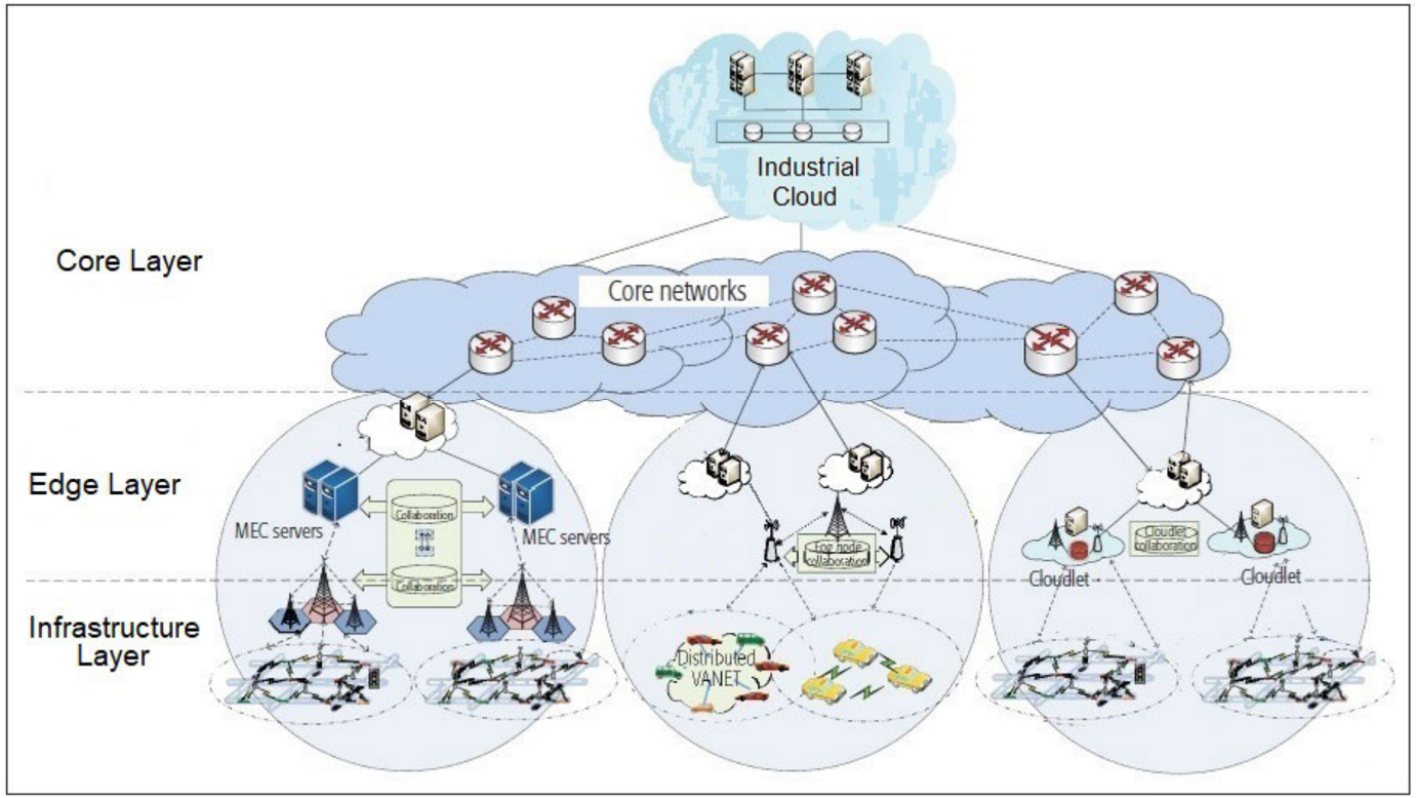
مفاهیم پایه و تحقیقات مرتبط

- اینترنت اشیا
  - میلیاردها تجهیز متصل به اینترنت
  - ابتدا ZigBee و هم اکنون 4G و در حال گسترش در 5G امنیت در اینترنت اشیا
  - حملاتی مانند reply، sniffing و eavesdropping کیفیت شبکه را کاهش می‌دهند.
  - در این میان حملات Sybil و DoS خطرناک‌ترین نوع حملات هستند که شبکه را مختل و منابع هدر می‌دهند.
  - در مطالعات پیشین، معماری Cloud-Fog مبتنی بر اینترنت اشیا، برای مدیریت بهینه منابع پیشنهاد شده است.

مفاهیم پایه و تحقیقات مرتبط

- شبکه‌های نرم‌افزار محور SDN
- تفکیک Data plane و Control plane
  - ساده شدن مدیریت شبکه‌های آینده، اینترنت اشیا، محاسبات ابری و سیستم‌های مجازی-فیزیکی
- Edge computing
  - یک پارادایم اقتصادی و بهینه برای گسترش محاسبات ابری
  - نزدیک کردن منابع محاسباتی به لبه شبکه IoT و ارائه خدمات داده با تاخیر کم
  - در یکی از تحقیقات پیشین، با مفهوم خوشه‌بندی، توانایی پردازش کل سیستم افزایش داده شده است.
  - هم‌چنین در تحقیقی دیگر، با استفاده از Edge computing، ارتباط ایمن مغز-به-مغز که گیرنده، ادراک فرستند را دریافت می‌کند، ایجاد شده است.

راه‌کار پیشنهادی

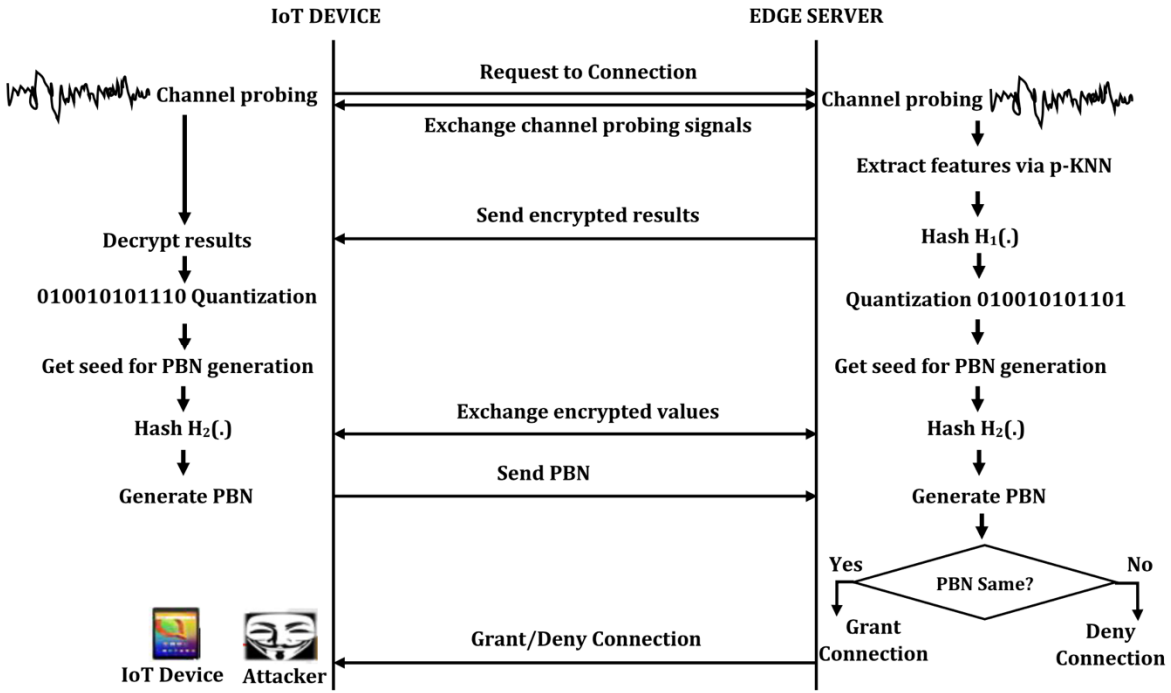


راه‌کار پیشنهادی

- لایه Infrastructure
  - شامل تجهیزات اینترنت اشیا و سنسورهای low-power مثل تجهیزاتی که بدن بیمار متصل شده و یا در بیمارستان نصب هستند
- لایه Edge computing
  - از سرورهای مختلف Edgeشکل گرفته است.
  - عملکردهای مختلفی مانند تبادل اطلاعات، ذخیره‌سازی، پردازش و انتقال عملیات بین سرورها
  - حملاتی نظیر man-in-the-middle، reply، محرمانگی و یکپارچگی داده را دارد که تاخیر و سربار زیادی را به شبکه تحمیل می‌کند.
- لایه Core computing
  - دو بخش شبکه‌های Core و سرویس‌های ابری را دارد.
  - شبکه‌های Core وظیفه میزبانی از برنامه‌های مختلف IoT و سرویس‌دهی و مدیریت end-to-end معماری IoT را برعهده دارد.
  - این لایه مکانیزم‌های جلوگیری از حملات به جز حمله DoS را دارد.
  - مقابله با تهدیدات این لایه از طریق احراز هویت، اعطای دسترسی و رمزنگاری

سه فاز اصلی راه‌کار پیشنهادی

- رویکرد احراز هویت سبک



سه فاز اصلی راه‌کار پیشنهادی

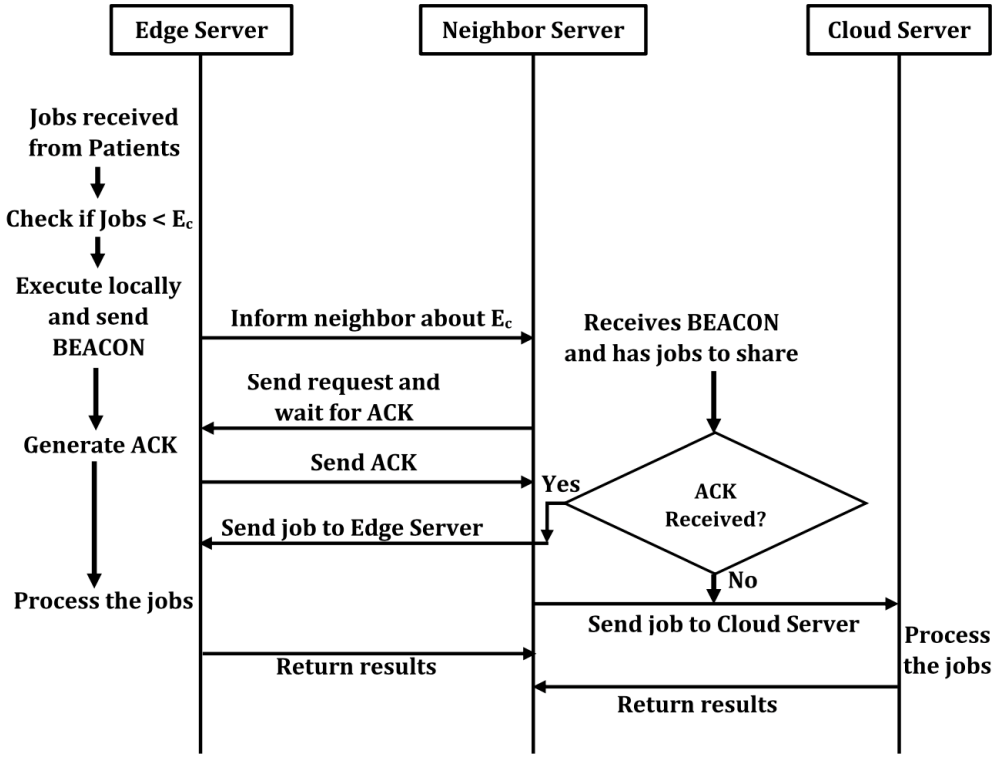
- Edge computing مشارکتی مبتنی بر SDN

Initialization: sum = 0.
input: j ▷ A job j, submitted by a node in IoT-enabled network.

1: **procedure**
2: **for** each E_i **do** ▷ E_i is Edge server
3: sum the size of all submitted jobs j
4: $sum_i = sum_i + size_j$
5: **if** $sum_i < E_c$ **do** ▷ E_c is Edge server capacity
6: Process the job locally
7: E_i also sends a BEACON to its neighbors E_{i-1} and/or E_{i+1} as a potential candidate ▷ BEACON shows available space and time for sharing processing
8: **else**
9: E_i submits j to Neighboring server
10: **end if**
11: **end for**
12: **end procedure**

سه فاز اصلی راه‌کار پیشنهادی

- انتقال وظایف بین سرورهای Edge



ارزیابی راه‌کار پیشنهادی

- راه‌اندازی آزمایشی

Parameters	Values
Number of Patients	1000
Number of Edge Servers	[5 -50]
Channel data rate	1 [Mbps]
Antenna type	Omni direction
Radio Propagation	Two-ray ground
Transmission range	250 [m]
Simulation time	1000 [s]

ارزیابی راه‌کار پیشنهادی

- معیارهای ارزیابی عملکرد
  - Average Response Time: میانگین زمانی که سرور Edge اطلاعات پردازش شده را به بیمار برمی‌گرداند.
  - Packet Delivery Ratio: تعداد بسته‌های ارسالی به تعداد بسته‌های دریافتی

$$pdr = \frac{\sum_{i=1}^{n} S_i}{\sum_{i=1}^{n} R_i} \times 100$$

  - Average Delay: تاخیر (δ) کل زمانی است که نیاز است تا بسته در مقصد به صورت موفق دریافت شود. که τ زمان انتقال بسته و μ زمان دریافت موفق در مقصد است.

$$\delta = \tau - \mu$$

$$E(\delta) = \frac{\sum_{i=1}^{n} \delta_i}{n}$$

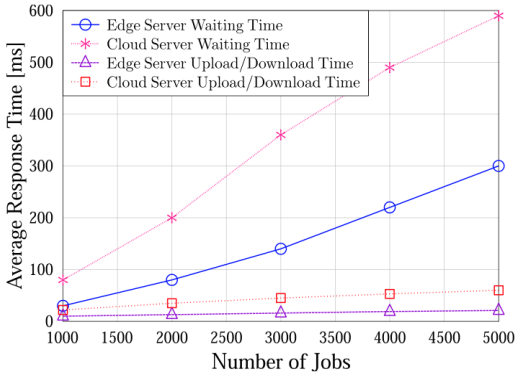
  - Throughput (η): نرخ داده در شبکه به صورت نرمال بر حسب bps یا pps است که جمع تمام نرخ گره‌های شبکه Throughput است.

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^{n} R_i}{\sum_{i=1}^{n} S_i}$$

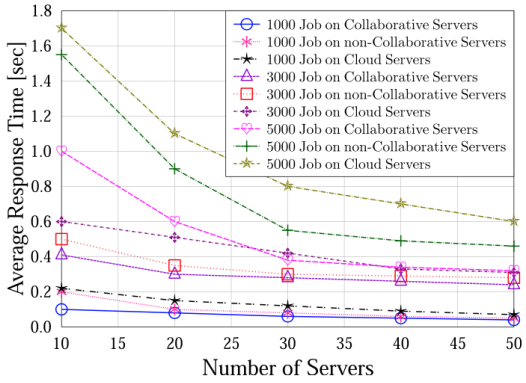
  - Control Overhead (υ): نرخ کل پیام‌های کنترلی ایجاد شده توسط هر گره در شبکه به کل بسته‌های صحیح دریافتی است که در آن Ci تعداد بسته‌های کنترلی است

$$\upsilon = \frac{\sum_{i=1}^{n} C_i}{\sum_{i=1}^{n} R_i}$$

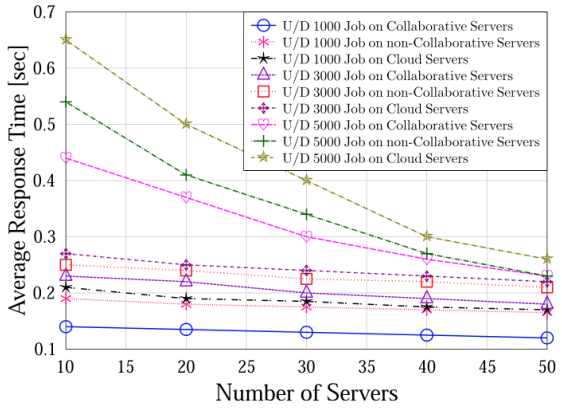
نتایج ارزیابی راه‌کار پیشنهادی



Waiting and upload/download time of edge and cloud server.

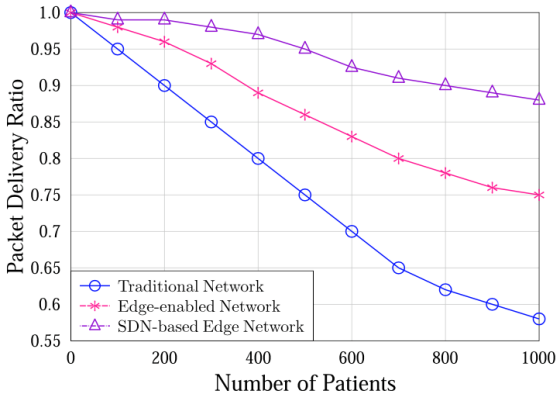


System loads for various number of servers.

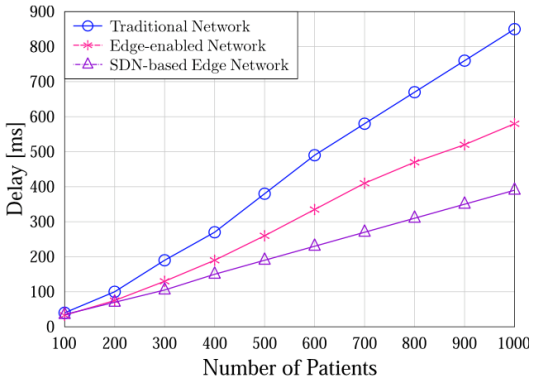


Packet loss against number of nodes.

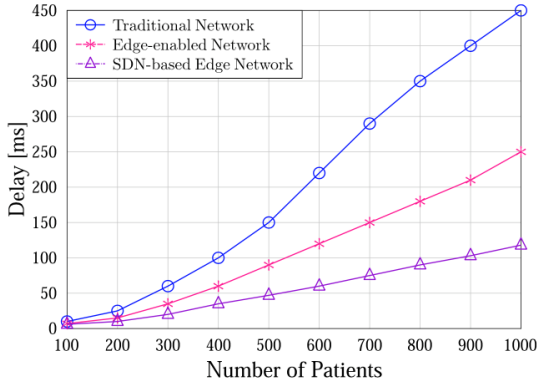
نتایج ارزیابی راه‌کار پیشنهادی



Packet deliver ratio against the number of patients.

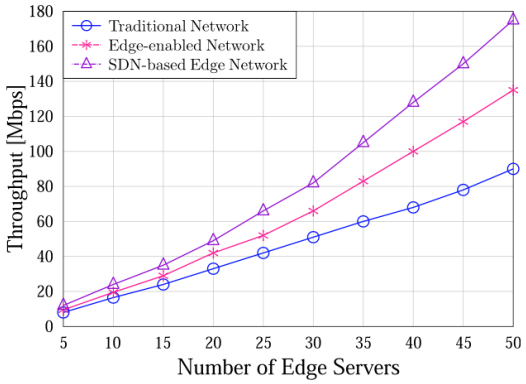


Average delay against number of patients.

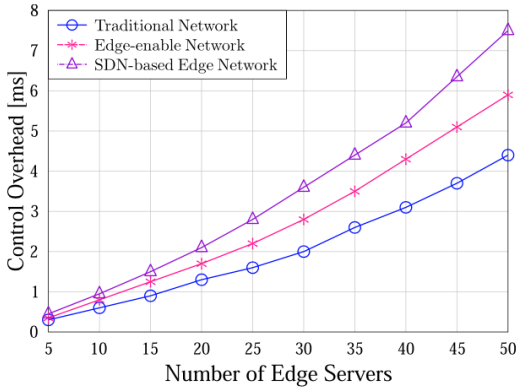


Average delay of critical data against number of patients.

نتایج ارزیابی راه‌کار پیشنهادی



Throughput against number of edge servers.



Control overhead against number of edge servers.

جمع‌بندی و کارهای آتی

- در این مقاله
  - یک چارچوب امن برای computing Edge مبتنی بر SDN در سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی مجهز به اینترنت اشیا ارائه شده است.
  - احراز هویت دستگاه‌های اینترنت اشیا با استفاده از یک طرح احراز هویت سبک انجام می‌شود.
  - پس از احراز هویت، داده‌های بیماران برای پردازش به سرور Edge ارسال می‌شود. سرورهای Edge برای تعادل بار همکاری می‌کنند و دارای یک کنترل کننده SDN پیکربندی شده برای تصمیم گیری هوشمند هستند.
- کارهای آتی:
  - افزایش امنیت چارچوب پیشنهادی با محافظت از حریم خصوصی بیماران و داده های آن‌ها
  - ذخیره الگوهای داده و استفاده از یک الگوریتم یادگیری ماشین برای پیش بینی فعالیت های مخرب در شبکه
  - افزودن روش‌های لاگ‌برداری در راستای افزایش امنیت شبکه
  - افزودن Redundancy به کنترلر SDN برای حل مشکل SPF در SDN

مرجع

- Li, Junxia, Jinjin Cai, Fazlullah Khan, Ateeq Ur Rehman, Venki Balasubramaniam, Jiangfeng Sun, and P. Venu, "A Secured Framework for SDN-Based Edge Computing in IoT-Enabled Healthcare System", IEEE Access, vol.8, pp.135479-135490, 2020

با تشکر از توجه شما