فصلنامه علمی - پژوهشی فرماندهی و کنترل، سال سوم، شماره دو، تابستان ۱۳۹۸

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 ٤ 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 پیشنهادشده است. ساختار سلسله مراتبی، سیستم مدیریت متمرکز آگاهی وضعیتی، تقسیم پردازش‌ها به پردازش‌های کوچک‌تر و استفاده از رسانه‌های مختلف ارتباطی، منجر به دسترسی به‌موقع به خدمات، تصمیم‌سازی و کاهش محدودیت‌ها می‌شود. نتایج، نشان‌دهنده‌ی 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، مقیاس پذیری، 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

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-14]

۱. مقدمه

در میدان‌های نبرد آینده[1]، اشیاء هوشمند، باقابلیت ارتباط با یکدیگر و سربازان در تعامل و همکاری خواهند بود که ناگزیر از سیستم‌های نرم‌افزاری، سخت‌افزاری، خدمات اینترنت اشیاء[2]، راه‌حل‌های مبتنی بر ابر و سیستم‌های آگاهی از محتوا استفاده می‌نمایند. ، اطلاعات سلامت و حیاتی سربازان و وضعیت میدان نبرد از طریق حسگرهای مستقر در میدان یا متصل به سربازان در این سیستم‌ها جمع‌آوری می‌گردد. همچنین از محاسبات لبه[3] جهت توسعه سیستم‌های ذخیره‌سازی و محاسبات استفاده می‌گردد [۱].

مفهوم اینترنت اشیاء صحنه نبرد، **IoBT**[4] بر اساس ایجاد قابلیت هماهنگ‌سازی و توانمندسازی سربازان با استفاده از اینترنت اشیاء، فن‌آوری‌های هوش مصنوعی و شبکه ارتباطی در صحنه نبرد مطرح گردیده است. اشیاء هوشمند[5] شامل مهمات، سلاح، وسایل نقلیه، روبات‌ها و دستگاه‌های پوشیدنی با قابلیت حس کردن، برقراری ارتباط، عمل کردن و هماهنگی هستند که امکان استفاده بی‌درنگ از این تجهیزات با درنظر گرفتن زمان تأخیر قابل تحمل از اهمیت بالایی برخوردار است [۲].

تکیه بر یک معماری متفاوت از اینترنت اشیاء تجاری به دلیل ماهیت اینترنت اشیاء صحنه نبرد ، وجود دشمنان پیشرفته تر و محیط خصمانه‌تر بسیار مورد نیاز است[۱]. علاوه بر چالش‌های در موجود اینترنت اشیاء تجاری، مسایلی از قبیل انعطاف‌پذیری و سازگاری با موقعیت‌های حیاتی، شرایط و مأموریت‌های نظامی، پیچیدگی و استرس شدید شناختی و فیزیکی سربازان در مواجهه با دشمن، پیچیدگی اطلاعاتی، به همراه پویایی و مقیاس‌پذیری[6] 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، ماژول الکتروکاردیوگرام، حسگرهای دما و رطوبت، حسگر ارتعاش سنج، آشکارساز بمب و غیره هستند [٤].

در این مقاله یک معماری مقیاس‌پذیر سلسله مراتبی برای پاسخگویی بی‌درنگ مبتنی بر اینترنت اشیا صحنه نبرد برای نظارت بر سلامت سربازان ومدیریت صحنه نبرد ارائه گردیده که می‌تواند پارامترهای حیاتی سلامت سربازان و وضعیت میدان نبرد را همراه با موقعیت جغرافیایی آن‌ها جمع‌آوری کند. این داده‌ها برای تجزیه‌وتحلیل توسط افسر فرمانده و مرکز کنترل میدانی ارسال و استفاده سیستم تصمیم‌گیری مبتنی بر محاسبات آگاه از محتوا[7] در لبه یا محیط مه[8] محاسباتی مناسب پردازش می‌گردند.

ساختار این مقاله به شرح زیر است. در بخش دوم، مفاهیم مرتبط با این موضوع مورد بررسی قرار گرفته است. در بخش سوم کارهای انجام‌شده در این حوزه معرفی خواهد گردید. بخش چهارم، شرح روش پیشنهادی ارائه می‌گردد. بخش پنجم نتایج شبیه‌سازی با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌ساز، مورد بررسی قرار می‌گیرد. در پایان، جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ارائه‌شده است.

۲. مفاهیم

همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌کنید میدان نبرد از اشیاء مختلفی شامل سربازان، سلاح‌ها، تجهیزات ارتباطی و سلاح‌های پیشرفته برای خودی و دشمن تشکیل‌شده 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 اشیاء مستقر در میدان نبرد و مراکز پردازش، فرماندهی و کنترل و تصمیم‌گیری از طریق معماری سلسله مراتبی صورت می‌پذیرد [۵].

[1] Battlefiled
[2] Inetrnet of things
[3] Edge Comuting
[4] Internet of Battle Things
[5] Smart Things
[6] Scalability
[7] Context-aware
[8] Fog Computing

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-14]

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

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 [٦]. 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 جمع آوری 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 هوابرد، ماهواره‌های نظارتی، وسایل بدون سرنشین هوایی[1] (**UAVs**) و زمینی[2] **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 پردزش 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 سلسله مراتبی برای رفع و غلبه بر این چالش-ها، پیشنهاد شده است. هدف از ارائه خدمات به‌صورت

[1] Unmanned aerial vehicle
[2] Unmanned ground vehicle

فصلنامهٔ علمی - پژوهشی فرماندهی و کنترل، سال سوم، شمارهٔ دو، تابستان ۱۳۹۸

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-14]

سلسه‌مراتبی در میدان نبرد، تسهیل درک و ارتباط بین فرماندهان، نظریه‌پردازان، طراحان جنگ، ارزیابی سربازان است. از تکنیک‌های تلفیق داده‌ها برای طراحی، توسعه و انجام عملیات استفاده می‌شود. شکل ۳ مدل سلسله مراتبی نظامی نشان داده است که در آن هر لایه نقش خاصی برای شناسایی اشیاء به‌منظور بهبود کلی فرآیند بستر بر عهده دارد. در این شکل مدل سلسله مراتبی سنجش وقایع، وضعیت سلامت سربازان و سلاح‌ها با استفاده از حسگرها و دستگاه‌های نهفته[1] هوشمند، با هدف آگاهی از وضعیت صحنه نبرد نشان داده‌شده است. در لایه‌های بالاتر این سیستم، داده‌های منابع مختلف با استفاده از ویژگی‌های زمانی، فضایی، طیفی و رادیومتری متفاوت ترکیب و تلفیق می‌گردند. نظارت بی‌درنگ بر سلامت سربازان و صحنه نبرد با توجه به میزان تلفات معمول در میدان نبرد، از مسائل موردتوجه است [۸].

شکل ۲. تجهیزات سرباز مجهز به حسگرهای جمع‌آوری اطلاعات در نبرد

توپولوژی سلسله مراتبی لایه‌ای شامل مسیریاب‌ها، سوئیچ‌ها و ابرک‌ها از بالا به پایان بوده که برای دسترسی و عملکرد بهتر بهینه شده‌اند. کاربران از طریق سوئیچ‌های پایینی و نقاط دسترسی بی‌سیم متصل می‌شوند و اجرای سیاست‌ها در لایه توزیع مسیریاب‌ها و سوئیچ‌ها انجام می‌شود. برای مثال، در سطح میدان نبرد (سطح صفر) ترافیک در سراسر ستون فقرات (میدان نبرد) منتقل‌شده و در سطح متوسط سطوح ۱ تا (**n-1**) به یک منطقه خاص متصل شده و درنهایت گره پایانی (آخرین) سلاح‌های نظامی و سربازان را با استفاده از تجهیزات حسگری پوشیدنی به خود متصل می‌نماید [۹].

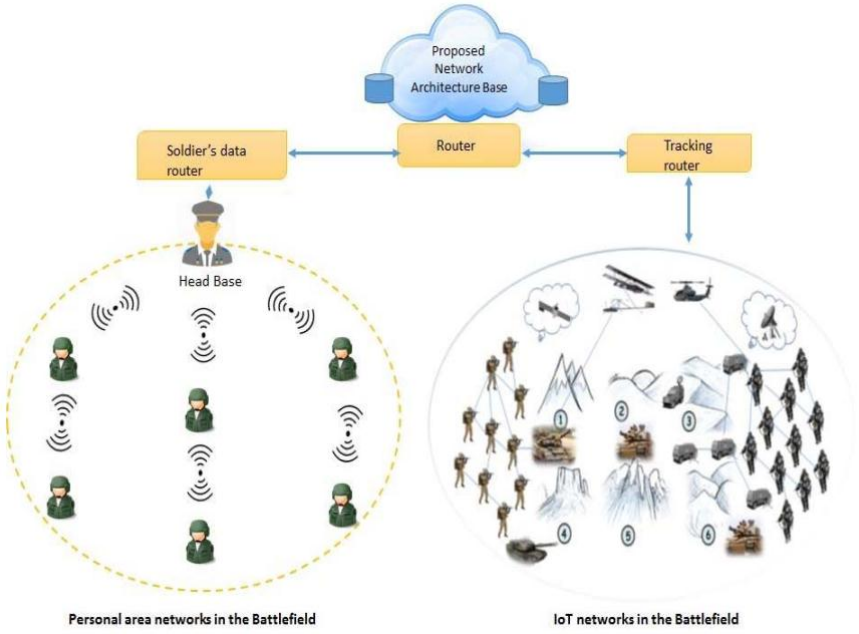
استفاده از محاسبات ابری در سیستم‌های اینترنت اشیاء جهت ارائه خدمات دارای نقش تعیین کننده‌ای است. محاسبات ابری بر مبنای مفهوم اساسی اشتراک گذاردن منابع بین سرورهای ابر محلی و عمومی، افزایش کیفیت سرویس و کارایی برنامه است.

جهت بهبود شاخص‌های کارایی و بهبود محاسبات پویا از ابر عمومی و خصوصی به عنوان راهکار بهینه برای تقسیم محاسبات بین سرورها استفاده می‌گردد. همچنین از خدمات ابری جهت افزایش سرعت پاسخ توسط منابع عمومی و خصوصی در برنامه‌هایی که محدودیت‌های پاسخ بی‌درنگ دارند استفاده می‌شود. شاخص‌های کارایی مانند زمان پردازش و تأخیر ارتباطات به‌صورت 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 قابل‌توجه است [۱۰].

با رشد و توسعه دستگاه‌های هوشمند همراه و تلفیق این فناوری با محاسبات ابری، مفهوم محاسبات ابری همراه ارائه شد. محاسبات ابری همراه، به معنای استفاده از قابلیت‌های ارتباطی و محاسبات ابری در تلفن همراه است. با افزایش تعداد گوشی‌های هوشمند، کاربران می‌توانند از زیرساخت محیط ابری برای بهبود خدمات به‌صورت کیفی و کمی استفاده کنند. رایانش ابری یک فن‌آوری غیرقابل‌انکار بوده که به‌جای استفاده از دستگاه‌های محلی از محیط ابر برای پردازش و ذخیره‌سازی داده‌ها، استفاده می‌نماید و منجر به ارائه خدماتی از قبیل ذخیره‌سازی داده‌ها از راه دور تا بستر ارائه سرویس‌های ابری را برای درخواست‌های کاربران شده است.

[1] Embeded Systems

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-14]



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

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 جهت بهبود محاسبات ابری همراه، کاهش زمان پاسخ و بهبود در کارایی مورد نظر قرارگرفت. محاسبات لبه به‌عنوان 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 مه نیز با استقرار در شبکه محلی و دورتر از کاربر مورد نظر قرار گرفت. محاسبات مه دارای گره‌های پردازشی مه و قابلیت توزیع‌شدگی در منطقه به‌صورت 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 مه است. از مسائل موردتوجه در این زمینه می توان به قابلیت اتصال، قابلیت اطمینان، ظرفیت و تأخیر زمانی، پارامترهای کیفیت سرویس برای سرویس‌های مه اشاره نمود [۱۲].

ابر فدراسیونی[1] 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 می دهن معرفی شده است. [۵].

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

[1] Federated Cloud

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-14]

شامل مشخصات، مکان، توافق‌نامه 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 می‌گیرد. مبنای تصمیم‌گیری برای تخصیص منابع، استفاده از محاسبات آگاه از محتوا بوده که می‌توان با استفاده از این سیستم، یک زیرساخت مشترک برای مدیریت محتوا در زمان اجرا طراحی نمود [۱۳].

قابلیت اطمینان در ارسال داده‌ها و به‌صورت یکپارچه نیازمند استفاده از پروتکل‌های متفاوتی است که برای این منظور پروتکل انتقال کنترل جریان[1] (**SCTP**) مورد نظر قرار گرفته است. پروتکل انتقال کنترل جریان (**SCTP**)، پروتکل ارتباطی اتصال‌گرا بوده و به‌عنوان یک لایه بین کاربر و سرویس شبکه بدون اتصال مانند **IP** مشاهده می‌شود. سرویس‌های انتقال قابل‌اعتماد، حصول اطمینان از انتقال بدون خطا و به‌طور پیوسته داده‌ها در سراسر شبکه بین دو کاربر، از ویژگی‌های اصلی **SCTP** هستند [۱٤].

جهت انتقال قابل اطمینان و برقراری ارتباطات در صحنه نبرد که نیازمند قابلیت استقرار سریع، مطمئن و امن با توجه به ویژگی‌های میدان نبرد است علاوه بر این پروتکل ، استفاده از تجهیزات ارتباطی متناسب نیز باید مورد توجه قرارگیرد. با توجه به محدودیت‌های موجود در میدان نبرد و نیازمندی به راه‌اندازی سریع بستر زیرساختی جهت کاربران از بستر **LTE** در جعبه[2] استفاده می‌گردد. **LTE** در جعبه با معماری مبتنی بر **IP** فن‌آوری 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 واقعیت‌های موجود در میدان نبرد و توجه به وجود مشترکات، راه‌حل 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 انعطاف‌پذیری و قابلیت حمل زیرساخت شبکه و تمام ویژگی‌های لازم برای پاسخگویی به این الزامات ذکرشده، **LTE** در جعبه برای چنین استقراری استفاده می‌شود [۱۵].

۳. کارهای مرتبط:

مقالات بررسی‌شده در حوزه نظامی، دفاعی در این مطالعه با تاکید بر اینترنت اشیاء مورد بررسی قرار گرفته‌اند. شبکه حسگری، بدون زیرساخت نظامی در [۷،۸،۱۷]، شبکه دفاعی، اینترنت اشیا در میدان نبرد در [۲۰-۱٦،۸-٦]، بستر خدمات سلامت نظامی، مدل شبکه لبه معنایی در [۸]، در این مطالعات مورد نظر قرار گرفته اند.

سینگ و همکاران در [٦]، یک بستر خدمات سلامت نظامی را بر اساس معماری سلسله مراتبی اینترنت اشیاء و یک مدل شبکه معنایی مبتنی بر لبه توصیف می‌کنند. نویسندگان از رویکردهای ترکیبی و شبکه شخصی برای جمع‌آوری اطلاعات حسگری و از یک اتصال به لبه قوی‌تر برای بازیابی آن‌ها استفاده می‌کنند. معماری سلسله مراتبی مبتنی بر اینترنت اشیاء می‌تواند پارامترهای حیاتی سلامت سربازان، وضعیت سلاح و نیز موقعیت جغرافیایی آن‌ها را جمع‌آوری کند. مرکز کنترل میدان جنگ، نقش مؤلفه‌های لبه را انجام می‌دهد که می‌تواند حجم زیادی از داده‌های سلامت ارسال‌شده را بر روی یک شبکه مبتنی نرم افزار[3] **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 نموده‌اند. سیستم کاملی که در آن سربازان حس‌گرهای بدنی را برای اندازه‌گیری سیگنال‌های **ECG**، شتاب سنج، **SpO2** و همچنین فرستنده برای ارتباط با دیگر سربازان استفاده می‌نمایند. کار انجام‌شده در این مطالعه در شرایط جنگی که در آن گروهی از سربازان در معرض انفجار بمب در یک منطقه بزرگ بدون زیرساخت شبکه بوده‌اند، ارائه و پیاده‌سازی شده است. نویسندگان این مقاله، تأثیر انفجار در میدان نبرد را ارزیابی نموده و یک الگوریتم محلی‌سازی برای تشخیص انفجار ارائه داده که محل انفجار را از طریق شتاب‌سنج متصل به سربازان محاسبه و به دست می‌آورند.

[1] Stream Control Transmission Protocol
[2] LTE-in-a-box
[3] Software Defined Network (SDN)

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-14]

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 به‌صورت 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 جمع‌آوری‌شده در میان اشیاء نظامی، سیستم‌های نظارت و مراکز فرماندهی و کنترل از طریق زیرساخت ارتباطات (یعنی لایه اطلاعات) به اشتراک گذاشته می‌شود. درنتیجه، 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 ٤ لایه‌ای از لایه‌های سنجش فیزیکی، دروازه ارتباطی، مدیریت لایه **C4ISR**[1] و لایه کاربردی برای یکسان‌سازی ارتباطات نظامی یکپارچه و هوشمندی فرمان‌های **C4ISR** تحت یک چارچوب تشکیل‌شده است.

فراگا و همکاران در [۱۷]، استفاده از اینترنت اشیا در میدان نبرد برای افزایش بهره‌وری موردبررسی 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. بااین‌حال، **WSN**[2]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 مورداستفاده 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 باقابلیت حرکت را برای رسیدگی به حرکت نیروها فراهم می‌کند، زیرا این الگوریتم‌ها را می‌توان در یک کنترل‌کننده با منابع و به‌صورت 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 مقرون‌به‌صرفه 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 درصحنه نبرد ارائه داده‌اند.

سوری و همکاران در [۱۹]، امکان استفاده از اینترنت اشیاء را در محیط های 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، سنجش / 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

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-14]

تجاری است. آنها اعتقاد دارند در وزارت دفاع همچنان به نوآوری در سنسورحسگرهای پیشرفته و سیستم‌های کنترل پرداخته شده اما در راه‌اندازی فناوری های **IoT** برای عملیات روزمره که توانایی افزایش بهره‌وری، کارآیی 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 می دانیم 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 می بایست 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.

٤. روش پیشنهادی

٤-١.شرح سیستم:

سیستم پیشنهادی برای پایش بی‌درنگ میدان نبرد و گزارش آگاهی وضعیتی از سلامت سربازان شامل اطلاعات فیزیولوژیکی، محیطی و شناختی در نظر گرفته‌شده 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 درصحنه 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 تکیه‌بر محدودیت‌ها و نقص‌های موجود در مطالعات قبلی [٥،٩،١٦،١٧،١٨] از لحاظ مقیاس‌پذیری، زمان تأخیر شبکه و پاسخ بی‌درنگ است.

شکل ٤ یک نمای کلی از معماری پیشنهادی را نشان می‌دهد. با توجه به شکل موجود داده‌های حسگرهای موجود درصحنه نبرد و متصل به سربازان ازجمله حسگرهای شبکه‌های بی‌سیم بدنی[1] (**WBAN**)، سیستم موقعیت‌یابی جهانی[2] (**GPS**)، فشارخون[3] (**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 انجام‌شده، به‌طوری‌که هر سطح فرآیندها را با جزئیات خاصی اجرا می‌کند. فرآیندهای سبک‌تر در لایه‌های بالاتر قرار می‌گیرد درحالی‌که فرآیندهای سطحی به لایه‌های پایین‌تر اختصاص داده می‌شوند. این معماری چند سطحی منجر به مداخله زودهنگام بر اساس جریان داده‌های ورودی خواهد شد.

فرآیندهای اجراشده بر روی‌داده‌ها به سه دسته زیر تقسیم می‌شوند:

پیش‌پردازش:

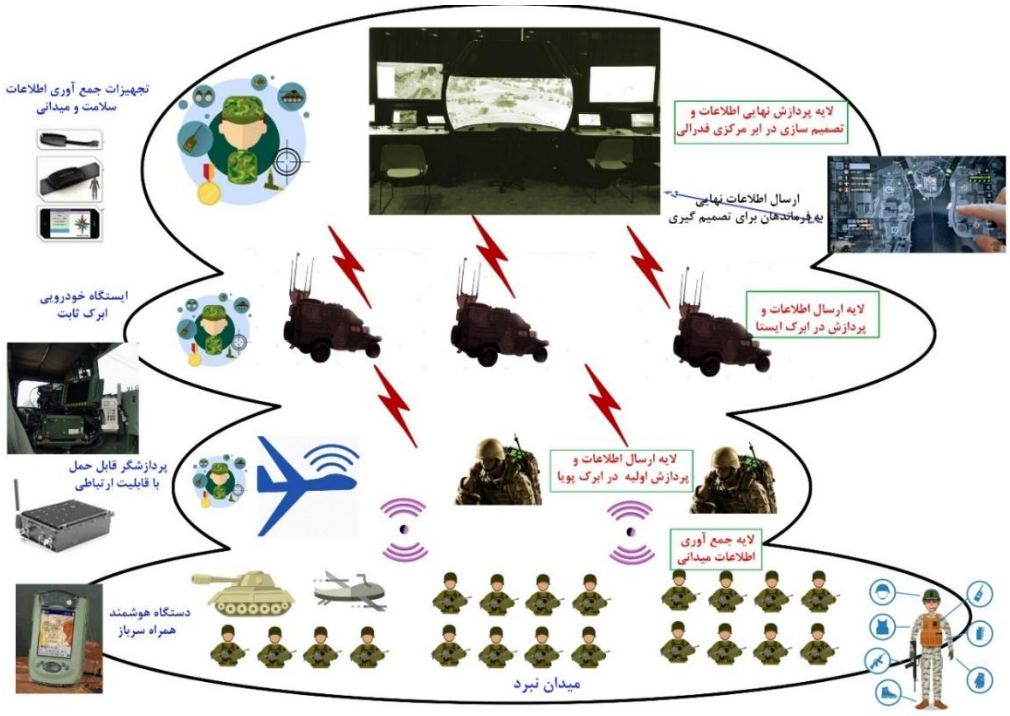
فرایندهای سبک‌وزن و سریعی که می‌تواند بر روی تجهیزات هوشمند همراه سرباز با مصرف توان و قدرت پردازش کمتری اجرا شود. در این مرحله پردازش بی‌درنگ قبل از پردازش اولیه و نهایی جهت تشخیص موارد غیرطبیعی به کار می‌رود (از جمله تشخیص مواد شیمیایی و انفجار).

پردازش اولیه:

این پردازش می‌تواند بر روی رایانه شخصی یا ماشین‌های مجازی سبک در ابرک‌های ایستا یا پویا مستقر در وسایل نقلیه نظامی به‌صورت 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.

[1] Wireless Body Area Networks (WBAN)
[2] Global Positioning System
[3] Blood pressure

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-14]



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.

معادلهٔ ۱

زمان پردازش و تحلیل در هر لایه=تاخیر پردازش $\mathbf{T_A}$:

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

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

واحد پیش‌بینی، تصمیم سازی، 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 درصحنه نبرد انجام می‌گیرد. نتایج و اطلاعات تولیدشده توسط واحد پیش‌بینی و مدیریت، یکی از پارامترهایی است که برای تصمیم سازی، پیش‌بینی رفتار سربازان و ارائه خدمات به آن‌ها استفاده می‌شود. پارامترهای تصمیم‌گیری که در این واحد موردبررسی و تجزیه‌وتحلیل قرار می‌گیرند شامل موارد زیر است:

سربازان:

- نمایه سرباز: هویت دیجیتالی ازجمله اطلاعات شخصی، سن، وضعیت،موقعیت مکانی موردنظر 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: ازجمله طول و عرض جغرافیایی، دما و ارتفاع،

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-14]

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

ابرک‌ها :

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

خدمات:

- دسته بندی و تنوع خدمات
- توافق سطح خدمات کاربری
- اولویت‌های از پیش تعیین‌شده توسط فرماندهان

٤-٢.معماری پیشنهادی:

همان‌طور که در بالا ذکر شد، معماری پیشنهادی از یک طراحی سلسله مراتبی استفاده می‌نماید. 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 داده‌ها شامل سیگنال‌ها و داده‌های جمع‌آوری‌شده و ارسال‌شده توسط منابع مختلف مانند تجهیزات هوشمند همراه سرباز یا وسایل نقلیه نظامی پردازش می‌شود و خروجی به‌عنوان ورودی به لایه‌های بعدی به لایه بعدی منتقل می‌شود. ابرهای دارای منابع قوی‌تر ازنظر پردازشی و ذخیره‌سازی برای تسهیل عملیات پردازش و ذخیره‌سازی بین تلفن‌های هوشمند و ابر فدراسیون در لایه‌های ایستا و پویا استفاده می‌شود. اکثر وظایف محاسبات اطلاعاتی شامل تشخیص الگو، مدیریت، پیش‌بینی، پیشگیری و کنترل در لایه ابر فدراسیون انجام می‌شود.

معماری پیشنهادی شامل دستگاه‌های هوشمند همراه برای سربازان و فرماندهان، ابرهای محاسباتی سیار، و ابرهای ثابت و ابر فدراسیونی است. این معماری به چهار بخش ارتباطاتی بین بازیگران در این سیستم مطابق شکل ٤ تقسیم‌شده است.

لایه دستگاه‌های هوشمند همراه: لایه اول شامل حسگرهای محیطی و بدنی، سیستم موقعیت‌یاب جهانی (**GPS**)، اندازه‌گیری 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 قابل‌حمل است. شبکه حسگری و تجهیزات قابل‌حمل هوشمند اولین لایه برای ارتباط بین حسگرها و دستگاه‌های هوشمند همراه است که از یک رابط کاربری برای جمع‌آوری اطلاعات حسگرها، منابع مهم اطلاعاتی جهت نظارت بر صحنه نبرد استفاده نموده و منجر به تجزیه‌وتحلیل اطلاعات جهت آگاهی از وضعیت محیطی و کسب دانش در مورد وضعیت سربازان و میدان نبرد و درنتیجه کاهش صدمات احتمالی می‌شود. حسگرها به‌صورت پراکنده و در محیط‌های از پیش تعیین‌شده در میدان نبرد و همراه سربازان مستقرشده و اطلاعات محیطی و وضعیت سربازان را جمع‌آوری می‌کنند. در هنگام وقوع رویداد این حسگرها اطلاعات را از طریق دستگاه هوشمند همراه سرباز، فرمانده و یا مستقر در میدان به لایه‌های بالاتر جهت تصمیم‌سازی منتقل می‌نمایند. دستگاه هوشمند جهت پردازش اولیه وقایع و انتقال اطلاعات مورداستفاده قرار می‌گیرد. با توجه به محدودیت‌های دستگاه‌های هوشمند همراه ازنظر توان محاسباتی، مصرف انرژی و محدودیت‌های ارتباطی، محاسبات حیاتی و سبک‌وزن در این لایه انجام می‌گیرد.

لایه محاسبات لبه یا ابرک های پویا: دومین لایه ارتباطی بین همه کاربران نهایی و دستگاه‌هایی است که در میدان یا ایستگاه در نزدیکی ابر پویا قرار دارند. این ابرک‌ها به‌صورت سیار و با توان محاسباتی بالاتر از دستگاه هوشمند جهت آوردن محاسبات به نزدیک سربازان و رفع محدودیت‌های دستگاه‌های هوشمند همراه مورد استفاده قرار می‌گیرد. این ابرک‌ها می‌توانند به‌سرعت راه‌اندازی شده و در صورت عدم نیاز مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. برای بهبود عملکرد خدمات و بهره‌وری انرژی به دلیل میزان نزدیکی سربازان درصحنه نبرد از ابرک‌های پویا برای خدمات سلامت و تصمیم‌سازی اولیه استفاده می‌شود. این ابرک‌ها یک رایانه شخصی یا یک ماشین مجازی بوده که می‌تواند 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 ابرک‌ها

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-14]

قابل‌تعریف 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 ابرک های 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 تعریف‌شده است.

لایه ابر فدراسیون: لایه چهارم، لایه‌ای ایجادشده 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، تجزیه‌وتحلیل 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.

٤-٣.سناریو:

معماری پیشنهادی، مستقل از فناوری‌های ارتباطی و پروتکل‌ها بوده و تمامی خدمات به‌عنوان سرویس در ابرک‌ها و ابر فدراسیونی ارائه‌شده و در هر زمان و از هر مکانی قابل‌دسترسی هستند. با توجه به افزایش تعداد سربازان و تجهیزات مستقر، افزایش درخواست‌ها و حجم اطلاعات جمع‌آوری‌شده توسط سربازان و با در نظر گرفتن شرایط صحنه نبرد و محدودیت‌ها زمان پاسخ و مقیاس‌پذیری از پارامترهای بسیار مهم هستند. تصمیم‌گیری و پاسخ به‌موقع در میدان نبرد بسیار حیاتی است که آسیب‌های جدی، مرگ و یا شکست در میدان نبرد از نتایج تأخیر یا عدم پاسخ به‌موقع 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 مقایسهٔ آن با اطلاعات قبلی و داشتن یک الگوی خاص شناخته‌شده، 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 انجام‌شده 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.

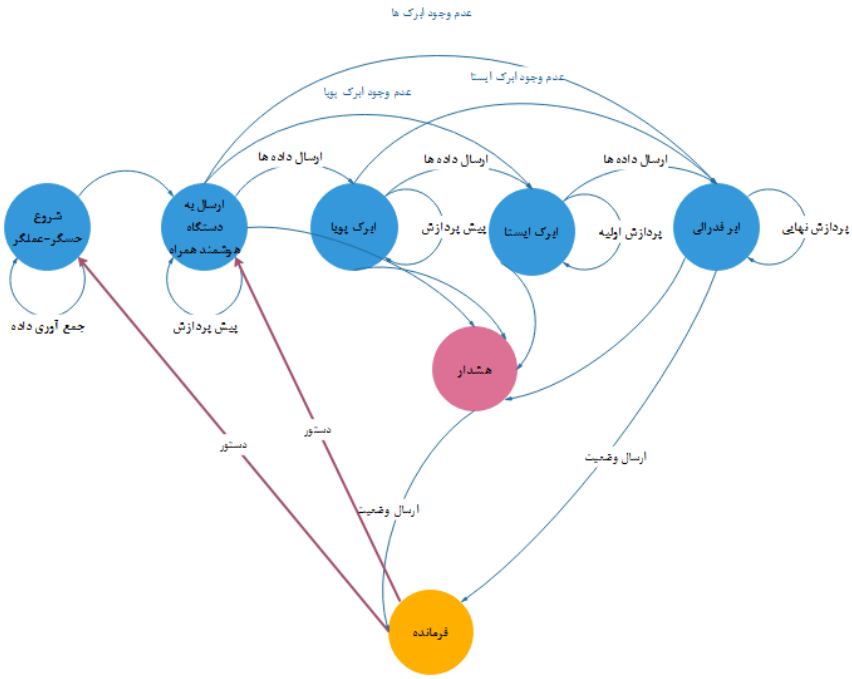
در این سناریو، داده‌های جمع‌آوری‌شده از حس‌گرها به دستگاه‌های هوشمند همراه ارسال می‌شود و الگوریتم مطابق شکل ۵ و قوانین زیر اجرا می‌شود:

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.

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-14]

- ابرک ایستا برای تحمل خطا و دوام ماندگار است.
- ابرک دینامیک می‌تواند موقت باشد.
- هدف کاهش زمان پاسخ با افزایش مقیاس‌پذیری است.



شکل ۲. روند فعالیت سیستم پیشنهاد

۵. شبیه‌سازی

۵-۱. سناریوی شبیه‌سازی

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 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.

جدول ۱. پارامترهای شبیه‌سازی

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

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-14]

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 به‌موقع 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 ۱۰۰*۱۰۰ مترمربع برای این شبیه‌سازی به همراه ٦ سرباز در هر خوشه در نظر گرفته‌شده است. ابرهای پویا در این محیط استقراریافته و به هر ۱۰ ابر پویا یک ابر ایستا تخصیص‌یافته است. همچنین هر ۱۰ تا ۳۰ ابر ایستا، توسط یک هاب در ابر فدراسیونی مدیریت می‌شود. داده‌ها به‌صورت رشته‌ای از لایه‌های پایین به بالا در بازه‌های زمانی مشخص ارسال می‌شوند. همچنین از شبیه‌سازی مونت‌کارلو برای به دست آوردن نتایج استفاده می‌شود. تنظیمات و پارامترهای اولیه شبیه‌سازی در جدول ۱ آمده است.

۵-۲. 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 استقراریافته‌اند. نتایج شبیه‌سازی با استفاده از روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو، 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 به‌صورت بی‌درنگ می‌شود.

گام دوم:

تأخیر در ارسال داده‌های سلامت و میدانی از دستگاه هوشمند سرباز به ابرک پویا، بر اساس ملاحظات مرکز تصمیم-سازی در شکل ٦ 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 به‌طور قابل‌توجهی کاهش می-یابد. 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 ٦ تأخیر انتها به انتها در ارسال اطلاعات از ابرک پویا به ابرک استاتیک را نشان داده شده‌است. 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 قابل‌توجه است. همچنین، تفاوت بین زمان اجرای پردازش اولیه و مراحل پیش‌پردازش باید در پاسخ بی-درنگ در نظر گرفته شود.

گام چهارم:

در آخرین مرحله، داده‌های جمع‌آوری‌شده از منابع مختلف که در ابرک‌های ایستا ذخیره شده‌اند به هاب مشخص شده در ابر فدراسیونی فرستاده می‌شوند. شکل ٦ تأخیر در ارسال اطلاعات به خوشه ابری را نشان می‌دهد.

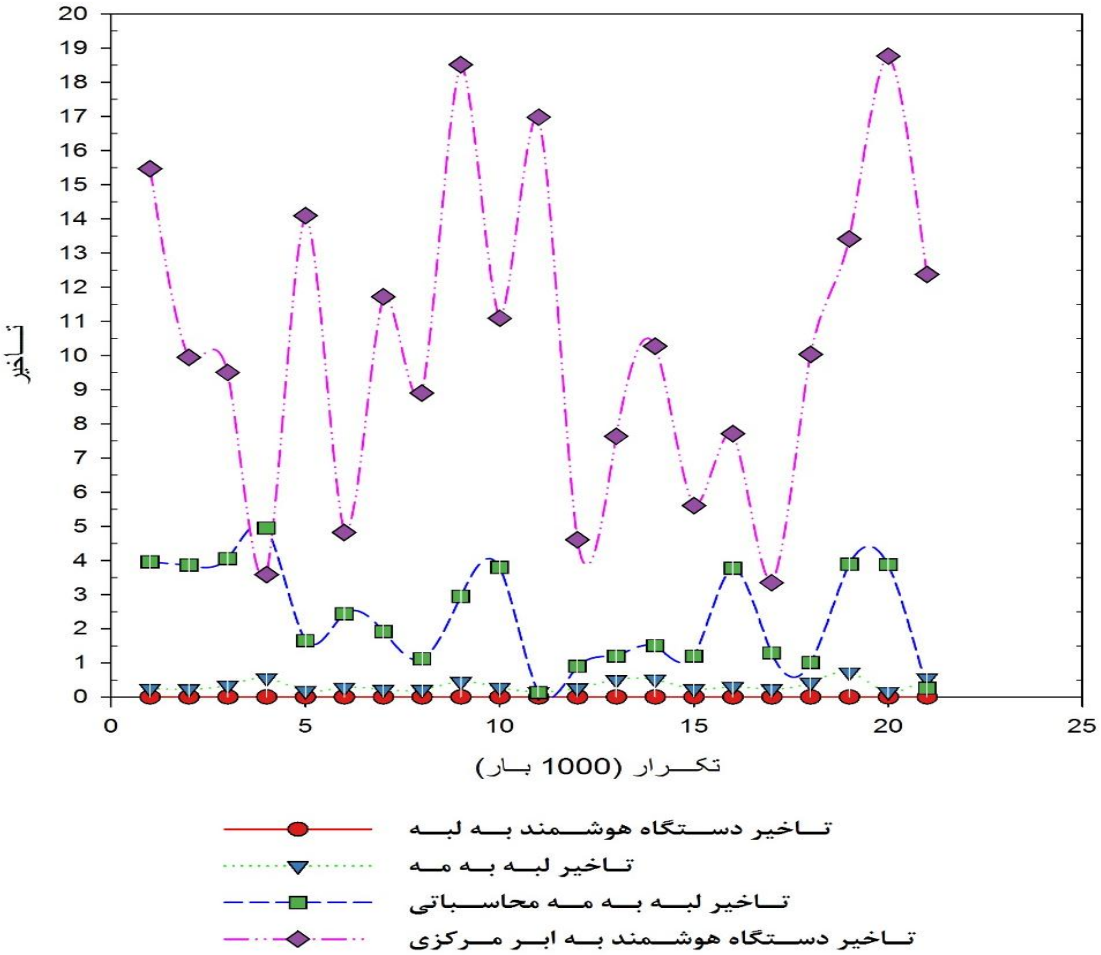
سایر سناریوهای بررسی شده که در مقاله‌ها و مطالعات مورداستفاده قرار گرفته، که در آن گره‌های موبایل به‌طور

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-14]

مستقیم به مرکز داده می‌فرستند 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، زمان‌های پخش، انتقال و تأخیر صف بیشترین اهمیت را دارد. همان‌طور که می‌دانیم پردازش داده‌ها در ابر فدراسیونی بسیار وقت‌گیر است.

سناریوی محاسبات ابری:

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



شکل ۳. نتایج شبیه‌سازی

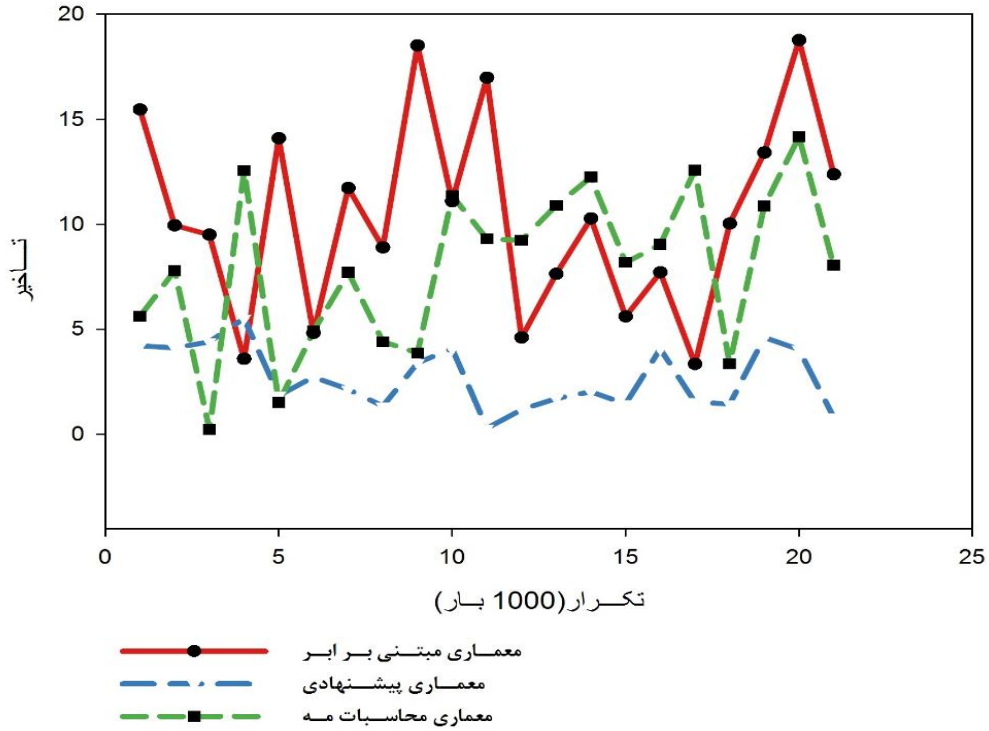
سناریوی محاسبات مه:

در این سناریو اطلاعات به‌صورت مستقیم از طریق سربازان و بدون پردازش اولیه به محیط مه محاسباتی موجود در نزدیک‌ترین فاصله فرستاده می‌شوند. زمان تأخیر با توجه به تعداد درخواست‌ها متغیر است.

شکل ۷، اختلاف در زمان تأخیر شبکه بین سناریوهایی مختلف بررسی شده را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل دیده می‌شود، خوشه‌بندی 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 پردازش‌های 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 می‌تواند زمان پاسخ را تا ۷۰ درصد کاهش دهد.

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-14]

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



شکل ٤. نتایج مقایسه معماری‌های موجود

٦. 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 سلسله مراتبی 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 انتها 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.

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-14]

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 قرارگرفته 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 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 قرارگرفته 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 تصمیم گیر 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.

٦. 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. In2015 International Conference on Control, Instrumentation, Communication and Computational Technologies (ICCICCT) 2015 Dec 18 (pp. 411-416). IEEE.

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-14]

[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, Trinka 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.

[Downloaded from ic4i-journal.ir on 2026-11-14]