

معماری مقیاس‌پذیر اینترنت اشیاء نظامی جهت مدیریت بی‌درنگ صحنه نبرد مبتنی بر محاسبات لبه

احمد ملکیان بروجنی^۱، محمود فتحی^{۲*}، ناصر مزینی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۳/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۷/۱۲

چکیده

استفاده از سیستم‌های با مأموریت بحرانی برای بقا در میدان نبرد بسیار ضروری است. در جنگ‌های شبکه‌ای مدرن، تجهیزات و برنامه‌های کاربردی در این نوع مأموریت‌ها بسیار دارای اهمیت هستند. از تجهیزات هوشمند جهت پشتیبانی از میدان نبرد و عملیات امکان هوشمندسازی این عرصه استفاده می‌شود. مقیاس‌پذیری، قابلیت دسترسی تحمل‌پذیری در برابر خطا از چالش‌های این سیستم‌ها می‌باشند. در این مقاله یک معماری سلسله مراتبی ۴ لایه متشکل از لایه‌های مختلف پردازشی شامل حسگرها، تجهیزات هوشمند سیار، محاسبات لبه، محاسبات مه و ابر فدراسیونی جهت بهبود در ارائه خدمات بی‌درنگ به سربازان و فرماندهان جهت آگاهی از وضعیت صحنه نبرد پیشنهاد شده است. ساختار سلسله مراتبی، سیستم مدیریت متمرکز آگاهی وضعیتی، تقسیم پردازش‌ها به پردازش‌های کوچک‌تر و استفاده از رسانه‌های مختلف ارتباطی، منجر به دسترسی به موقع به خدمات، تصمیم‌سازی و کاهش محدودیت‌ها می‌شود. نتایج، نشان‌دهنده عملکرد و کارایی این معماری جهت بهبود خدمات فرماندهی و کنترل در میدان نبرد است. **واژگان کلیدی:** اینترنت اشیاء نظامی، پردازش لبه، فرماندهی و کنترل، مقیاس‌پذیری، میدان نبرد هوشمند.

^۱ دانشجوی دکتری، دانشکده کامپیوتر، دانشگاه علم و صنعت ایران malekian@comp.iust.ac.ir

^۲ استاد، دانشکده کامپیوتر، دانشگاه علم و صنعت ایران mahfathy@iust.ac.ir

^۳ دانشیار، دانشکده کامپیوتر، دانشگاه علم و صنعت ایران mozayani@iust.ac.ir

* نویسنده مسئول: دکتر محمود فتحی

۱. مقدمه

در میدان های نبرد آینده^۱، اشیا هوشمند، با قابلیت ارتباط با یکدیگر و سربازان در تعامل و همکاری خواهند بود که ناگزیر از سیستم های نرم افزاری، سخت افزاری، خدمات اینترنت اشیا^۲، راه حل های مبتنی بر ابر و سیستم های آگاهی از محتوا استفاده می نمایند.، اطلاعات سلامت و حیاتی سربازان و وضعیت میدان نبرد از طریق حسگرهای مستقر در میدان یا متصل به سربازان در این سیستم ها جمع آوری می گردد. همچنین از محاسبات لبه^۳ جهت توسعه سیستم های ذخیره سازی و محاسبات استفاده می گردد [۱].

مفهوم اینترنت اشیا صحنه نبرد، **IoBT**^۴ بر اساس ایجاد قابلیت هماهنگ سازی و توانمندسازی سربازان با استفاده از اینترنت اشیا، فن آوری های هوش مصنوعی و شبکه ارتباطی در صحنه نبرد مطرح گردیده است. اشیا هوشمند^۵ شامل مهمات، سلاح، وسایل نقلیه، روبات ها و دستگاه های پوشیدنی با قابلیت حس کردن، برقراری ارتباط، عمل کردن و هماهنگی هستند که امکان استفاده بی درنگ از این تجهیزات با در نظر گرفتن زمان تأخیر قابل تحمل از اهمیت بالایی برخوردار است [۲].

تکیه بر یک معماری متفاوت از اینترنت اشیا تجاری به دلیل ماهیت اینترنت اشیا صحنه نبرد، وجود دشمنان پیشرفته تر و محیط خصمانه تر بسیار مورد نیاز است [۱]. علاوه بر چالش های در موجود اینترنت اشیا تجاری، مسایلی از قبیل انعطاف پذیری و سازگاری با موقعیت های حیاتی، شرایط و مأموریت های نظامی، پیچیدگی و استرس شدید شناختی و فیزیکی سربازان در مواجهه با دشمن، پیچیدگی اطلاعاتی، به همراه پویایی و مقیاس پذیری^۶ باید در این معماری مورد نظر قرار گیرد [۳].

با توجه به اهمیت سلامت سربازان برای نیروهای نظامی تجهیز سربازان به حسگرهای هوشمند با قابلیت ارسال داده

برای ارتباط با مرکز فرماندهی و کنترل ضروری است. برخی از این حسگرها شامل حسگرهای هوشمند سلامت از جمله حسگر ضربان قلب، مازول الکتروکاردیوگرام، حسگرهای دما و رطوبت، حسگر ارتعاش سنج، آشکارساز بمب و غیره هستند [۴].

در این مقاله یک معماری مقیاس پذیر سلسله مراتبی برای پاسخگویی بی درنگ مبتنی بر اینترنت اشیا صحنه نبرد برای نظارت بر سلامت سربازان و مدیریت صحنه نبرد ارائه گردیده که می تواند پارامترهای حیاتی سلامت سربازان و وضعیت میدان نبرد را همراه با موقعیت جغرافیایی آن ها جمع آوری کند. این داده ها برای تجزیه و تحلیل توسط افسر فرمانده و مرکز کنترل میدانی ارسال و استفاده سیستم تصمیم گیری مبتنی بر محاسبات آگاه از محتوا^۷ در لبه یا محیط مه^۸ محاسباتی مناسب پردازش می گردند.

ساختار این مقاله به شرح زیر است. در بخش دوم، مفاهیم مرتبط با این موضوع مورد بررسی قرار گرفته است. در بخش سوم کارهای انجام شده در این حوزه معرفی خواهد گردید. بخش چهارم، شرح روش پیشنهادی ارائه می گردد. بخش پنجم نتایج شبیه سازی با استفاده از نرم افزار شبیه ساز، مورد بررسی قرار می گیرد. در پایان، جمع بندی و نتیجه گیری ارائه شده است.

۲. مفاهیم

همان طور که در شکل ۱ مشاهده می کنید میدان نبرد از اشیا مختلفی شامل سربازان، سلاح ها، تجهیزات ارتباطی و سلاح های پیشرفته برای خودی و دشمن تشکیل شده است. در هر میدان نبرد، اطلاعات، قدرت سربازان بوده و توانایی تبادل اطلاعات بین سربازان و مرکز کنترل از اهمیت بالایی برخوردار است. تبادل اطلاعات میان اشیا مستقر در میدان نبرد و مراکز پردازش، فرماندهی و کنترل و تصمیم گیری از طریق معماری سلسله مراتبی صورت می پذیرد [۵].

¹ Battlefiled

² Inetnet of things

³ Edge Comuting

⁴ Internet of Battle Things

⁵ Smart Things

⁶ Scalability

⁷ Context-aware

⁸ Fog Computing



شکل ۱. انواع سیستم‌ها و اشیاء مختلف در میدان نبرد و ارتباطات بین آن‌ها [۳]

هوایی^۱ (UAVs) و زمینی^۲ UGVs، کشتی‌ها و سربازان در میدان نبرد جمع‌آوری می‌شوند. این مقدار عظیم از داده‌ها به سطوح بالاتر در قالب توزیعی، تحویل داده می‌شود. تجمیع و پردازش این حجم از داده‌ها و با مقیاس بالا دارای چالش‌هایی از قبیل توان پردازشی، مقیاس‌پذیری و پاسخ بی‌درنگ و به موقع برای صحنه نبرد است.

مقیاس‌پذیری و پاسخ بی‌درنگ از طریق کاهش تأخیر انتها به انتهای شبکه، تقسیم پردازش و کاهش تعداد کارهای موجود در صف پردازشی می‌تواند بهبود یابد. مقیاس‌پذیری به معنای تکثیر و اضافه کردن منابع برای افزایش دسترسی به خدمات مبتنی بر تقاضا، با اضافه کردن منابع است، که در عملکرد شبکه دارای اهمیت است. شایان‌ذکر است مقیاس‌پذیری به معنای تکثیر و اضافه کردن منابع برای افزایش دسترسی به خدمات مبتنی بر تقاضا یکی از مسائل مهم برای استفاده از تجهیزات در اینترنت اشیا است [۷].

ساختارهای سلسله‌مراتبی برای رفع و غلبه بر این چالش‌ها، پیشنهاد شده است. هدف از ارائه خدمات به‌صورت

مطابق شکل ۲ از حسگرهای بدنی برای نظارت بر پارامترهای سلامت از قبیل دمای بدن، ضربان قلب، سیگنال‌های قلبی و مغزی و غیره استفاده می‌گردد. از این حسگرها می‌توان در جهت نظارت هوشمند بر میدان نبرد، محیط، سلامت سربازان و غیره استفاده نمود [۶]. با تشخیص ناهنجاری‌ها و رویدادها توسط این حسگرها، سیگنال‌های هشدار در مورد اضطراب و وضعیت سلامتی سربازان در طول تمرینات و در میدان نبرد و وضعیت صحنه عملیاتی به مراکز فرماندهی ارسال می‌گردد. استفاده از حسگرها نیازمند الزاماتی از قبیل، قابلیت حرکت، قابلیت اطمینان، پاسخ سریع، امنیت پایدار، مصرف کم انرژی و غیره است. با توجه به پیشرفت‌های اخیر در فن‌آوری، استفاده از این حسگرها برای نظارت بر پارامترهای فیزیولوژیکی انسان و جمع‌آوری اطلاعات محیطی توسعه‌یافته است.

جنگ‌های شبکه‌ای مدرن مستلزم استقرار تعداد زیادی حسگر در تجهیزات و صحنه نبرد است. داده‌ها توسط تجهیزاتی نظیر رادار، سونار، ویدئو، مادون‌قرمز توسط سیستم‌های هواپرد، ماهواره‌های نظارتی، وسایل بدون سرنشین

¹ Unmanned aerial vehicle

² Unmanned ground vehicle

سطح میدان نبرد (سطح صفر) ترافیک در سراسر ستون فقرات (میدان نبرد) منتقل شده و در سطح متوسط سطوح ۱ تا (n-1) به یک منطقه خاص متصل شده و در نهایت گره پایانی (آخرین) سلاح های نظامی و سربازان را با استفاده از تجهیزات حسگری پوشیدنی به خود متصل می نماید [۹].

استفاده از محاسبات ابری در سیستم های اینترنت اشیا جهت ارائه خدمات دارای نقش تعیین کننده ای است. محاسبات ابری بر مبنای مفهوم اساسی اشتراک گذاردن منابع بین سرورهای ابر محلی و عمومی، افزایش کیفیت سرویس و کارایی برنامه است.

جهت بهبود شاخص های کارایی و بهبود محاسبات پویا از ابر عمومی و خصوصی به عنوان راهکار بهینه برای تقسیم محاسبات بین سرورها استفاده می گردد. همچنین از خدمات ابری جهت افزایش سرعت پاسخ توسط منابع عمومی و خصوصی در برنامه هایی که محدودیت های پاسخ بی درنگ دارند استفاده می شود. شاخص های کارایی مانند زمان پردازش و تأخیر ارتباطات به صورت مستقیم بر سرعت پاسخ سرورهای ابری جهت بهبود نیازهای محاسباتی اثرگذار است. بنابراین افزایش تعداد سرورهای ابری، تغییر زمان پردازش سرورهای ابری، کاهش تأخیر انتها به انتهای ارتباطات و استفاده از ابرکها برای کاهش زمان پاسخ سناریوهای مختلف، در این معماری تأثیرگذار و قابل توجه است [۱۰].

با رشد و توسعه دستگاه های هوشمند همراه و تلفیق این فناوری با محاسبات ابری، مفهوم محاسبات ابری همراه ارائه شد. محاسبات ابری همراه، به معنای استفاده از قابلیت های ارتباطی و محاسبات ابری در تلفن همراه است. با افزایش تعداد گوشی های هوشمند، کاربران می توانند از زیرساخت محیط ابری برای بهبود خدمات به صورت کیفی و کمی استفاده کنند. رایانش ابری یک فن آوری غیرقابل انکار بوده که به جای استفاده از دستگاه های محلی از محیط ابر برای پردازش و ذخیره سازی داده ها، استفاده می نماید و منجر به ارائه خدماتی از قبیل ذخیره سازی داده ها از راه دور تا بستر ارائه سرویس های ابری را برای درخواست های کاربران شده است.

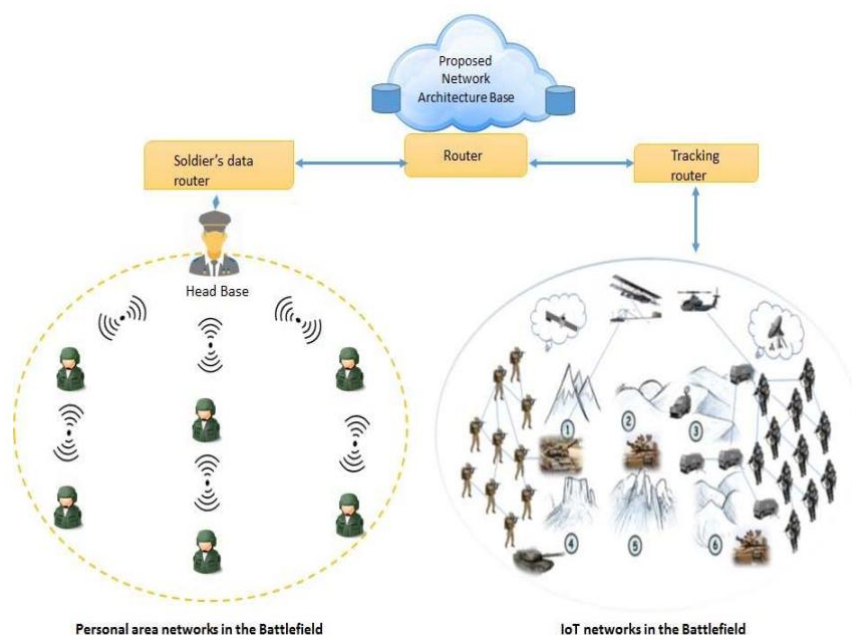
سلسله مراتبی در میدان نبرد، تسهیل درک و ارتباط بین فرماندهان، نظریه پردازان، طراحان جنگ، ارزیابی سربازان است. از تکنیک های تلفیق داده ها برای طراحی، توسعه و انجام عملیات استفاده می شود. شکل ۳ مدل سلسله مراتبی نظامی نشان داده است که در آن هر لایه نقش خاصی برای شناسایی اشیا به منظور بهبود کلی فرآیند بستر بر عهده دارد. در این شکل مدل سلسله مراتبی سنجش وقایع، وضعیت سلامت سربازان و سلاح ها با استفاده از حسگرها و دستگاه های نهفته^۱ هوشمند، با هدف آگاهی از وضعیت صحنه نبرد نشان داده شده است. در لایه های بالاتر این سیستم، داده های منابع مختلف با استفاده از ویژگی های زمانی، فضایی، طیفی و رادیومتری متفاوت ترکیب و تلفیق می گردند. نظارت بی درنگ بر سلامت سربازان و صحنه نبرد با توجه به میزان تلفات معمول در میدان نبرد، از مسائل مورد توجه است [۸].



شکل ۲. تجهیزات سرباز مجهز به حسگرهای جمع آوری اطلاعات در نبرد

توپولوژی سلسله مراتبی لایه ای شامل مسیر یاب ها، سوئیچ ها و ابرک ها از بالا به پایان بوده که برای دسترسی و عملکرد بهتر بهینه شده اند. کاربران از طریق سوئیچ های پایینی و نقاط دسترسی بی سیم متصل می شوند و اجرای سیاست ها در لایه توزیع مسیر یاب ها و سوئیچ ها انجام می شود. برای مثال، در

¹ Embedded Systems



شکل ۳. نمایی از اینترنت اشیاء سلسله مراتبی [9]

توزیع‌شدگی در منطقه به صورت وسیع، بستری جهت پشتیبانی و انجام پردازش‌های مرتبط با اینترنت اشیاء است. امکان همکاری کاربران نهایی یا دستگاه‌های لبه نزدیک به کاربران برای پردازش و ذخیره‌سازی دستگاه‌های هوشمند همراه از ویژگی‌های کلیدی آن است. مدیریت محتوا، محاسبات و توابع کنترلی، ارتباطات و شبکه نزدیک کاربر نهایی، از مزایای محاسبات لبه است. از مسائل مورد توجه در این زمینه می‌توان به قابلیت اتصال، قابلیت اطمینان، ظرفیت و تأخیر زمانی، پارامترهای کیفیت سرویس برای سرویس‌های لبه اشاره نمود [۱۲].

ابر فدراسیونی^۱ یا ابر فدرالی شامل مجموعه‌ای از ماشین‌های پردازشی است که عملکرد و خدمات بهتری با حداقل تلاش‌های مدیریتی یکپارچه را ارائه می‌دهند. این مفهوم از اتحاد چندین بخش کوچکتر به نام هاب که یک عمل مشترک را با هدف استقرار و مدیریت چندین سرویس محاسبات ابری خارجی و داخلی برای پاسخگویی به نیازهای تجاری انجام می‌دهن معرفی شده است. [۵].

سیستم‌های مدیریت محتوا در اینترنت اشیاء، جهت سیستم‌های بی‌درنگ و حیاتی دارای اهمیت بوده و در تحقیقات نوین علمی مطرح گردیده است. استفاده از این محتوا

دستگاه‌های همراه هوشمند توانایی دسترسی به قابلیت‌های زیرساخت ابری را برای تقویت توانایی ذخیره‌سازی و پردازش دارند. همچنین می‌توان از محاسباتی ابری همراه جهت نظارت از راه دور بر افراد جهت سیستم‌های مراقبت سلامت و آگاهی وضعیتی در حین عملیات یا در میدان نبرد استفاده نمود [۱۱]. استقرار نودهای پردازشی نزدیک کاربر متصل به دستگاه هوشمند مجهز به حسگرها و در لبه جهت بهبود محاسبات ابری همراه، کاهش زمان پاسخ و بهبود در کارایی مورد نظر قرار گرفت. محاسبات لبه به عنوان توسعه‌ای از محاسبات ابری، جهت انجام محاسبات و ارائه خدمات برای برنامه‌های کاربردی در لبه شبکه استفاده می‌شود. از دستگاه‌های همه‌جا حاضر، همگن، ناهمگن و غیرمتمرکز، برای انجام پردازش و ذخیره‌سازی اطلاعات در لبه‌ها که معمولاً مجموعه‌ای از ایستگاه‌های محاسباتی، نقاط دسترسی، واحدهای جانبی کنار جاده‌ای، ایستگاه‌های پایه تلفن همراه و غیره هستند، استفاده می‌شود. لازم به ذکر است، زمان تأخیر تعامل بین گره‌های لبه، در مقایسه با جفت ابر-نرم‌افزار یا جفت ابر-لبه خیلی کمتر است.

با توسعه مفهوم محاسبات لبه، مفهوم محاسبات لبه نیز با استقرار در شبکه محلی و دورتر از کاربر مورد نظر قرار گرفت. محاسبات لبه دارای گره‌های پردازشی لبه و قابلیت

¹ Federated Cloud

ویژگی های لازم برای پاسخگویی به این الزامات ذکر شده، LTE در جعبه برای چنین استقراری استفاده می شود [۱۵].

۳. کارهای مرتبط:

مقالات بررسی شده در حوزه نظامی، دفاعی در این مطالعه با تاکید بر اینترنت اشیا مورد بررسی قرار گرفته اند. شبکه حسگری، بدون زیرساخت نظامی در [۷۸، ۱۷]، شبکه دفاعی، اینترنت اشیا در میدان نبرد در [۶-۱۶، ۸-۲۰]، بستر خدمات سلامت نظامی، مدل شبکه لبه معنایی در [۸]، در این مطالعات مورد نظر قرار گرفته اند.

سینگ و همکاران در [۶]، یک بستر خدمات سلامت نظامی را بر اساس معماری سلسله مراتبی اینترنت اشیا و یک مدل شبکه معنایی مبتنی بر لبه توصیف می کنند. نویسندگان از رویکردهای ترکیبی و شبکه شخصی برای جمع آوری اطلاعات حسگری و از یک اتصال به لبه قوی تر برای بازیابی آنها استفاده می کنند. معماری سلسله مراتبی مبتنی بر اینترنت اشیا می تواند پارامترهای حیاتی سلامت سربازان، وضعیت سلاح و نیز موقعیت جغرافیایی آنها را جمع آوری کند. مرکز کنترل میدان جنگ، نقش مؤلفه های لبه را انجام می دهد که می تواند حجم زیادی از داده های سلامت ارسال شده را بر روی یک شبکه مبتنی نرم افزار^۳ SDN را پردازش و ذخیره کند.

هک بنگ لیم و همکاران در [۷]، یک کلاه ایمنی پیشرفته مجهز به یک شبکه حسگر بدنی را با استقرار در داخل پد گردن، سر بند و پاشنه ایجاد نموده اند. سیستم کاملی که در آن سربازان حسگرهای بدنی را برای اندازه گیری سیگنال های ECG، شتاب سنج، SpO2 و همچنین فرستنده برای ارتباط با دیگر سربازان استفاده می نمایند. کار انجام شده در این مطالعه در شرایط جنگی که در آن گروهی از سربازان در معرض انفجار بمب در یک منطقه بزرگ بدون زیرساخت شبکه بوده - اند، ارائه و پیاده سازی شده است. نویسندگان این مقاله، تأثیر انفجار در میدان نبرد را ارزیابی نموده و یک الگوریتم محلی - سازی برای تشخیص انفجار ارائه داده که محل انفجار را از طریق شتاب سنج متصل به سربازان محاسبه و به دست می آورند.

شامل مشخصات، مکان، توافق نامه سطح کاربر و وضعیت سرباز، بوده تخصیص سرور برای پردازش اطلاعات سربازان در ابرکها و ابرهای مختلف جهت بهبود کیفیت خدمات و تجربه بر این اساس مورد استفاده قرار می گیرد. مبنای تصمیم گیری برای تخصیص منابع، استفاده از محاسبات آگاه از محتوا بوده که می توان با استفاده از این سیستم، یک زیرساخت مشترک برای مدیریت محتوا در زمان اجرا طراحی نمود [۱۳].

قابلیت اطمینان در ارسال داده ها و به صورت یکپارچه نیازمند استفاده از پروتکل های متفاوتی است که برای این منظور پروتکل انتقال کنترل جریان^۱ (SCTP) مورد نظر قرار گرفته است. پروتکل انتقال کنترل جریان (SCTP)، پروتکل ارتباطی اتصال گرا بوده و به عنوان یک لایه بین کاربر و سرویس شبکه بدون اتصال مانند IP مشاهده می شود. سرویس های انتقال قابل اعتماد، حصول اطمینان از انتقال بدون خطا و به طور پیوسته داده ها در سراسر شبکه بین دو کاربر، از ویژگی های اصلی SCTP هستند [۱۴].

جهت انتقال قابل اطمینان و برقراری ارتباطات در صحنه نبرد که نیازمند قابلیت استقرار سریع، مطمئن و امن با توجه به ویژگی های میدان نبرد است علاوه بر این پروتکل، استفاده از تجهیزات ارتباطی متناسب نیز باید مورد توجه قرار گیرد. با توجه به محدودیت های موجود در میدان نبرد و نیازمندی به راه اندازی سریع بستر زیرساختی جهت کاربران از بستر LTE در جعبه^۲ استفاده می گردد. LTE در جعبه با معماری مبتنی بر IP فن آوری رادیویی قوی مبتنی بر مدولاسیون با پهنای باند بالا و زمان تأخیر کم برای استقرار در سناریوهای دفاعی، جستجو و نجات، امنیت عمومی و محیط روستایی است. لازم به ذکر است با توجه به واقعیت های موجود در میدان نبرد و توجه به وجود مشترکات، راه حل ماکرو LTE یک گزینه مطلوب نبوده و الگوی استفاده از ترافیک در این موارد با مدل استقرار تجاری ماکرو کاملاً متفاوت است. با توجه به انعطاف پذیری و قابلیت حمل زیرساخت شبکه و تمام

¹ Stream Control Transmission Protocol

² LTE-in-a-box

³ Software Defined Network (SDN)

یوشی و همکاران در [۸]، معماری لایه‌ای را معرفی نموده و برخی از برنامه‌های کاربردی در زمینه نظامی را بررسی می‌کنند. همچنین نمونه‌ای از برنامه کاربردی کنترل سلاح را مورد بررسی قرار می‌دهند. آن‌ها مفهوم اینترنت اشیاء نظامی را به صورت نظری فرموله کرده‌اند. همچنین توانایی فناوری در جنگ‌های مدرن که عمدتاً به شکل جنگ اطلاعاتی و با تمرکز بر جنگ شبکه محور است را بررسی نموده‌اند. میدان‌های نبرد آینده را اشیاء هوشمند در ارتباط، اقدام و همکاری با سربازان تشکیل خواهند داد که این امر نیازمند پیشرفت در علوم و فن‌آوری است. با رشد اینترنت اشیاء، مقیاس‌پذیری برنامه‌های کاربردی صنعتی و نظامی اینترنت اشیاء باید در نظر گرفته شود. اطلاعات از طریق افراد، تجهیزات و اجسام در محیط نظامی از طریق دستگاه‌های حسگری (یعنی لایه حسگر) جمع‌آوری می‌گردد. سپس اطلاعات جمع‌آوری شده در میان اشیاء نظامی، سیستم‌های نظارت و مراکز فرماندهی و کنترل از طریق زیرساخت ارتباطات (یعنی لایه اطلاعات) به اشتراک گذاشته می‌شود. در نتیجه، اطلاعاتی که از لایه حسگری می‌آیند می‌توانند برای اجرا و کنترل برنامه‌های نظامی هوشمند مورد استفاده قرار گیرند.

ری و همکاران در [۱۶]، یک رویکرد معماری جدید **IoTNetWar** را برای فناوری‌های پیشرفته مبتنی بر شبکه دفاعی پیشنهاد داده‌اند. معماری ۴ لایه‌ای از لایه‌های سنسجش فیزیکی، دروازه ارتباطی، مدیریت لایه **C4ISR** و لایه کاربردی برای یکسان‌سازی ارتباطات نظامی یکپارچه و هوشمندی فرمان‌های **C4ISR** تحت یک چارچوب تشکیل شده است.

فراگا و همکاران در [۱۷]، استفاده از اینترنت اشیاء در میدان نبرد برای افزایش بهره‌وری مورد بررسی قرار داده‌اند. استفاده از **WSN**ها برای کاربردهای دفاعی در اینترنت اشیاء شامل برنامه‌های کاربردی کنترل آتش، ردیابی موجودی، نظارت بر ناوگان، مدیریت انرژی و مدیریت سلامت و ایمنی سربازان است. با این حال، **WSN**ها باید از مشخصات عملیاتی مانند

قابلیت اطمینان، سهولت استفاده، قابلیت همکاری، سازگاری و مخصوصاً امنیت برای استفاده مناسب در دفاع و امنیت برخوردار باشند. همچنین شبکه‌های نرم‌افزار محور می‌توانند برای رسیدن به این الزامات مورد استفاده قرار گیرند، زیرا کنترل زیرساخت شبکه در این زمینه را حفظ نموده که منجر به بهبود امنیت سیستم و استفاده از پروتکل‌های جدید در طول عملیات مدیریت می‌گردد. مدیریت مبتنی بر شبکه‌های نرم‌افزار محور همچنین فرصتی برای ساده‌تر شدن الگوریتم‌های با قابلیت حرکت را برای رسیدگی به حرکت نیروها فراهم می‌کند، زیرا این الگوریتم‌ها را می‌توان در یک کنترل‌کننده با منابع و به صورت عمومی‌تر پیکربندی و مدیریت نمود. نویسندگان در این مقاله چالش‌های استقرار وسیع اینترنت را مشخص نموده و همچنین یک نقشه راه تحقیقاتی برای فراهم آوردن اینترنت مقرون به صرفه دفاعی و امنیتی ارائه می‌دهند.

هویت و همکاران در [۱۸]، هدف از نظارت بر وضعیت فیزیولوژیکی سربازان و ارائه پشتیبانی پزشکی مبتنی کامپیوتری در محیط‌های نظامی، افزایش احتمال زنده ماندن سربازان در میدان نبرد و کارایی بهتر در صحنه نبرد ارائه داده‌اند.

سوری و همکاران در [۱۹]، امکان استفاده از اینترنت اشیاء را در محیط‌های جنگی نظامی مورد بررسی قرار داده است. آنها اعتقاد دارند به علت پیچیدگی‌های محیط نظامی به ویژه در مسائل وابسته به ارتباطات تاکتیکی، این محیط بسیار پیچیده‌تر از محیط تجاری بوده و تبدیل اینترنت اشیاء تجاری به نظامی بسیار پیچیده است. این مقاله این مسائل را مورد بررسی قرار می‌دهد و فعالیت‌های بالقوه نظامی عملیاتی را که می‌تواند از فناوری‌های تجاری **IoT**، از جمله تدارکات، سنسجش / نظارت و آگاهی از وضعیت، بهره‌مند شود، توصیف می‌کند. علاوه بر این، آنها یک نقشه راه برای تحقیقات جهت استفاده از **IoT** در محیط تاکتیکی میدان جنگ پیشنهاد داده‌اند.

ژنگ و همکاران در [۲۰]، استفاده از اینترنت اشیاء را در کاربردهای نظامی در ارتش ایالات متحده مورد بررسی قرار داده‌اند. امروزه، ارتش ایالات متحده در حال تلاش برای تجهیز شهروندان، نیروهای نظامی و غیرنظامیان به طور یکسان با کاربردهای اساسی ارائه شده توسط گوشی‌های هوشمند

¹ Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance

² Wireless sensor network

شکل ۴ یک نمای کلی از معماری پیشنهادی را نشان می‌دهد. با توجه به شکل موجود داده‌های حسگرهای موجود در صحنه نبرد و متصل به سربازان از جمله حسگرهای شبکه‌های بی‌سیم بدنی^۱ (WBAN)، سیستم موقعیت‌یابی جهانی^۲ (GPS)، فشارخون^۳ (BP)، مانیتور فعالیت و دمای بدن برای سربازان و حسگرهای تشخیص مواد شیمیایی، انفجار، تجهیزات هوشمند نظامی، موقعیت مکانی برای صحنه نبرد به لایه‌های بالاتر برای تحلیل و تصمیم‌گیری ارسال می‌گردد.

این سیستم یک فرآیند چند سطحی را در جریان داده‌های ورودی انجام می‌دهد و در نهایت، گزارش‌های مربوط به حوادث و رویدادهای موجود را به سطوح فرماندهی ارسال می‌نماید. پردازش چند سطحی به شیوه سلسله مراتبی انجام شده، به طوری که هر سطح فرایندها را با جزئیات خاصی اجرا می‌کند. فرایندهای سبک‌تر در لایه‌های بالاتر قرار می‌گیرد در حالی که فرایندهای سطحی به لایه‌های پایین‌تر اختصاص داده می‌شوند. این معماری چند سطحی منجر به مداخله زودهنگام بر اساس جریان داده‌های ورودی خواهد شد. فرایندهای اجرا شده بر روی داده‌ها به سه دسته زیر تقسیم می‌شوند:

پیش پردازش:

فرایندهای سبک وزن و سریعی که می‌تواند بر روی تجهیزات هوشمند همراه سرباز با مصرف توان و قدرت پردازش کمتری اجرا شود. در این مرحله پردازش بی‌درنگ قبل از پردازش اولیه و نهایی جهت تشخیص موارد غیرطبیعی به کار می‌رود (از جمله تشخیص مواد شیمیایی و انفجار).

پردازش اولیه:

این پردازش می‌تواند بر روی رایانه شخصی یا ماشین‌های مجازی سبک در ابرک‌های ایستا یا پویا مستقر در وسایل نقلیه نظامی به صورت بی‌درنگ محدود شود. بر اساس منابع ابر پویا و یا استاتیک موجود می‌توان پردازش بهتر و ارزشمندتری بر روی داده‌های موجود برای تشخیص حوادث و رویدادها ارائه داد.

تجاری است. آنها اعتقاد دارند در وزارت دفاع همچنان به نوآوری در سنسور حسگرهای پیشرفته و سیستم‌های کنترل پرداخته شده اما در راه‌اندازی فناوری های IoT برای عملیات روزمره که توانایی افزایش بهره‌وری، کارایی و صرفه‌جویی در هزینه‌های زیادی در بخش وزارت دفاع را دارد، عقب افتاده است. در این مطالعه توجه به کاربردهای نظامی با در نظر گرفتن چالش‌های فنی شناخته شده در ساختار فرماندهی نظامی پیشنهاد شده است.

همان‌طور که می‌دانیم و در مطالعات مختلف بررسی شده ذکر شده است، توجه به اهمیت نیروی انسانی در میدان نبرد و میزان تلفات و آسیب‌ها در حوزه سلامت سربازان در میدان‌های نبرد آینده، همچنین معماری بی‌درنگ و مقیاس‌پذیر قابل پیاده‌سازی در میدان نبرد، از اهمیت بالایی برخوردار است. اطلاع از موقعیت مکانی و وضعیت سربازان در فرماندهی و کنترل صحنه نبرد در اشراف بر میدان نبرد و فرماندهی مؤثر از می‌بایست مورد نظر قرار گیرد. مطالعه موارد بالا و سایر مقالات و تحقیقات مرتبط با موضوعات در این زمینه، منجر به ارائه معماری بی‌درنگ و سلسله مراتبی جهت کاهش زمان پاسخ، بهبود فرماندهی و کنترل، هوشمند سازی و داشتن آگاهی مؤثر از صحنه نبرد شده است.

۴. روش پیشنهادی

۴-۱. شرح سیستم:

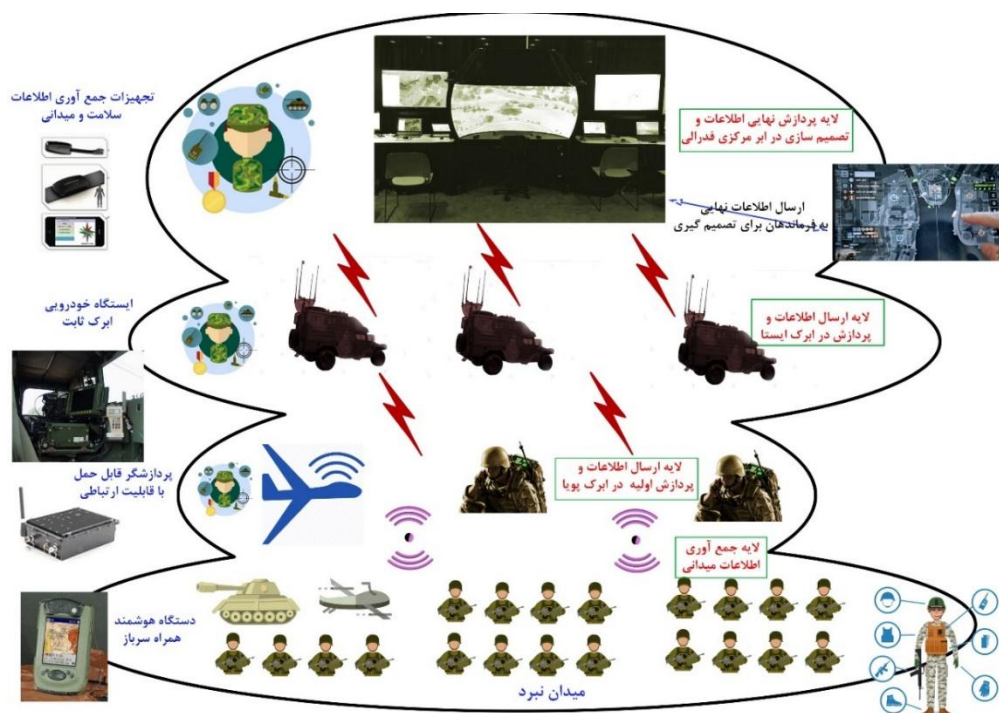
سیستم پیشنهادی برای پایش بی‌درنگ میدان نبرد و گزارش آگاهی وضعیتی از سلامت سربازان شامل اطلاعات فیزیولوژیکی، محیطی و شناختی در نظر گرفته شده است. نظارت بر وضعیت سلامت سربازان و ارائه پشتیبانی پزشکی در محیط‌های نظامی، احتمال زنده ماندن سربازان در میدان نبرد را افزایش و منجر به کارایی بهتر در صحنه نبرد می‌گردد.

در این بخش، مفهومی معماری سلسله مراتبی پیشنهادی مبتنی بر IoT برای ارائه خدمات مراقبت سلامت هوشمند و آگاهی از صحنه در میدان نبرد ارائه می‌گردد. رویکرد پیشنهادی با تکیه بر محدودیت‌ها و نقص‌های موجود در مطالعات قبلی [۵، ۹، ۱۶، ۱۷، ۱۸] از لحاظ مقیاس‌پذیری، زمان تأخیر شبکه و پاسخ بی‌درنگ است.

¹ Wireless Body Area Networks (WBAN)

² Global Positioning System

³ Blood pressure



شکل ۱. معماری پیشنهادی برای مدیریت صحنه نبرد

پردازش نهایی:

این فرآیند مسئول پردازش دسته‌ای کلان داده‌ها برای سربازان و محیط صحنه نبرد را بر اساس سوابق سربازان، میدان، صحنه نبرد و اطلاعات جانبی است. اجرای این فرآیند ممکن است مدت زیادی طول بکشد.

همان‌طور که در معادله ۱ نشان داده شده، زمان پردازش در هر لایه متفاوت و در پیش‌پردازش از بقیه بسیار کمتر است، که به همین نسبت در پردازش اولیه و پردازش نهایی نسبت به پردازش کامل در ابر بسیار نیز کاهش یافته است.

معادله ۱

زمان پردازش و تحلیل در هر لایه = تاخیر پردازش: T_A

$$\alpha \ll \beta \ll \gamma < \delta$$

Initial Processing = α
Preprocessing = β
Final processing = γ
Full processing time = δ

واحد پیش‌بینی، تصمیم‌سازی، مدیریت و فرماندهی:

پیش‌بینی، تصمیم‌سازی، مدیریت و فرماندهی با استفاده از نمایه کاربری، محل استقرار، موقعیت زمانی و آگاهی از

وضعیت سربازان و تجهیزات هوشمند نظامی در صحنه نبرد انجام می‌گیرد. نتایج و اطلاعات تولیدشده توسط واحد پیش‌بینی و مدیریت، یکی از پارامترهایی است که برای تصمیم‌سازی، پیش‌بینی رفتار سربازان و ارائه خدمات به آن‌ها استفاده می‌شود. پارامترهای تصمیم‌گیری که در این واحد مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند شامل موارد زیر است:

سربازان:

- نمایه سرباز: هویت دیجیتالی از جمله اطلاعات شخصی، سن، وضعیت، موقعیت مکانی مورد نظر کلاس‌بندی سربازان با توجه به نوع یگان و درجه و اهمیت عملیاتی است.
- نمایه تجهیزات و خودروهای نظامی: شامل شناسه، وضعیت، موقعیت مکانی و غیره است
- تاریخچه: تاریخچه وضعیت و سوابق موجود که در سیستم وجود دارد.
- پارامترهای محیطی و موقعیت مکانی و زمانی: از جمله طول و عرض جغرافیایی، دما و ارتفاع،

شرایط داخلی، در فضای باز و شرایط آب و هوایی مختلف.

ابرها:

- بار کاری
- موقعیت جغرافیایی
- ترافیک شبکه
- محل استقرار
- توان محاسباتی و پردازشی

خدمات:

- دسته بندی و تنوع خدمات
- توافق سطح خدمات کاربری
- اولویت های از پیش تعیین شده توسط فرماندهان

۴-۲. معماری پیشنهادی:

همان طور که در بالا ذکر شد، معماری پیشنهادی از یک طراحی سلسله مراتبی استفاده می نماید. معماری پیشنهادی شامل چهار لایه از پایین به بالا شامل سربازان و حسگرهای صحنه نبرد، محاسبات پویا، محاسبات ایستا و فضای ابری فدراسیونی است. جریان داده ها شامل سیگنال ها و داده های جمع آوری شده و ارسال شده توسط منابع مختلف مانند تجهیزات هوشمند همراه سرباز یا وسایل نقلیه نظامی پردازش می شود و خروجی به عنوان ورودی به لایه های بعدی به لایه بعدی منتقل می شود. ابرهای دارای منابع قوی تر از نظر پردازشی و ذخیره سازی برای تسهیل عملیات پردازش و ذخیره سازی بین تلفن های هوشمند و ابر فدراسیون در لایه های ایستا و پویا استفاده می شود. اکثر وظایف محاسبات اطلاعاتی شامل تشخیص الگو، مدیریت، پیش بینی، پیشگیری و کنترل در لایه ابر فدراسیون انجام می شود.

معماری پیشنهادی شامل دستگاه های هوشمند همراه برای سربازان و فرماندهان، ابرهای محاسباتی سیار، و ابرهای ثابت و ابر فدراسیونی است. این معماری به چهار بخش ارتباطی بین بازیگران در این سیستم مطابق شکل ۴ تقسیم شده است.

لایه دستگاه های هوشمند همراه: لایه اول شامل حسگرهای محیطی و بدنی، سیستم موقعیت یاب جهانی (GPS)، اندازه گیری فشارخون، سیستم پرسشنامه، پایش

فعالیت، دستگاه هوشمند همراه برای نظارت بر سربازان (شکل ۲)، دمای محیط و دمای بدن سرباز، میزان استرس و آگاهی از وضعیت سرباز روی دستگاه هوشمند قابل حمل است. شبکه حسگری و تجهیزات قابل حمل هوشمند اولین لایه برای ارتباط بین حسگرها و دستگاه های هوشمند همراه است که از یک رابط کاربری برای جمع آوری اطلاعات حسگرها، منابع مهم اطلاعاتی جهت نظارت بر صحنه نبرد استفاده نموده و منجر به تجزیه و تحلیل اطلاعات جهت آگاهی از وضعیت محیطی و کسب دانش در مورد وضعیت سربازان و میدان نبرد و در نتیجه کاهش صدمات احتمالی می شود. حسگرها به صورت پراکنده و در محیط های از پیش تعیین شده در میدان نبرد و همراه سربازان مستقر شده و اطلاعات محیطی و وضعیت سربازان را جمع آوری می کنند. در هنگام وقوع رویداد این حسگرها اطلاعات را از طریق دستگاه هوشمند همراه سرباز، فرمانده و یا مستقر در میدان به لایه های بالاتر جهت تصمیم سازی منتقل می نمایند. دستگاه هوشمند جهت پردازش اولیه وقایع و انتقال اطلاعات مورد استفاده قرار می گیرد. با توجه به محدودیت های دستگاه های هوشمند همراه از نظر توان محاسباتی، مصرف انرژی و محدودیت های ارتباطی، محاسبات حیاتی و سبک وزن در این لایه انجام می گیرد.

لایه محاسبات لبه یا ابرک های پویا: دومین لایه ارتباطی بین همه کاربران نهایی و دستگاه هایی است که در میدان یا ایستگاه در نزدیکی ابر پویا قرار دارند. این ابرک ها به صورت سیار و با توان محاسباتی بالاتر از دستگاه هوشمند جهت آوردن محاسبات به نزدیک سربازان و رفع محدودیت های دستگاه های هوشمند همراه مورد استفاده قرار می گیرد. این ابرک ها می توانند به سرعت راه اندازی شده و در صورت عدم نیاز مورد استفاده قرار نمی گیرند. برای بهبود عملکرد خدمات و بهره وری انرژی به دلیل میزان نزدیکی سربازان در صحنه نبرد از ابرک های پویا برای خدمات سلامت و تصمیم سازی اولیه استفاده می شود. این ابرک ها یک رایانه شخصی یا یک ماشین مجازی بوده که می تواند دائمی و پایدار، یا موقت و ناپایدار و آماده اجرای کد پردازش اولیه بر اساس نیازهای سرباز و فرمانده باشد. حالات آماده برای کار یا خواب برای این ابرک ها

قابل تعریف است. قابلیت این ابرک‌ها برای خدمات‌دهی به ۵ تا ۱۰ سرباز تعریف شده و نحوه اتصال به آن از طریق شبکه بی‌سیم است.

لایه محاسبات مه یا ابرک‌های ایستا: لایه سوم ارتباط بین ابرک‌های یا دستگاه‌های نزدیک به ابر ایستا مستقر در لبه است. این ابرها با توان محاسباتی بالاتر برای خدمات ذخیره‌سازی، محاسباتی و تأمین داده برای لایه‌های بالاتر در مقرهای پایدارتر استقرار می‌یابد. دریافت اطلاعات از لایه‌های پایین‌تر، یکپارچگی، کاهش زمان تأخیر در زمان پاسخ، پردازش با منابع قدرتمند و حذف محدودیت‌های دستگاه هوشمند همراه در این لایه انجام می‌شود. ایستا بودن این ابرک‌ها باعث تحمل‌پذیری در برابر خطا، به دلیل نوع کاربرد تعریف شده است.

لایه ابر فدراسیون: لایه چهارم، لایه‌ای ایجاد شده بالای ابرک‌ها است. ابر فدراسیون شامل واحدهای پردازش، دستگاه‌های مدیریت و ادغام داده‌ها، موتورهای تحلیلی و استقرار و ترکیب خدمات است. در این لایه، سرویس‌های متعدد داخلی و خارجی برای برآوردن نیازهای کسب‌وکار، ذخیره‌سازی و پردازش پیاده‌سازی شده است. در ابر فدرال، هر هاب به مجموعه‌ای مشخص از ابرک‌ها خدمات می‌دهد. این ابر عملکرد بسیار بهتری نسبت به ابرک‌ها داشته و به‌سادگی با ابر ادغام می‌شود. تمام فرآیندهای مربوط به نوع کاربرد برای تشخیص اختلال، تشخیص الگو، تجزیه و تحلیل و مقایسه زمانی و وضعیت سربازان و صحنه نبرد در این لایه انجام می‌شود. از دیگر وظایف مهم در این لایه پشتیبان‌گیری، بازیابی داده‌ها، رگرسیون خطی، و مسائلی از قبیل راهکاری جلوگیری از دست دادن داده‌ها و حفظ امنیت است.

۴-۳. سناریو:

معماری پیشنهادی، مستقل از فناوری‌های ارتباطی و پروتکل‌ها بوده و تمامی خدمات به‌عنوان سرویس در ابرک‌ها و ابر فدراسیونی ارائه شده و در هر زمان و از هر مکانی قابل دسترسی هستند. با توجه به افزایش تعداد سربازان و تجهیزات مستقر، افزایش درخواست‌ها و حجم اطلاعات جمع‌آوری شده توسط سربازان و با در نظر گرفتن شرایط

صحنه نبرد و محدودیت‌ها زمان پاسخ و مقیاس‌پذیری از پارامترهای بسیار مهم هستند. تصمیم‌گیری و پاسخ به موقع در میدان نبرد بسیار حیاتی است که آسیب‌های جدی، مرگ و یا شکست در میدان نبرد از نتایج تأخیر یا عدم پاسخ به موقع است. ابرک‌ها در این معماری، نقش مهمی در کاهش زمان پاسخ در حوادث داشته و ابرک‌های ایستا، مسئله بی‌ثباتی و قابلیت اطمینان ابرک‌های پویا را حل می‌کنند.

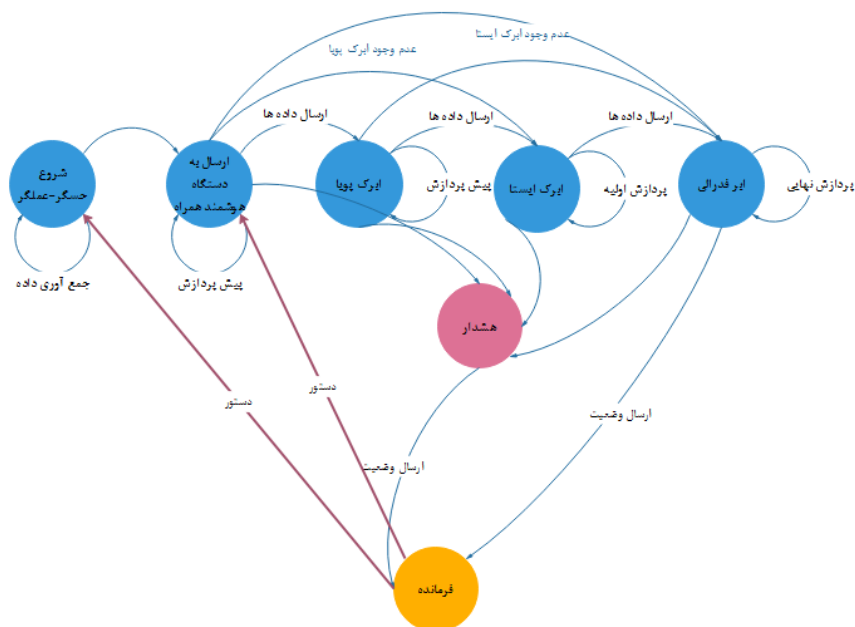
بررسی و تحلیل سابقه سربازان و میدان نبرد و مقایسه آن با اطلاعات قبلی و داشتن یک الگوی خاص شناخته شده، بسیار زمان‌گیر است و بر مقیاس‌پذیری سیستم با افزایش تعداد درخواست‌ها تأثیر می‌گذارد. در این راه‌حل، پردازش مسائل بحرانی و رویدادهای با خطر بالا در لایه پایین‌تر انجام شده و در صورت لزوم با اولویت بالا به لایه‌های بالاتر و ابر فدرالی ارسال می‌شود. عدم تمرکززدایی باعث کاهش تأخیر شده و سرعت اعلام هشدار را به دیگر سربازان یا فرماندهان را در سیستم افزایش می‌دهد.

در این سناریو، داده‌های جمع‌آوری شده از حسگرها به دستگاه‌های هوشمند همراه ارسال می‌شود و الگوریتم مطابق شکل ۵ و قوانین زیر اجرا می‌شود:

قوانین:

- داده‌ها ابتدا بر روی تجهیزات هوشمند همراه سرباز پردازش می‌شود.
- فشرده‌سازی داده‌ها اختیاری است.
- داده‌ها در دوره زمانی مشخص ارسال می‌شوند.
- پاسخ دهی باید بی‌درنگ باشد.
- بهترین سرور یا ابرک در هر سطح انتخاب می‌شود.
- بر اساس توافقنامه سطح خدمات، وضعیت سربازان، صحنه نبرد پردازش‌ها اولویت بندی و اجرا می‌شود.
- هر ابرک پویا متعلق به ۵-۱۰ سرباز است.
- هر ابرک ایستا متعلق ۱۰-۳۰ ابرک پویا است.
- ابرک ایستا بین سرورهای فدرال برای مقیاس‌پذیری تقسیم می‌شود.

- عدم وجود ایرک ها



۵. شبیه سازی

تجهیزات حسگرهای سلامت، فیزیولوژیک و محیطی برای جمع‌آوری اطلاعات حیاتی و صحنه نبرد هستند. سربازان در حال حرکت بوده و ارتباط بین آن‌ها از طریق گره مرکزی در میدان نبرد بوده که می‌تواند یک ایستگاه LTE و به‌صورت اقتضایی باشد، صورت می‌پذیرد.

در سناریوی پیشنهادی، مجموعه‌ای از سربازان در یک منطقه عملیاتی و بدون زیرساخت شبکه‌ای ثابت وجود دارند. با فرض مجهز بودن سربازان به دستگاه‌های هوشمند همراه، ارتباطات از طریق شبکه بی‌سیم با یکدیگر و گره فرماندهی میدانی برقرار می‌شود. سربازان همچنین مجهز به

جدول ۱. پارامترهای شبیه‌سازی

مقادیر	ویژگی ها	مولفه ها
2.4GHz	Frequency	Wi-Fi
random (54Mbps)	bitrate	
150m	range	
IEEE802.11 a/b/g	interface	
1mps	mobility speed	
1Mbps/500Kbps/250Kbps	Data rate	LTE
2Km	Diameter	
10mps	mobility	
1G-10G	Data rate	Fiber
-	SCTP SCTP server, SCTP Client	
22Mb	Data	

مرکز فرماندهی نیازمند دانستن موقعیت مکانی برای مدیریت افراد و صحنه نبرد، علائم حیاتی از قبیل سیگنال قلبی و سایر پارامترهای فیزیولوژیک، با توجه به موقعیت حساس و پارامترهای محیطی جهت بررسی خطرات میدان نبرد از قبیل انفجار بمب، کمین و تیراندازی، تهدیدات شیمیایی و غیره جهت بررسی میزان مؤثر بودن سربازان در صحنه نبرد است. همچنین در صورت نیاز، می‌توان با تصمیم‌گیری به موقع نسبت به ارسال کمک‌های امدادی یا جلوگیری از پیشروی و کاهش تلفات اقدام نمود.

در این سناریو سربازان اطلاعات موقعیت مکانی، محیطی و سلامت خود را توسط حسگرهای محیطی و بدنی جمع‌آوری شده از طریق دستگاه هوشمند همراه به لایه‌های بالاتر منتقل می‌کنند. پردازش‌های موردنیاز و مناسب بر روی اطلاعات در لایه‌های مختلف انجام می‌شود. محوطه میدانی با 100×100 مترمربع برای این شبیه‌سازی به همراه ۶ سرباز در هر خوشه در نظر گرفته شده است. ابرهای پویا در این محیط استقرار یافته و به هر ۱۰ ابر پویا یک ابر ایستا تخصیص یافته است. همچنین هر ۱۰ تا ۳۰ ابر ایستا، توسط یک هاب در ابر فدراسیونی مدیریت می‌شود. داده‌ها به صورت رشته‌ای از لایه‌های پایین به بالا در بازه‌های زمانی مشخص ارسال می‌شوند. همچنین از شبیه‌سازی مونت کارلو برای به دست آوردن نتایج استفاده می‌شود. تنظیمات و پارامترهای اولیه شبیه‌سازی در جدول ۱ آمده است.

۲-۵. نتایج شبیه‌سازی

با توجه به معماری مقیاس‌پذیر، خدمات به کاربران در لایه‌های مختلف طبقه‌بندی می‌شود. در این معماری سلسله مراتبی، پردازش‌ها در لایه‌های مختلف نزدیک سرباز برای پاسخ سریع‌تر استقرار یافته‌اند. نتایج شبیه‌سازی با استفاده از روش شبیه‌سازی مونت کارلو، ۱۰۰۰ بار تکرار می‌شوند.

گام اول:

تأخیر به وجود آمده در مرحله پیش‌پردازش که بر روی دستگاه هوشمند اجرا می‌شود فقط مربوط و وابسته به منابع دستگاه است. شایان‌ذکر است که تأخیرهای انتشار، انتقال و

صف‌بندی نزدیک به صفر است. بنابراین کاهش زمان پاسخ و افزایش کارایی، منجر به تشخیص حوادث و وقایع به صورت بی‌درنگ می‌شود.

گام دوم:

تأخیر در ارسال داده‌های سلامت و میدانی از دستگاه هوشمند سرباز به ابرک پویا، بر اساس ملاحظات مرکز تصمیم‌سازی در شکل ۶ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که زمان تأخیر بین ۳۰۰ تا ۲۵۰۰ میلی‌ثانیه در هر بسته و تأخیر مجموع کمتر از ۱ ثانیه است. در این شکل تأخیر انتها به انتها را بین دستگاه هوشمند سرباز و ابرک‌های پویا نشان داده شده است. زمان پردازش اطلاعات میدانی به دلیل عدم وجود محدودیت در منابع محاسباتی به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. بر اساس تقسیم سربازان به گروه‌های کوچک و اختصاص محاسبات به یک مرکز پردازشی مستقل، تأخیر صف‌بندی بسیار ناچیز است که منجر به توانایی انجام محاسبات بی‌درنگ می‌شود.

گام سوم:

در شکل ۶ تأخیر انتها به انتها در ارسال اطلاعات از ابرک پویا به ابرک استاتیک را نشان داده شده است. تفاوت بین ارسال اطلاعات را بر اساس پارامترهای مختلف مانند فاصله، اولویت و غیره نشان داده شده است. همان‌طور که نشان داده شده به دلیل افزایش فاصله و تقاضا برای خدمات، انتشار، انتقال و تأخیر صف‌بندی قابل توجه است. همچنین، تفاوت بین زمان اجرای پردازش اولیه و مراحل پیش‌پردازش باید در پاسخ بی‌درنگ در نظر گرفته شود.

گام چهارم:

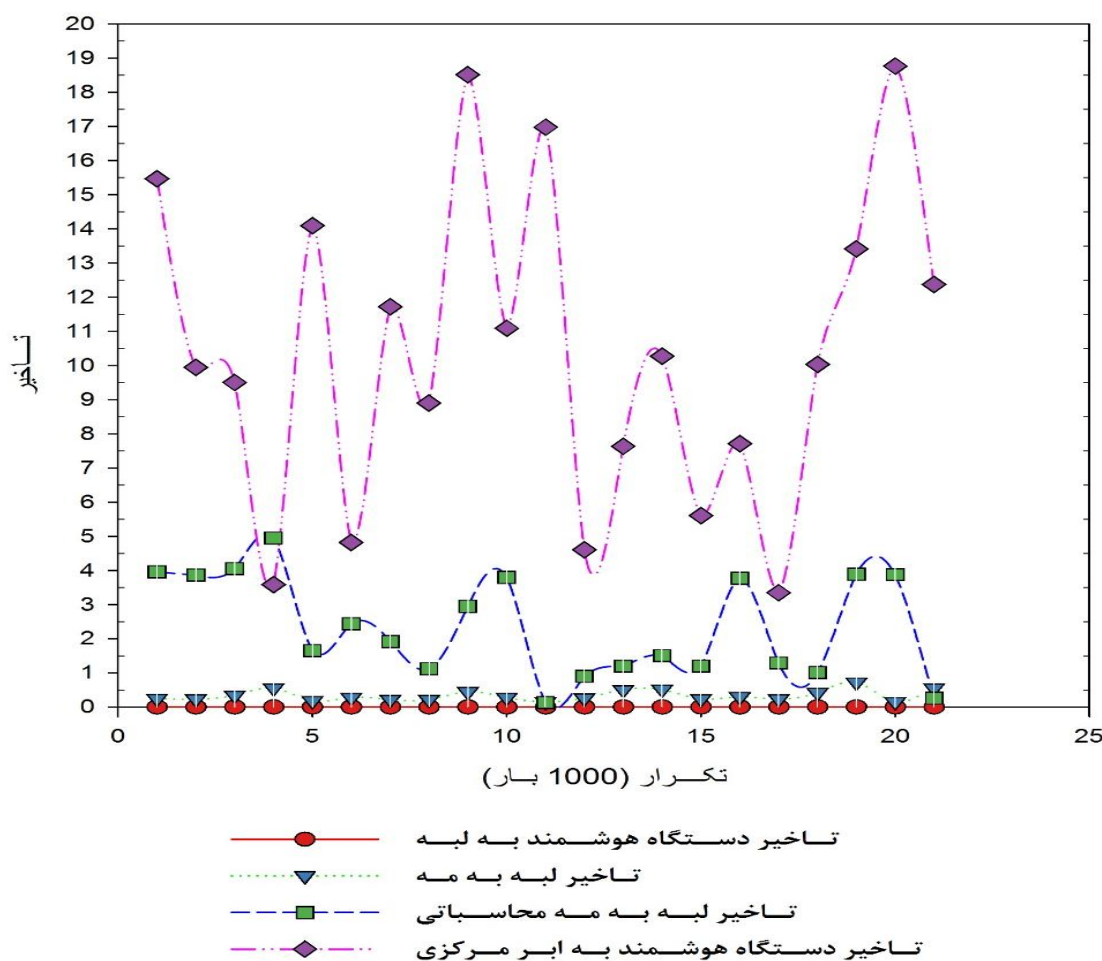
در آخرین مرحله، داده‌های جمع‌آوری شده از منابع مختلف که در ابرک‌های ایستا ذخیره شده‌اند به هاب مشخص شده در ابر فدراسیونی فرستاده می‌شوند. شکل ۶ تأخیر در ارسال اطلاعات به خوشه ابری را نشان می‌دهد.

سایر سناریوهای بررسی شده که در مقاله‌ها و مطالعات مورد استفاده قرار گرفته، که در آن گره‌های موبایل به طور

شکل ۷، نشان دهنده تأخیر شبکه انتقال اطلاعات میدانی از دستگاه هوشمند سربازان به ابر، به صورت مستقیم است. داده های ورودی برای تشخیص هرگونه اختلال و یا موقعیت بحرانی به صف افزوده می شوند. با توجه به افزایش تعداد تقاضاها، تأخیر صف منجر به افزایش نامطلوب زمان پاسخ می شود.

مستقیم به مرکز داده می فرستند و یا از یک لایه ابرک برای این منظور استفاده شده، در شکل ۷ نشان داده شده است. با توجه به دلایل ذکر شده در بالا، زمان های پخش، انتقال و تأخیر صف بیشترین اهمیت را دارد. همان طور که می دانیم پردازش داده ها در ابر فدراسیونی بسیار وقت گیر است.

سناریوی محاسبات ابری:



شکل ۳. نتایج شبیه سازی

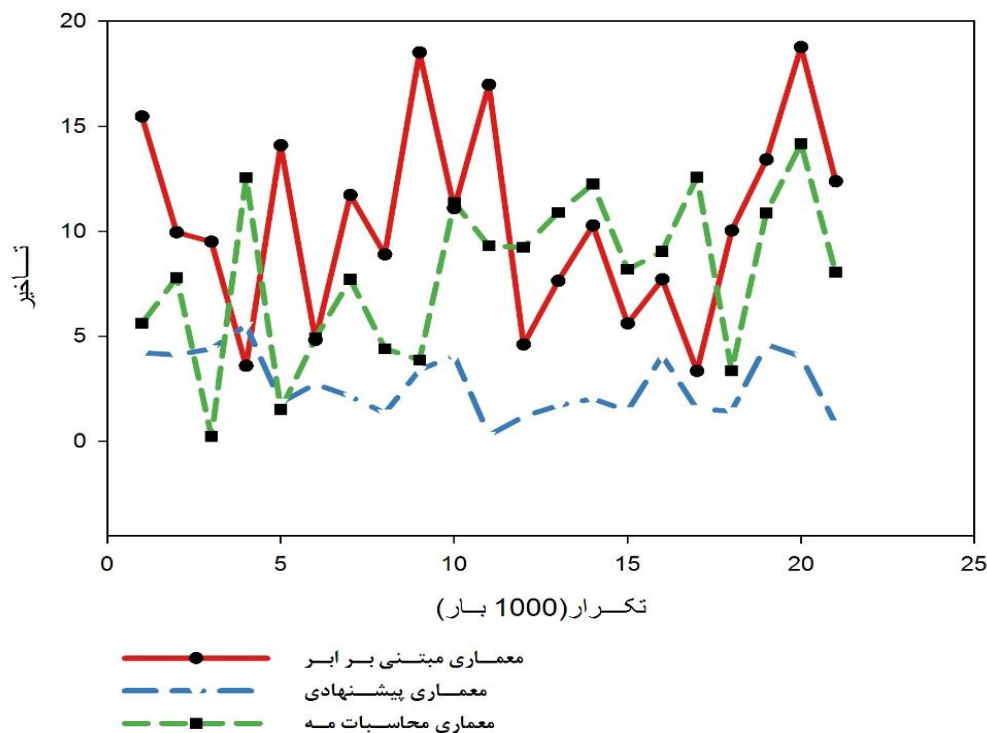
شکل دیده می شود، خوشه بندی سربازان با توجه به اولویت با استفاده از محاسبات متمرکز آگاهانه و آگاهی وضعیتی جهت فرماندهی و کنترل میدان نبرد، تقسیم فرایندهای پردازشی به وظایف متوالی، آوردن پردازش های سبک در نزدیکی صحنه نبرد و سربازان، کاهش تأخیر در ارائه خدمات، تغییر محیط انتقال و کاهش تأخیر با استفاده از معماری سلسله مراتبی اینترنت اشیا می تواند زمان پاسخ را تا ۷۰ درصد کاهش دهد.

سناریوی محاسبات مه:

در این سناریو اطلاعات به صورت مستقیم از طریق سربازان و بدون پردازش اولیه به محیط مه محاسباتی موجود در نزدیک ترین فاصله فرستاده می شوند. زمان تأخیر با توجه به تعداد درخواست ها متغیر است.

شکل ۷، اختلاف در زمان تأخیر شبکه بین سناریوهایی مختلف بررسی شده را نشان می دهد. همان طور که در این

بر این اساس، زمان پاسخ اضطراری و تأخیر شبکه برای صف‌بندی، به‌طور متوسط به میزان ۷۲ درصد کاهش می‌یابد. انتقال از منبع داده به دستگاه‌های محاسباتی با توجه به تأخیر



شکل ۴. نتایج مقایسه معماری‌های موجود

۶. نتیجه‌گیری

نیازمندی به سامانه‌ها و سیستم‌های مقیاس‌پذیر و بی‌درنگ، سیستم‌های نظارتی و فرماندهی و کنترل از اهمیت زیادی در مدیریت صحنه نبرد برخوردار است. این سیستم به طور کامل چرخه تصمیم در فرماندهی و کنترل، را پوشش داده و در این معماری مورد نظر قرار گرفته است.

با توجه به وجود حسگرهای مختلف از قبیل رادارها، سونارها، تجهیزات رصد، پایش و حسگری امکان استقرار این معماری جهت نظارت بی‌درنگ بر صحنه نبرد واقعی، نبرد سایبری، مرزبانی و میدان عملیات نظامی و انتظامی با قابلیت مدیریت نیروها و ادوات موجود در صحنه نبرد وجود دارد.

لازم به ذکر است با تغییر حسگرها به حسگرهای مورد نظر دیگر، معماری پیشنهادی در محیط‌های مختلف که نیازمند بی-درنگی در تصمیم‌گیری، تحمل‌پذیری در برابر خطا و

مقیاس‌پذیری هستند بسیار پراهمیت بوده می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

در این مقاله، با توجه به اهمیت زمان پاسخ در صحنه نبرد و امکان دریافت خدمات حیاتی و دستورات به‌صورت بی‌درنگ، معماری چند سطحی و سلسله‌مراتبی مقیاس‌پذیر با توانایی تحمل‌پذیری در بستر اینترنت اشیاء به همراه فن‌آوری محاسبات لبه و LTE در جعبه پیشنهاد شده است. تغییر واسط ارتباطی، تقسیم پردازش داده‌ها و استفاده از سیستم مدیریت اطلاعات متمرکز باعث بهبود زمان پاسخ کاهش تأخیر آنها به انتها شده است.

یکی از چالش‌های مهم در این حوزه، تقسیم کردن محاسبات به پردازش‌های مستقل و کم‌مصرف است. معماری پیشنهادی می‌تواند در سناریوهای بیشتری با محوریت حیاتی بودن پاسخ در مأموریت مورد استفاده قرار گیرد.

ضربان قلب، گردش خون، سطح قند، سطح قلب و غیره برای سربازان و پارامترهای محیطی از قبیل حسگرهای شیمیایی، هسته‌ای، بیولوژیک، انفجاری و غیره برای تعیین وضعیت صحنه نبرد موردبررسی قرار گرفته و تصمیمات تاکتیکی اتخاذ می‌گردد. معماری پیشنهادی از نظر زمان پاسخ‌گویی و میزان مصرف توان دارای برتری نسبت به سایر روش‌ها است.

کارهای آتی در این زمینه می‌تواند، ارزیابی مصرف انرژی، بهبود در پردازش‌ها، تحلیل چالش‌های امنیتی مکان مناسب جهت استقرار سیستم‌های تصمیم‌گیر است. همچنین می‌توان در این زمینه راندمان مصرف، داده‌ها و فرآیندها، روش‌های پردازش سبک‌سازی، الگوریتم‌های پردازش کارآمد، سیستم مدیریت توزیع متمرکز توزیع‌شده و مسائل امنیتی مورد نظر قرار گیرد که در این مطالعه موردتوجه قرار نگرفته است.

همچنین این معماری می‌تواند به‌عنوان پروکسی برای کارایی بیشتر در مقیاس‌پذیری و بهبود تحمل خطا استفاده شود.

این معماری برای خدمات مراقبت از سلامت از راه دور و تصمیم‌سازی به‌موقع با آگاهی از صحنه نبرد برای فرماندهان با توجه به اهمیت پیشگیری در عرصه فرماندهی و کنترل صحنه نبرد ارائه شده‌است. نتایج شبیه‌سازی نشان دهنده‌ی تأخیر و کارایی مناسب در خدمات سلامت و مدیریت صحنه نبرد است.

در این مقاله وضعیت میدان نبرد و سربازان از نظر سلامت و موقعیت مکانی تجهیزات موردبحث قرار گرفته است. این معماری سلسه‌مراتبی با برقراری ارتباط با مرکز فرماندهی و کنترل توانایی نظارت بر پارامترهای محیطی و میدانی سربازان را فراهم نموده است. پارامترهایی از قبیل دمای بدن، حس‌گر

۶. مراجع

- [1]. Fongen, A. and Mancini, F., 2015, December. Integrity attestation in military IoT. In 2015 IEEE 2nd World Forum on Internet of Things (WF-IoT) (pp. 484-489). IEEE.
- [2]. Kott, A., Swami, A. and West, B.J., 2016. The internet of battle things. *Computer*, 49(12), pp.70-75. .
- [3]. Ge, M., Bangui, H. and Buhnova, B., 2018. Big data for internet of things: a survey. *Future Generation Computer Systems*, 87, pp.601-614.
- [4]. Patii, N. and Iyer, B., 2017, May. Health monitoring and tracking system for soldiers using Internet of Things (IoT). In 2017 International Conference on Computing, Communication and Automation (ICCCA) (pp. 1347-1352). IEEE.
- [5]. Wang, S., Zhang, X., Zhang, Y., Wang, L., Yang, J. and Wang, W., 2017. A survey on mobile edge networks: Convergence of computing, caching and communications. *IEEE Access*, 5, pp.6757-6779.
- [6]. Singh, D., Tripathi, G., Alberti, A.M. and Jara, A., 2017, January. Semantic edge computing and IoT architecture for military health services in battlefield. In 2017 14th IEEE Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC) (pp. 185-190). IEEE.
- [7]. Lim, H.B., Ma, D., Wang, B., Kalbarczyk, Z., Iyer, R.K. and Watkin, K.L., 2010, June. A soldier health monitoring system for military applications. In 2010 International Conference on Body Sensor Networks (pp. 246-249). IEEE.
- [8]. Yushi, L., Fei, J. and Hui, Y., 2012, May. Study on application modes of military Internet of Things (MIOT). In 2012 IEEE International Conference on Computer Science and Automation Engineering (CSAE) (Vol. 3, pp. 630-634). IEEE.
- [9]. Shenai, S. and Aramudhan, M., 2017, May. A federated cloud computing model with self-organizing capability using trust negotiation. In 2017 International Conference on IoT and Application (ICIOT) (pp. 1-6). IEEE.
- [10]. Baig, M.R., Ullah, N., Hadi, F., Ahmed, S., Hanan, A. and Ahmed, I., 2017. AnyCasting in Dual Sink Approach (ACIDS) for WBASNs. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 8(3), pp.257-263.
- [11]. Satyanarayanan, M., 2017. The emergence of edge computing. *Computer*, 50(1), pp.30-39.
- [12]. Albuquerque, S.L. and Gondim, P.R., 2016. Security in cloud-computing-based mobile health. *It Professional*, 18(3), pp.37-44.
- [13]. Michael, J. and Steinberger, C., 2017. Context Modeling for Active Assistance. In *ER Forum/Demos* (Vol. 1979, pp. 207-220).
- [14]. Camarillo, G., Kantola, R. and Schulzrinne, H., 2003. Evaluation of transport protocols for the session initiation protocol. *IEEE network*, 17(5), pp.40-46.
- [15]. Ramaswamy, V. and Correia, J.T., 2018, October. Enhancing Service Availability of LTE-in-a-Box Systems Using 3GPP-Compliant Strategies. In *MILCOM 2018-2018 IEEE Military Communications Conference (MILCOM)* (pp. 512-517). IEEE.
- [16]. Ray PP. Towards an internet of things based architectural framework for defence. In 2015 International Conference on Control, Instrumentation, Communication and Computational Technologies (ICCICCT) 2015 Dec 18 (pp. 411-416). IEEE.

- [17] Fraga-Lamas, P., Fernández-Caramés, T., Suárez-Albela, M., Castedo, L. and González-López, M., 2016. A review on internet of things for defense and public safety. *Sensors*, 16(10), p.1644.
- [18]. Hoyt, Reed W., Jaques Reifman, Trinkka S. Coster, and Mark J. Buller. "Combat medical informatics: present and future." In *Proceedings of the AMIA Symposium*, p. 335. American Medical Informatics Association, 2002.
- [19]. Suri, N., Tortonesi, M., Michaelis, J., Budulas, P., Benincasa, G., Russell, S., Stefanelli, C. and Winkler, R., 2016, May. Analyzing the applicability of internet of things to the battlefield environment. In *2016 international conference on military communications and information systems (ICMCIS)* (pp. 1-8). IEEE.
- [20]. Liu, Z., Yang, D.S., Wen, D., Zhang, W.M. and Mao, W., 2011. Cyber-physical-social systems for command and control. *IEEE Intelligent Systems*, 26(4), pp.92-96.