



## ارائه یک مدل بهینه پردازش مه سیار مجازی برای شبکه دستگاه‌های هوشمند

انتصار حسینی<sup>۱</sup>، محسن نیک‌رای<sup>۱\*</sup>

<sup>۱</sup>دانشکده فنی و مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات - دانشگاه قم - قم

### چکیده

با رشد چشمگیر برنامه‌های دستگاه‌های هوشمند و اینترنت اشیا حجم تبادلات و داده‌ها در شبکه افزایش پیدا کرده است. معماری متمرکز و سنتی پردازش ابر با توجه به تاخیر و انبوه درخواست‌ها، پاسخگوی تقاضای زیاد کاربران و اجرای مناسب برنامه‌های حساس به تاخیر و بی‌درنگ نیست. در این مقاله یک معماری مبتنی بر پردازش مه سیار مجازی برای حل این چالش‌ها ارائه شد که لایه‌ای میان برنامه‌های تلفن همراه و لایه ابر ایجاد می‌کند. ذخیره‌سازی، پردازش و ارتباطات امن در این لایه در گره‌های مجزای مستقل از ابر انجام می‌شود. هرکدام از این گره‌ها به صورت مجازی بر روی یک سرور واحد پیاده‌سازی می‌شوند. ما یک برنامه واقعیت افزوده مبتنی بر نشانگر با نمایش اشیا سه‌بعدی پویا در سیستم هوشمند اندروید ارائه دادیم و کارکرد آن را در معماری مبتنی بر ابر و معماری پیشنهادی در دو شبکه اینترنت همراه ۴جی و مخابرات ارزیابی کردیم. نتایج ارزیابی کارکرد بهینه‌تر معماری پیشنهادی را در هر دو شبکه ارتباطی نشان می‌دهد. اجرای مدل‌های سه‌بعدی با حجم بالا با استفاده از اینترنت مخابرات در معماری مبتنی بر مه سیار ارائه شده، سریع بوده و انتظار یک برنامه بی‌درنگ را برآورده می‌کند.

کلمات کلیدی: دستگاه‌های هوشمند، اینترنت اشیا، پردازش ابری، پردازش مه سیار مجازی، واقعیت افزوده

Email: Nikraymohsen@gmail.com



تاریخچه مقاله:

تاریخ ارسال: ۹۸/۱/۲۰

تاریخ اصلاحات: ۹۸/۴/۲۰

تاریخ پذیرش: ۹۸/۵/۲

تاریخ انتشار: ۹۸/۵/۱۵

**Keywords:**

*Smartphone*  
*Internet of things*  
*Cloud computing*  
*Augmented reality*

## Providing a Virtual Fog Mobile Computing Model for Smart Devices Network

Entesar Hosseini<sup>1</sup>, Mohsen Nickray<sup>\*1</sup>  
<sup>1</sup>Qom University, Qom, Iran

### Abstract

With the rapid growth of the smart device applications and the Internet of Things, the volume of data and data exchange across the network have increased. Centralized and traditional architecture of cloud computing does not meet the demands of users and the proper execution of sensitive and delayed applications due to the delays and masses of requests. This paper presents an architecture based on virtual mobile computing to address these challenges that create a layer between mobile apps and the cloud layer. Storage, processing, and secure communications in this layer are performed in separate nodes independent of the cloud. Each of these nodes is implemented virtually on a single server. We present a marker-based augmented reality program featuring dynamic 3D objects in the android smart system and evaluated its performance in cloud-based architecture and proposed architecture in the two 4G mobile internet networks and telecommunications. The results show the performance evaluation of the proposed architecture in both communication networks. Extensive results demonstrate the effectiveness of the proposed model and the superior performance over several models.

روش ارجاع به مقاله :

ارائه یک مدل بهینه پردازش مه سیار مجازی برای شبکه دستگاه‌های هوشمند  
ا. حسینی، م. نیک‌رای، دوفصلنامه محاسبات و سامانه های توزیع شده، سال دوم،  
شماره اول، شماره پیاپی ۳، سال ۱۳۹۸، ص ۱-۱۹



## ۱ - مقدمه

محاسبات ابری سیار<sup>۴</sup> (MCC) بوجود آمد [۵]. خصوصیت مشترک این تکنولوژی‌ها استفاده از قابلیت محاسبات ابری در لبه شبکه است. از سال ۲۰۱۶،<sup>۵</sup> (ETSI) یک چارچوب MEC و معماری مرجع تولید کرد که عناصر کاربردی آن را پشتیبانی از خدماتی مانند اجرای برنامه، اطلاعات شبکه رادیویی و آگاهی محلی معرفی کرده است [۶]. محاسبات لبه بالقوه برای رفع نگرانی‌های زمان پاسخ، محدودیت عمر باتری، صرفه جویی در هزینه پهنای باند، و همچنین ایمنی داده‌ها و حریم خصوصی است [۷]. علاوه بر این، مراکز پردازش و ذخیره‌سازی در لبه می‌توانند به صورت خودمختار عمل کنند و با یکدیگر همکاری کنند. برخلاف کنترل متمرکز در MCC نحوه کنترل در معماری MEC به صورت سلسله مراتبی و متمرکز توزیع شده است [۸]. یک معماری افقی دیگر بنام پردازش مه<sup>۶</sup> (FC) در سطح سیستم برای شبکه‌ها ارائه می‌شود که منابع و خدمات را توزیع می‌کند و محاسبه، ذخیره‌سازی، کنترل شبکه را قبل از رسیدن به ابر فراهم می‌کند. استفاده از تکنولوژی پردازشی مه برای دستگاه‌های سیار خدمات سریعتر و با کیفیت بهتری را نسبت به پردازش ابری ارائه می‌دهد. امکان پیاده‌سازی پردازش مه سیار برای اتصال دستگاه‌های هوشمند و ارائه خدمات به صورت مجازی<sup>۷</sup> (VMFC) وجود دارد که تمام سرویس‌های پردازشی و عملیاتی از طریق این ماشین‌های مجازی<sup>۸</sup> یا شبکه‌ای از ماشین‌های مجازی قابل دریافت است. زیرساخت مجازی‌سازی نه تنها امکان ارائه خدمات

با توسعه اینترنت همراه و شبکه اینترنت اشیاء<sup>۱</sup>، انجام محاسبات، ذخیره‌سازی و مدیریت شبکه با چالش‌های زیادی روبرو شده است. این چالش‌ها از جمله تاخیر شدید، محدودیت‌های فضای ذخیره‌سازی، دستگاه‌ها با محدودیت منابع، خدمات بدون وقفه با اتصال متناوب و امنیت بیشتر که با معماری پردازش ابری به طور دقیق قابل حل نیست. محاسبات ابر مجموعه‌ای از منابع محاسباتی از جمله سرور، فضای ذخیره‌سازی و پردازش است که برای جمع‌آوری چندین کلاینت که از مدل‌های کاری مختلف استفاده می‌کنند، بکار می‌رود [۱]. این منابع در شبکه فعال هستند و از طریق مکانیسم‌های استاندارد در دسترس هستند [۲]. متمرکز شدن منابع در فضاهای ابری باعث تقسیم منابع میان کاربران نهایی و ابرها می‌شود که این به نوبه خود باعث ایجاد تاخیر در شبکه می‌شود. برای برنامه‌های کاربردی حساس به تاخیر مختلف مانند شبکه‌های حمل و نقل و واقعیت افزوده<sup>۲</sup>، حل این مشکلات اهمیت دارد [۳]. به همین علت، در سال‌های اخیر، با ادغام محاسبات ابر و مه، توان پردازشی را در شبکه‌های مختلف اینترنت اشیاء افزایش دادند و با انتقال بخشی از پردازش‌ها به مراکز داده ابر و مه میزان تاخیر و محدودیت‌های اینترنت اشیاء را حل کردند [۴]. با توجه به اینکه دستگاه‌های هوشمند سیار نقش بسزایی در دنیای وسیع اینترنت اشیاء دارند، تکنولوژی‌های جدیدی از جمله محاسبات لبه سیار<sup>۳</sup> (MEC) و

<sup>6</sup> Fog Computing

<sup>7</sup> Virtual Mobile Fog Computing (VMFC)

<sup>8</sup> Virtual Machine

<sup>1</sup> Internet of Things

<sup>2</sup> Augmented Reality

<sup>3</sup> Mobile Edge Computing (MEC)

<sup>4</sup> Mobile Cloud Computing (MCC)

<sup>5</sup> European Telecommunications Standards Institute (ETSI)



و کاهش تاخیر و صرفه‌جویی در مصرف پهنای باند و انرژی در اتصال به سرور ابری راه‌دور را نشان می‌دهد. برنامه‌های کاربردی تلفن همراه درگیر در اینترنت اشیا از جمله نظارت مراکز و خانه‌های هوشمند، انتقال داده‌های ترافیکی، انتقال داده‌های سلامت در شبکه‌های پزشکی، برنامه‌های واقعیت افزوده، پردازش داده‌های بزرگ<sup>۱۱</sup> در شهرهای هوشمند، یادگیری از طریق تلفن همراه و بازی‌های پیاده‌سازی شده در تلفن همراه با تخلیه محاسباتی و پردازشی در لایه مه باعث صرفه‌جویی در توان محاسباتی و پردازشی دستگاه و کاهش طول عمر باتری می‌شوند. واقعیت افزوده یک نمای فیزیکی زنده، مستقیم یا غیرمستقیم و معمولاً در تعامل با کاربر است، که عناصری را پیرامون دنیای واقعی افراد به صورت بی‌درنگ<sup>۱۲</sup> اضافه می‌کند [۱۰]. برنامه‌های واقعیت افزوده اجرا شده در دستگاه‌های هوشمند نیازمند به سرعت بالای پردازش داده‌ها و تاخیر کم به منظور ارائه صحیح اطلاعات هستند [۱۱-۱۲].

پردازش ابری اولین بار در سال ۲۰۱۲ توسط شرکت سیسکو ارائه شد و به عنوان گسترش دهنده بستر محاسبات ابری که محاسبات، ذخیره‌سازی و خدمات شبکه را بین دستگاه‌های پایان یافته و سرورهای ابر سنتی فراهم می‌کند، تعریف شد [۱۳]. سانگ چین و همکاران یک معماری را تعریف کردند که زمینه‌ساز پشتیبانی از تنوع فناوری‌های لبه به LTE، Wi-Fi، Bluetooth، ZigBee و همچنین مجازی‌سازی شبکه و مهندسی ترافیک از طریق مجازی‌سازی عملکرد شبکه و مکانیسم‌های شبکه تعریف شده بود [۱۴]. مطالعات دیگری در زمینه چگونگی سازگاری پردازش لبه با قالب‌های اینترنت اشیا از جمله OpenM2M انجام شد [۱۵]. در این مثال خاص، گره‌های مه بعنوان دستگاه‌های لبه مانند واحدهای جاده در شبکه‌های

MEC را دارد، بلکه سایر سرویس‌های مرتبط مانند مجازی‌سازی عملکرد شبکه<sup>۹</sup> و شبکه تعریف شده نرم افزار<sup>۱۰</sup> را نیز می‌تواند ارائه دهد [۹]. در این مقاله هدف ما ارائه یک راهکار مبتنی بر معماری VMFC می‌باشد که با استفاده از آن بتوان یک لایه مه با استفاده از نودهای مجازی را قبل از رسیدن به لایه ابر پیاده‌سازی کرد. خصوصیت ویژه این لایه، کاربرد آن برای برنامه‌های کاربردی مبتنی بر دستگاه‌های هوشمند است که برای هر شبکه از دستگاه‌های هوشمند از جمله سلامت، آموزش نود مه جداگانه‌ای وجود دارد. این خصوصیت تاخیر موجود در معماری MCC را کاهش می‌دهد. امکان دسترسی دستگاه‌ها به فضای موردنظر خود برای ذخیره، پردازش و گزارش‌گیری در هر مکان و زمانی با استفاده از اینترنت همراه، شبکه‌های اینترنتی فعال در سطح شهر و استان فراهم است. در بخش ۲ مروری بر کارها و معماری‌های ارائه شده برای شبکه‌های دستگاه‌های هوشمند ارائه می‌دهیم و مزایا و معایب آنها را در مقایسه با کار پیشنهادی خود بررسی می‌کنیم. در بخش ۳ مدل پیشنهادی خود را ارائه می‌کنیم و در بخش ۴ نتایج تجربی روش پیشنهادی را با استفاده از یک نمونه برنامه کاربردی واقعیت افزوده ارائه می‌دهیم و در بخش ۵ نتایج عددی کار خود را ارزیابی کرده و در مورد نتایج به دست آمده بحث می‌کنیم.

## ۲- کارهای پیشین

شبکه‌های متشکل از تلفن‌های همراه زیرمجموعه بزرگی از اینترنت اشیا را تشکیل می‌دهند که با توجه به ظرفیت محاسباتی بالا لزوم ایجاد یک لایه دیگر شبکه برای کاهش بار محاسباتی دستگاه‌های پردازشی

<sup>11</sup> Big Data

<sup>12</sup> Real Time

<sup>9</sup> Network Function Virtualization

<sup>10</sup> Software Defined Networking



محلی مانند آمار شبکه، داده حسگرها و غیره دسترسی پیدا کنند [۲۰]. تعدادی از محققان در پروژه‌های تعدادی کلون<sup>۱۴</sup> برای چندین دستگاه هوشمند در محیط ابر ایجاد کردند و وظایف قابل انتقال از دستگاه به سمت کلون منتقل شدند. بنابراین در صورتی که دستگاه خراب یا گم شود نسخه مجازی آن وجود دارد. مزیت دیگر این طرح مقابله با محدودیت سخت‌افزاری دستگاه‌های هوشمند است [۲۱]. در پروژه‌های امکان ادغام بستر 5 جی را با MEC اثبات کردند و نشان دادند محدوده‌های دخیلی و خارجی که بدون استفاده بودند قابل دسترسی هستند [۲۲]. کار دیگری در زمینه آنالیز داده‌های بزرگ انجام شد که از ادغام MCC و Hadoop استفاده کرد و با توجه به حجم داده‌های پردازشی این طرح محدودیت ترافیک و تاخیر را برای کار آن‌ها برطرف نکرد [۲۳]. کار دیگری در زمینه سلامت هوشمند انجام شد که داده‌های حسگرها را جمع‌آوری کرده و جهت پردازش و ایجاد هشدار در صورت وجود موقعیت اضطراری به تلفن همراه منتقل می‌کند. در این کار از هیچکدام از سرویس‌های MCC و MFC استفاده نشده است [۲۴]. در یک پروژه یک معماری ارتباطی خودآگاه برای شبکه‌های حمل و نقل هوایی بدون سرنشین ارائه دادند که بر مبنای یک سرور مه موبایل پیاده‌سازی شده بود. معماری پیشنهادی آن‌ها قادر است ارتباطات طولانی مدت را با افزایش قابلیت اطمینان شبکه و پایداری حتی در صورت شکست ارائه دهد. علاوه بر این قادر است علیه حملات Sybil، Wormhole و DDoS نیز غلبه کند [۲۵]. یک برنامه واقعیت افزوده مبتنی بر مکان در محیط MEC پیاده‌سازی شد که در آن بر اساس ردیابی و تشخیص مکان کاربر در لبه یک شیء متناسب با آن لود می‌شد. استفاده از این معماری در کاهش ابر محاسباتی و انرژی مصرفی

وسایل نقلیه، برای خدمات مختلف ماشین-ماشین<sup>۱۳</sup> و سیستم‌های مدیریت دستگاه‌های M2M توسعه داده شدند. اصطلاح محاسبات لبه سیار ابتدا برای توصیف اجرای خدمات در لبه شبکه در سال ۲۰۱۳ تعریف شد، زمانی که آی بی ام و شبکه نوکیا زیمنس یک زیرساختی را معرفی کردند که بتواند برنامه‌های کاربردی را در یک ایستگاه پایه سیار اجرا کند این مفهوم اولیه فقط برای محدوده محلی کار میکرد و جنبه‌های دیگر مانند مهاجرت برنامه، قابلیت همکاری را در نظر نمی‌گرفت [۱۶]. با توجه به این معنی MEC یک محیط خدمات فناوری و قابلیت‌های محاسباتی ابری را در لبه شبکه سیار ارائه می‌دهد. زمان تاخیر کم، پهنای باند بالا و دسترسی به اطلاعات شبکه‌های رادیویی و آگاهی محلی از مزایای استفاده از خدمات ابر در لبه شبکه دستگاه‌های هوشمند است. یک مثال برنامه Scheduler Edge است که متوسط تاخیر جریان‌های عمومی ترافیک در پایین صفحه LTE را به حداقل می‌رساند [۱۷]. در یک تجزیه و تحلیل کمی از مصرف انرژی در یک سناریو که در آن ۲۵ درصد از برنامه‌های کاربردی اینترنت اشیا نیاز به خدمات زمان واقعی و تاخیر کم دارند، نشان داده شد که میانگین هزینه انرژی در محاسبات مه با ۴۰/۴۸ درصد کمتر از مدل رایانش ابری معمولی است [۱۸]. در یک کار توان پردازشی شبکه‌ای از حسگرهای بیسیم جهت کاربردهای نظامی را با ادغام محاسبات ابری و مه افزایش دادند و بر محدودیت‌ها و آسیب‌های موجود در برنامه‌های با اجرای زمان واقعی غلبه کردند [۱۹]. یک نمونه کار دیگر، به ارائه مجموعه‌ای از API‌ها پرداخته است که اجازه می‌دهد ماشین‌های مجازی برای ارائه خدمات به گروه‌های مه دسترسی داشته باشند. با استفاده از ای API‌ها، ماشین‌های مجازی می‌توانند به اطلاعات

<sup>14</sup> Clone

<sup>13</sup> Machin to Machin (M2M)



تشخیص محدوده مکانی دستگاه‌های تلفن همراه توسط واحدهای کنترل و ایستگاه‌های پایه اپراتورها امکان پذیر است. جدول ۱ مقایسه‌ای از سه معماری بحث شده را به طور خلاصه نشان می‌دهد. کارهای انجام شده از معماری MCC برای ارائه سرویس‌های بهتر در تلفن‌های همراه استفاده کرده‌اند که به دلیل تاخیر بالای لایه ابر و دسترس سخت به آن محدودیت‌هایی دارد که برای اجرای برنامه‌های حساس به تاخیر مناسب نیستند. در بسیاری از پروژه‌های شبیه‌سازی شده در دستگاه‌های هوشمند از سرویس پشتیبان مه استفاده نشده است. استفاده از معماری MEC بعضی از مشکلات معماری MCC از جمله تاخیر را حل کرده است. اما به دلیل استفاده تعداد زیادی دستگاه تلفن همراه هنگام حضور در یک منطقه از ایستگاه‌های سرویس دهی مشکل تاخیر را در صورت ازدحام دارد. یکی دیگر از مشکلات استفاده از MEC عدم دسترسی راحت به سرورهای اپراتورهای شبکه‌های تلفن همراه می‌باشد. بارگذاری برنامه‌های کاربردی بر روی سرورهای اپراتورها به سادگی امکان پذیر نیست و نیاز به مجوزهای خاص دارد. در این مقاله یکی از اهداف ما ارائه یک معماری با دسترسی آسان و هزینه کمتر برای کاربران و برنامه‌نویسان می‌باشد. در ادامه کار به ارائه یک معماری VMFC مبتنی بر MEC و پردازش مه با دسترسی آسان می‌پردازیم و بخشی از یک برنامه کاربردی حساس به تاخیر با استفاده از تکنولوژی واقعیت افزوده را بر مبنای این معماری پیاده‌سازی می‌کنیم. معماری VMFC با ایجاد یک زیرساخت سلسله‌مراتبی تجزیه و تحلیل اطلاعات محلی را تسهیل می‌کند و هماهنگی و تجزیه و تحلیل سراسری را به ابر منتقل می‌کند.

در تلفن همراه تاثیر زیادی داشت [۲۶]. برنامه دیگری با موضوع آموزش دیجیتال از طریق تکنولوژی واقعیت افزوده پیاده سازی شد که در آن با تشخیص یک تصویر در محیط شیء سه بعدی استاتیک آن نمایش داده می‌شود. برای کاهش بار محاسباتی و انرژی مصرفی در این برنامه از سرور ابر استفاده شد. وظایف سنگین پردازشی به ابر منتقل شد و مراحل سبک‌تر تشخیص در تلفن همراه انجام شد. ارزیابی این کار نرخ بارگذاری فریم‌ها را در برنامه واقعیت افزوده بهبود بخشید [۲۷]. در پیاده سازی دیگر با موضوع واقعیت افزوده بر مبنای پردازش ابری، یک عکس از ستون‌های کتاب گرفته می‌شود و ویژگی‌های استخراج شده در تلفن همراه به ابر ارسال می‌شود و در محیط ابری با توجه به اطلاعات گرفته شده جستجویی در میان رکوردهای پایگاه داده انجام می‌شود و اطلاعات کتاب‌های همانند آن جمع‌آوری می‌شود و برگردانده می‌شود [۲۸]. در [۲۷] و [۲۸] استفاده از پردازش ابری باعث کاهش بار محاسباتی و انرژی مصرفی تلفن همراه شده است اما مشکل تاخیر زیاد در ابر و دور از دسترس بودن آن، محدودیت زیادی را در استفاده از معماری MCC برای برنامه‌های حساس به تاخیر و بی‌درنگ واقعیت افزوده دارد که این تاخیر خود افزایش انرژی مصرفی را در تلفن همراه به همراه دارد. در [۲۶] مشکل تاخیر تا حدود زیادی حل شده است اما در صورت افزایش بار ترافیکی در محدوده یک ایستگاه پایه دچار محدودیت ترافیکی خواهیم بود. همچنین معماری MEC امکان پیاده‌سازی تمام برنامه‌های واقعیت افزوده مبتنی بر تصویر دو بعدی، سه بعدی تشخیص لبه، تشخیص حسگر پر کاربرد در شبکه‌های سلامت و آموزش و معماری را ندارد و بیشتر برای برنامه‌های واقعیت افزوده مبتنی بر مکان مناسب است. این ویژگی به دلیل



(جدول ۱-): مقایسه سه معماری MEC، MCC و VMFC

VMFC	MEC	MCC	خصوصیات
زیاد	متوسط و محدود	زیاد	قابلیت توسعه
میان دستگاه‌ها و ابر	لبه دستگاه‌های تلفن همراه (ایستگاه پایه)	سطح بالاتر از دستگاه‌ها و دور از دسترس	مکان قرار گیری
بیشتر از ۳ سطح	۳ سطح	۲ سطح	معماری سلسله مراتبی
مراکز داده کوچک (mini Data Center)	مراکز داده کوچک (mini Data Center)	مراکز داده بسیار بزرگ (Large Data Center)	سخت افزار سرور
سلسله مراتبی غیر توزیع شده توزیع شده	سلسله مراتبی متمرکز توزیع شده	مرکزی	کنترل سیستمها
کم	متوسط	زیاد	میزان تاخیر
تعداد متوسط دستگاه و شبکه	تعداد متوسط دستگاه و شبکه	تعداد زیادی دستگاه و شبکه	میزان استفاده از آن
تمام شبکه‌های اینترنت	ایستگاه‌های پایه و اوپراتورها	تمام شبکه‌های اینترنت	نحوه اتصال
وجود دارد	وجود ندارد	وجود ندارد	تعامل و همکاری بین گره‌ها
کم	کم	متوسط	انرژی مصرفی توسط دستگاه‌ها
کم (قابلیت مجازی سازی)	متوسط	متوسط (قابلیت مجازی سازی)	هزینه پیاده سازی
نزدیک و دسترسی آسان	نزدیک و آسان با شرط حضور در محدوده سرویس دهی و وجود سرویس دهی	در مکان دور و در صورت وجود بار ترافیکی دسترسی سخت	دسترسی کاربران
آسان با ثبت نام	آسان در صورت داشتن مجوز برای دسترسی به سرورهای مستقر در ایستگاه پایه مجوز	تقریباً آسان با ثبت نام یا هزینه	دسترسی برنامه نویسان برای توسعه انواع برنامه‌ها
مناسب برای اکثر برنامه‌های واقعیت افزوده- تاخیر بسیار ناچیز	عدم پشتیبانی از پیاده سازی انواع برنامه‌های واقعیت افزوده- در صورت ازدحام تاخیر متوسط	کاهش بار محاسباتی- تاخیر زیاد	پیاده سازی برنامه حساس به تاخیر مانند واقعیت افزوده

### ۳- مدل پیشنهادی

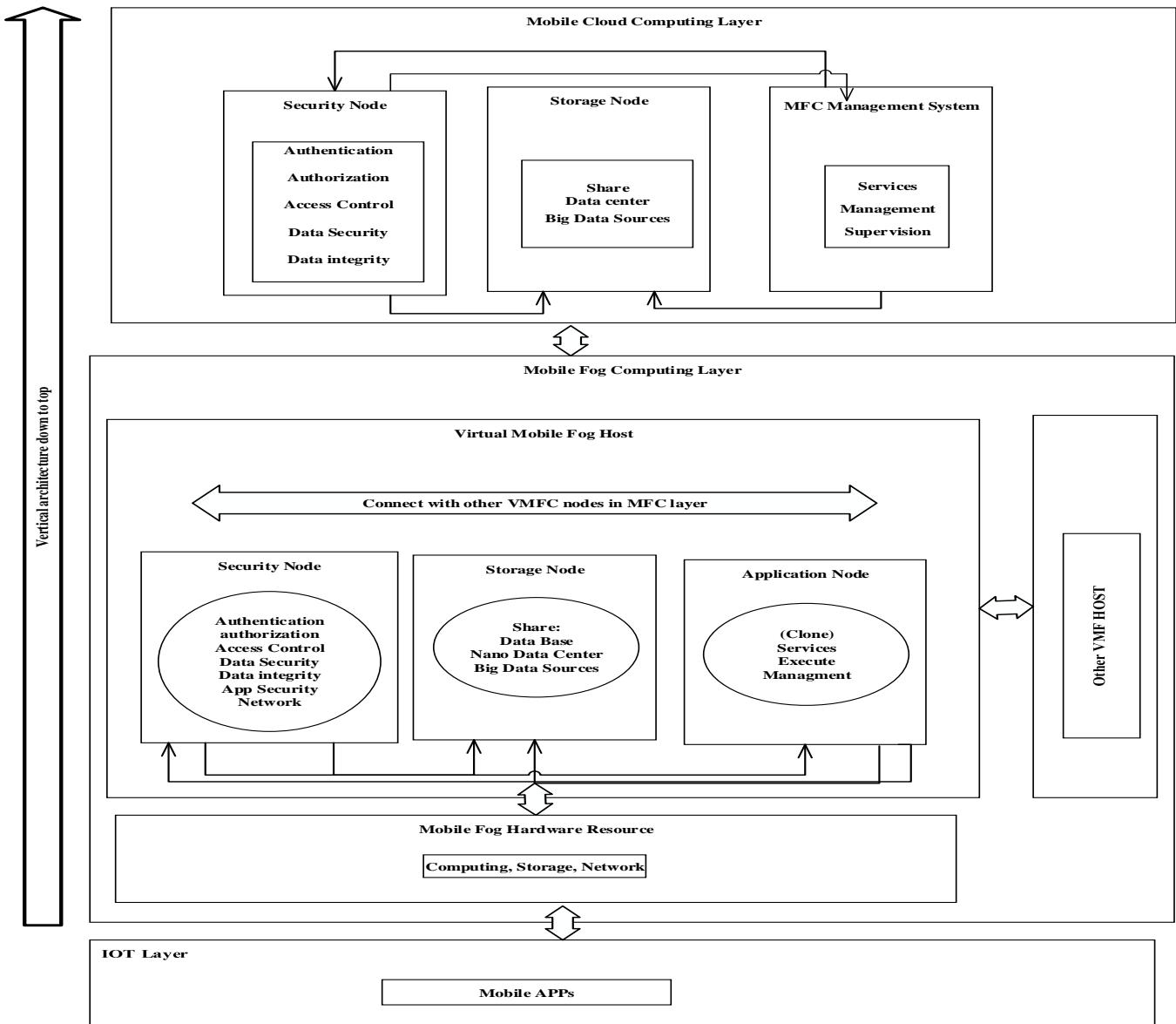
اجرای سرویس‌های مه ضروری نیستند [۳۰]. از این لایه به‌عنوان یک لایه پشتیبان میان لایه ابر و برنامه‌کاربردی استفاده کردیم. ساختار داخلی این لایه برای دسترسی سریع‌تر کاربران جهت دریافت سرویس‌های مورد نیاز به کار می‌رود. ETSI یک چارچوب مرجع برای سرورهای MEC و قالب‌ها و نرم‌افزارهای آن ارائه کرده است [۳۱].

زیرساخت شبکه مه، ناهمگن است، و در جایی از شبکه که ارتباطات با سرعت بالا و تکنولوژی‌های دسترسی بی‌سیم هماهنگ می‌شوند، وجود دارند [۲۹]. سرورهای متمرکز ابر با گره‌های مه همزیستی دارند، اما برای



کاربردی، یک گره مه یک یا چند عملیات از جمله شبکه، محاسبه، سرعت، ذخیره‌سازی و کنترل را پشتیبانی می‌کند. گره‌ها می‌توانند با یکدیگر از طریق انتقال سیمی یا بی‌سیم ارتباط برقرار کنند. بارگذاری برنامه‌های کاربردی در گره مه به دو صورت بارگذاری کل داده‌های اجرایی و یا بخشی از آن‌ها قابل انجام است [۳۲].

در این مقاله با مطالعه و بررسی این معماری یک معماری سلسله‌مراتبی مبتنی بر MFC ارائه دادیم که در شکل ۱ نشان داده شده است. در این معماری شبکه‌هایی از دستگاه‌های هوشمند برای ارائه سرویس‌های تعریف شده خاص در شبکه متصل به آن و در سطح وسیع‌تر اینترنت اشیاء فعال هستند. هر شبکه سیار در سطح بالاتر به مجموعه‌ای متصل است که می‌تواند شامل یک یا چند گره مه باشد و از نقطه نظر



(شکل ۱-): معماری پیشنهادی VMFC





مورد استفاده قرار می‌گیرند. این دو گره باهم در ارتباط هستند. ما از دو ماشین مجازی برای پیاده‌سازی و پیکربندی این دو گره استفاده کردیم. گره ذخیره‌سازی داده به صورت مجزا در نظر گرفته نشده است. هر کدام از گره‌های پیاده‌سازی شده شامل یک پایگاه‌داده برای ذخیره‌سازی داده‌های مورد نیاز و انتقالی هستند که باهم در ارتباط هستند. برنامه‌کاربردی با استفاده از چارچوب JAVA پیاده‌سازی و اجرا شده است. شکل ۲ نحوه پیاده‌سازی برنامه‌کاربردی مبتنی بر طرح ارائه شده در بخش ۳ را با استفاده از دو گره برنامه‌کاربردی و امنیت نشان می‌دهد. پایگاه‌داده گره جداگانه‌ای نیست و در داخل هر گره وجود دارد. هر کاربر در سرور مورد نیاز مشخصات خود را ثبت کرده و پروفایل ایجاد می‌کند.

کاربر مقداری فضا را طبق برنامه‌ی اجرایی درخواست می‌دهد. پروفایل کاربر به چند بخش تقسیم می‌شود و برای هر بخش مقداری از فضای که به کاربر تعلق گرفته، اختصاص داده می‌شود. هر بخش یک شنا سه منحصر به فرد دارد که به صورت تصادفی به آن اختصاص می‌یابد. برای ورود جهت اجرای برنامه‌ی بارگذاری شده روی فضای مجازی آدرس پروفایل کاربر به همراه شناسه‌ی هر بخش ایجاد شده در یک قطعه کد برای هدایت برنامه نیاز است. اطلاعات وارد شده در گره پردازش و ذخیره جهت ورود به پروفایل برای ثبت واحراز به گره امنیت داده می‌شود. احراز هویت کاربر اولین مرحله ورود به سرور مه برای انجام پردازش‌ها می‌باشد. هنگام ثبت اطلاعات کاربر یک شناسه نرم‌افزاری برای او ایجاد می‌شود.

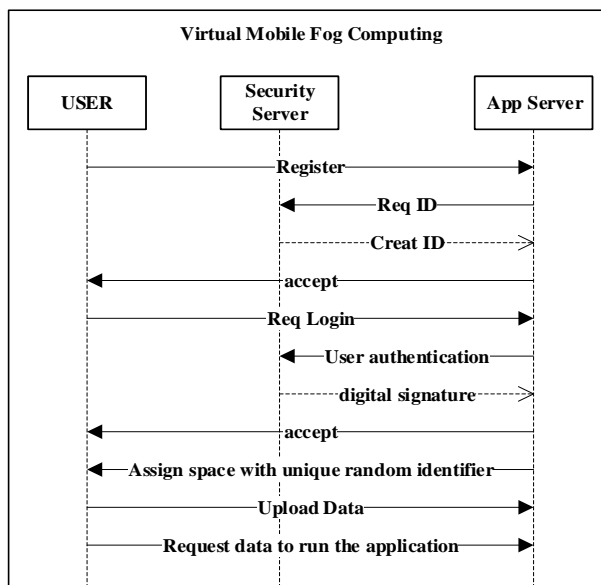
و یا بخشی از آن‌ها قابل انجام است [۳۲]. در گره مه برنامه‌کاربردی برای هر دستگاه هوشمند سیار و برنامه اجرا شده روی آن یک کلون داریم که حاوی بخشی از برنامه و یا کل برنامه‌ها می‌باشد. لایه MFC شامل چندین لایه VMFC است که هر کدام بنا به کاربرد از چندین گره تشکیل شده است. گره‌ها برای خدمات امنیت، ذخیره‌سازی داده و پردازش و محاسبات و مدیریت برنامه‌های کاربردی باهم در ارتباط هستند. هر کدام از گره‌ها به‌طور جداگانه مسئول ارائه سرویس‌های تعیین شده در سطح خود و در سطح بالاتر در صورت نیاز هر لایه VMFC با لایه‌های مجاور خود همکاری می‌کند. جمع‌آوری داده‌های بزرگ در سطح بالاتر در لایه MCC انجام می‌شود. این لایه مسئول مدیریت و ارائه سرویس به لایه سطح پایین‌تر خود یعنی MFC می‌باشد. علاوه بر این امکان ثبت، احراز و دسترسی امن گره‌های VMFC جهت برقراری ارتباط با یکدیگر در صورت لزوم بر عهده این لایه است. ذخیره داده‌های بزرگ و مراکز داده در این لایه قرار دارد. ارتباط لایه MFC و لایه MCC در بستر اینترنت انجام می‌شود. برنامه‌های کاربردی دستگاه‌های هوشمند از طریق تکنولوژی‌های فعال روز از جمله WLAN, ZigBee, Bluetooth, 5G, 4G دریافت سرویس، ذخیره‌سازی در محیطی امن متصل می‌شوند برنامه‌های کاربردی معمولاً با استفاده از چارچوب مانند NET و JAVA اجرا می‌شوند که فرایند انتقال کد را ساده‌تر می‌کند.

#### ۴- نتایج تجربی

در این طرح ما از دو گره مه برای احراز هویت و پردازش و اجرای بخشی از برنامه استفاده کردیم. لایه مه شامل دو گره مجزا است که به ترتیب برای امنیت و دومی برای ذخیره و پردازش‌های مورد نیاز برنامه کاربردی



بر نام‌های کاربردی یک بر نام‌های واقعیته افزوده مبتنی بر تصویر برای اجرای اشیاء سه‌بعدی پویا می‌باشد. هر شیء سه‌بعدی به یک نشانگر مطابقت داده شده است. در این طرح گره مه دوم برای ذخیره و پردازش تصویر جهت اجرای بر نام‌های واقعیته افزوده به کار می‌رود و نتیجه پردازش تصویری که پاسخ داده می‌شود با نشانگر کاربر مقایسه شده و تصویر سه‌بعدی متناسب با آن نمایش داده می‌شود. تصویر سه‌بعدی هر نشانگر کاربر در هر جایی که نشانگر وجود دارد ظاهر می‌شود. نشانگرهای استفاده شده در این طرح از نوع نشانگر تصویری هستند. نشانگر تصویری میان نشانگرهای مبتنی بر شناسه و تکنولوژی بدون نشانگر است. در این تکنولوژی می‌توان با پرینت گرفتن از هر تصویر آن را به عنوان هدف در نظر گرفت که باید یک مرز تیره رنگ در مقابل پس‌زمینه‌ی روشن کار در نظر گرفت. لزوماً مرز تصویر رنگ سیاه نیست بلکه هر رنگ تیره‌ای می‌تواند باشد. توسعه دهندگان با توجه به نیازهای برنامه می‌توانند از هندسه‌ها تصاویر استفاده کنند و از آنها برای ردیابی در برنامه‌های مبتنی بر نشانگر استفاده کنند. یک مدل با وضوح بالا یک high-poly-model و در مقابل مدل با وضوح کمتر low-poly-model است. این دسته‌بندی‌ها بسته به دستگاه و نحوه‌ی استفاده از مدل‌ها بستگی دارد. در برنامه‌های بی‌درنگ معمولاً از مدل‌ها با وضوح کمتر یعنی low-poly-model برای افزایش کارایی برنامه و اجرای سریعتر استفاده می‌شود [۳۳]. پلی‌گون با تعدادی از چند ضلعی‌ها در یک مدل سه‌بعدی تعریف شده است. معمولاً این واحد با تعدادی از مثلث‌ها نشان



(شکل ۲): جریان ثبت و انتقال داده در معماری VMFC

شناسه‌ی نرم‌افزار یک کلید منحصر به فرد برای شناسایی هر نرم‌افزار است. تمام درخواست‌ها با این کلید منحصر به فرد امضا می‌شوند و بررسی امضا با این کلید نیز انجام می‌شود. امضا در سربرگ احراز هویت قرار می‌گیرد این سربرگ دارای خصوصیت برچسب زمان<sup>۱۵</sup> و شناسایی درخواست است که بدین ترتیب از حملات پخش و انتشار<sup>۱۶</sup> جلوگیری می‌شود. چنانچه شناسه شخص تغییر کند امضا نیز تغییر می‌کند. این امضا باید در بخشی از کد اندروید برنامه نوشته شود که هنگام بارگذاری داده‌های برنامه و تابع‌های مورد نیاز برای اجرا در مه جهت احراز و ثبت کدهای کاربر در پایگاه‌داده پروفایل او به کار می‌روند. کاربر در هر مکانی با اتصال به اینترنت با استفاده از مرورگر می‌تواند وارد پروفایل شخصی خود شده و داده‌های خود را مشاهده و به‌روزرسانی کند.

<sup>16</sup> Replay attacks

<sup>15</sup> Timestamp



کانال‌های متعدد فراهم آورده است. برای استفاده از آن نیاز به ایجاد کانال در این مرورگر است که بتوان برنامه‌های AR ایجاد شده را در فضای ابر که به صورت مجازی به هر کانال تعلق می‌گیرد، بارگذاری کرد [۳۴]. مدل‌های سه بعدی پویا برای اجرا به سرعت پردازش زیادی نیاز دارند و همچنین فضای ذخیره سازی این نوع داده‌ها در سطح وسیع که تعداد و حجم داده‌ها افزایش یابد، بسیار زیاد است و در تلفن همراه با محدودیت روبرو است. این مدل‌ها که قابلیت حرکت و انیمیشن دارند از چندین لایه تشکیل شده‌اند که هر کدام یک حرکت را شبیه‌سازی می‌کنند. به هر کدام از این لایه‌ها اصطلاحاً یک فریم یا پلی‌گون گفته می‌شود. اجرای پشت سرهم این پلی‌گون‌ها برای به نمایش در آمدن یک حرکت خاص که در شیء پیاده سازی شده است بسیار ضروری است. از طرفی برنامه‌های واقعیت افزوده از نوع برنامه‌های بی‌درنگ هستند و نرخ اجرای سریع یک رویداد از نکات کلیدی در این زمینه می‌باشد. در این برنامه از ۶ شیء سه بعدی با پسوند های .ms3d, .FBX, .md2, .mm3d, با حجم‌های مختلف از مقدار ۱۸۰ تا ۴۵۰ کیلوبایت استفاده شد. همانطور که ذکر شد وضوح مدل‌ها هنگام اجرا به تعداد پلی‌گون‌های تشکیل شده از آن‌ها بستگی دارد. هر ۸۰ کیلو بایت (KB) حدوداً شامل ۱۰۰۰۰ پلی‌گون در اینجا مثلث است. اجرای این جریان نیاز به پهنای باند ۲۹ مگابایت بر ثانیه (MB/s) دارد. نرخ اجرای مدل‌های

داده می‌شود. وضوح مدل‌های اجرا شده بستگی به تعداد مثلث‌های تشکیل شده روی مدل سه‌بعدی دارد. پردازش بخشی از برنامه در گره برنامه کاربردی به این صورت انجام می‌شود که کاربر یک نمونه از نشانگر را به همراه مدل سه‌بعدی مورد نظر بارگذاری می‌کند. فایل xml مطابق هر نشانگر با شیء سه‌بعدی و خصوصیات آن ذخیره کرده و بارگذاری می‌شود. در هر بار اجرای برنامه نشانگری که دوربین تلفن همراه و برنامه کاربردی آن را شناسایی می‌کند به گره مه ارسال شده و با نشانگرهای موجود در گره پردازش مقایسه شده و در صورت تطابق مدل سه بعدی متناظر با آن نمایش داده می‌شود. مدل‌های سه بعدی در تلفن همراه ذخیره نمی‌شوند تنها هنگام مطابقت و اجرا از گره نود بارگذاری شده و نمایش داده می‌شوند. خصوصیات شیء سه بعدی در یک فایل xml نوشته شده و در پروفایل شخص بارگذاری می‌شود.

## ۵- بحث و ارزیابی

در این بخش ارزیابی برنامه پیاده سازی شده در دو حالت استفاده از تلفن همراه به تنهایی و استفاده از تکنولوژی VMFC پیشنهادی را ارائه می‌دهیم. ما دو پارامتر نرخ اجرای فریم در هر مدل سه بعدی را با توجه به تفاوت حجم بررسی می‌کنیم، سپس تاخیر زمانی بارگذاری داده از VMFC و یک سرویس ابر آماده را مقایسه می‌کنیم. سرویس ذخیره سازی مبتنی بر ابر Junaio را برای بارگذاری داده استفاده کردیم. Junaio یک مرورگر واقعیت افزوده است که به کاربران اجازه ی تجربه ایجاد و اجرای برنامه‌های واقعیت افزوده از طریق



برای ۶ داده مختلف با حجم متفاوت در دو بستر WLAN و اینترنت تلفن همراه نسل ۴ آزمایش شد. اجرای برنامه در سه بخش مبتنی بر سرور ابر آماده، تلفن همراه و VMFC انجام شد و پارامترهای ارزیابی بررسی و تحلیل شد. برای مقایسه نرخ انتقال فریم مدل‌های سه بعدی در VMFC از اینترنت مخابرات استفاده شد. هنگامی که دوربین تلفن همراه یک نشانگر را تشخیص می‌دهد و پردازش می‌کند سرعت و تعداد انتقال پلی‌گون‌های مدل سه‌بعدی متناظر با نشانگر در حداقل حالت نرمال در شکل ۳ نشان داده شده است. این مقدار برای مدل‌های سه بعدی استفاده شده در برنامه محاسبه شده است. نرخ انتقال فریم به صفحه نمایش از تلفن همراه و همچنین از VMFC به صفحه نمایش در مقایسه با حداقل سرعت نرمال در شکل ۴ نشان داده شده است. با توجه به حجم مدل‌های استفاده شده، برنامه تعدادی پلی‌گون برای روی مدل در نظر می‌گیرد و آن‌ها را برای نمایش منتقل می‌کند. حداقل سرعت برای اجرا و نمایش صحیح مدل سه‌بعدی و حرکات پویای آن ۲۰ فریم در ثانیه در نظر گرفته شده است. سرعت انتقال فریم‌های پردازش شده در برنامه در حالتی که مدل از حافظه تلفن همراه بارگذاری می‌شود، برای مدل‌های کم حجم مناسب است و تقریباً بر سرعت انتقال از VMFC به حافظه موقت تلفن همراه منطبق است. اما در حالتی که حجم مدل بیشتر باشد و همچنین تعداد مدل‌ها بیشتر شود، سرعت انتقال از VMFC نسبت به تلفن همراه بیشتر شده و کارایی بهینه‌تری را ارائه می‌دهد. مدل FBX حجم

سه‌بعدی با واحد  $\text{fps}^{17}$  اندازه‌گیری شد. این واحد اوج پلی‌گون‌های منتقل شده از حافظه به صفحه نمایش را تعریف می‌کند. انتقال حداقل ۲۰ فریم در ثانیه (fps) هنگام اجرا منطقی است و اگر برنامه ایی کمتر از 20 فریم در ثانیه را بارگذاری کند، برنامه به صورت هموار اجرا نشده است [۳۵]. بارگذاری هر کدام از مدل‌ها در حافظه تلفن همراه و انتقال به صفحه نمایش برنامه با توجه به حجم مدل مقداری از انرژی دستگاه را مصرف می‌کند. بارگذاری داده‌ها در محیط ES File Explorer انجام شد و داده‌ها از این برنامه به برنامه اصلی برای نمایش بارگذاری شدند. برای مقایسه تاخیر زمانی اجرای برنامه در صورت استفاده از سرویس ابر و سرویس VMFC از رابطه (۱) استفاده می‌کنیم [۳۶]:

$$T = \frac{R}{S} * (T_r + T_h + T_s) \quad (1)$$

جایی که R نسبت درخواست پیش بینی شده و S تعداد درخواست‌هایی است که ماشین به صورت همزمان پاسخ می‌دهد.  $T_r$  زمان انتقال داده از تلفن همراه کاربر به ماشین مجازی،  $T_h$  زمان پاسخ به درخواست در سمت ماشین مجازی و  $T_s$  زمان انتقال داده از ماشین مجازی به تلفن همراه کاربر است. در این معادله مقدار R را برای هر دو سرویس مورد استفاده یکسان و ثابت در نظر گرفتیم. زمان انتقال داده بستگی به حجم داده و شرایط شبکه مورد استفاده دارد که معمولاً شبکه‌های تلفن همراه برای داده‌های زیاد ضعیف هستند. از زمان انتظار پاسخ کاربر در این فرمول بنا بر عدم اهمیت آن در تخصیص منبع صرف نظر شده است. اجرای برنامه

<sup>17</sup> Frame per Second



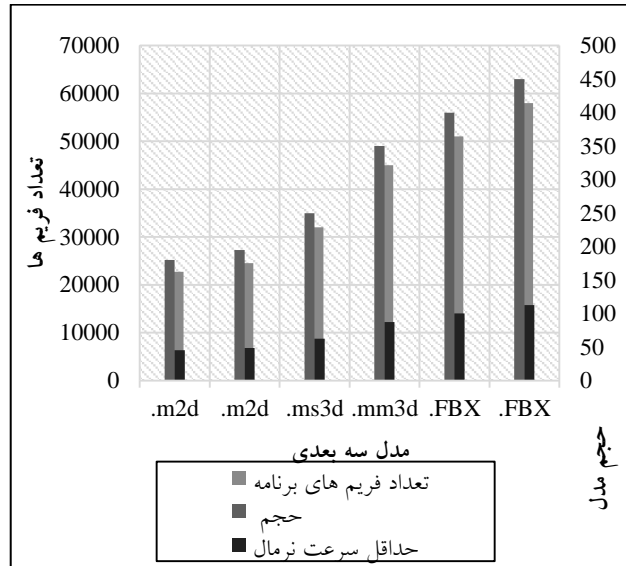
کرده است. انتقال داده‌ها از تلفن همراه به سرور ابر و VMFC در دو شبکه ارتباطی اینترنت بررسی شد. در پژوهش حاضر برای مقایسه مقادیر سرعت انتقال فریم‌ها در اجرای برنامه در تلفن همراه و سرعت انتقال بعد از استفاده از VMFC از تحلیل t زوجی پس و پیش از استفاده از VMFC استفاده شد تا مشخص گردد که آیا تغییری در میزان سرعت انتقال فریم‌ها ایجاد شده است یا خیر جدول ۲ جزئیات این بررسی آماری را نشان می‌دهد. همانگونه که در جدول ۲ مشاهده می‌گردد میزان سرعت انتقال فریم‌ها در پیش از استفاده از VMFC، ۸۴/۲۵۰ بوده و پس از استفاده از VMFC به ۸۹/۳۳۳ افزایش یافته است و این افزایش از نظر آماری نیز با مقدار ( $p=0.032$ ) معنادار می‌باشد.

(جدول - ۲): آزمون t زوجی برای بررسی تفاوت سرعت انتقال پیش و پس از استفاده از VMFC

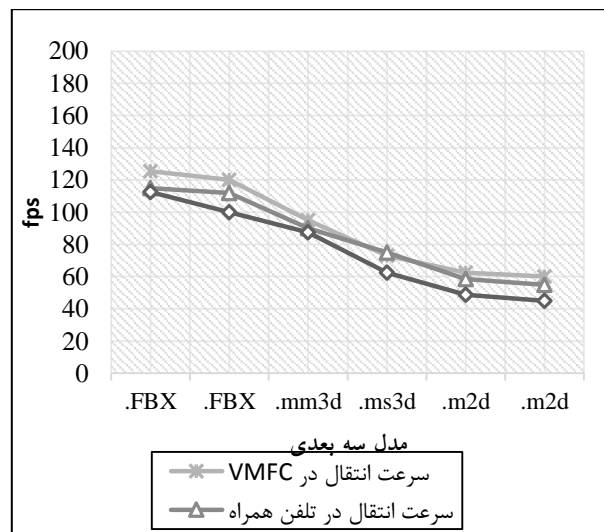
متغیر	مرحله	میانگین	انحراف استاندارد	t	p-value
سرعت	بعد از استفاده از VMFC	۸۹/۳۳۳	۲۸/۷۳۲	۲/۹۴۸	۰/۰۳۲
	در تلفن همراه و بدون VMFC	۸۴/۲۵۰	۲۵/۸۹۵		

شکل ۵ الف و ب به ترتیب هزینه زمانی انتقال داده را در دو شبکه مخابرات و اینترنت تلفن همراه طبق رابطه (۱) نشان می‌دهد. حداکثر تاخیر زمانی در انتقال داده‌های پرحجم از جمله FBX، که در Junao اتفاق افتاده است، حدود ۵۶ ثانیه می‌باشد که در مقایسه با

بالاتری را نسبت به مدل‌های دیگر دارد و حافظه مصرفی آن نیز به همین ترتیب بیشتر است.



(شکل - ۳): حجم و تعداد فریم‌ها و سرعت نرمال بارگذاری شده ۶ مدل در برنامه



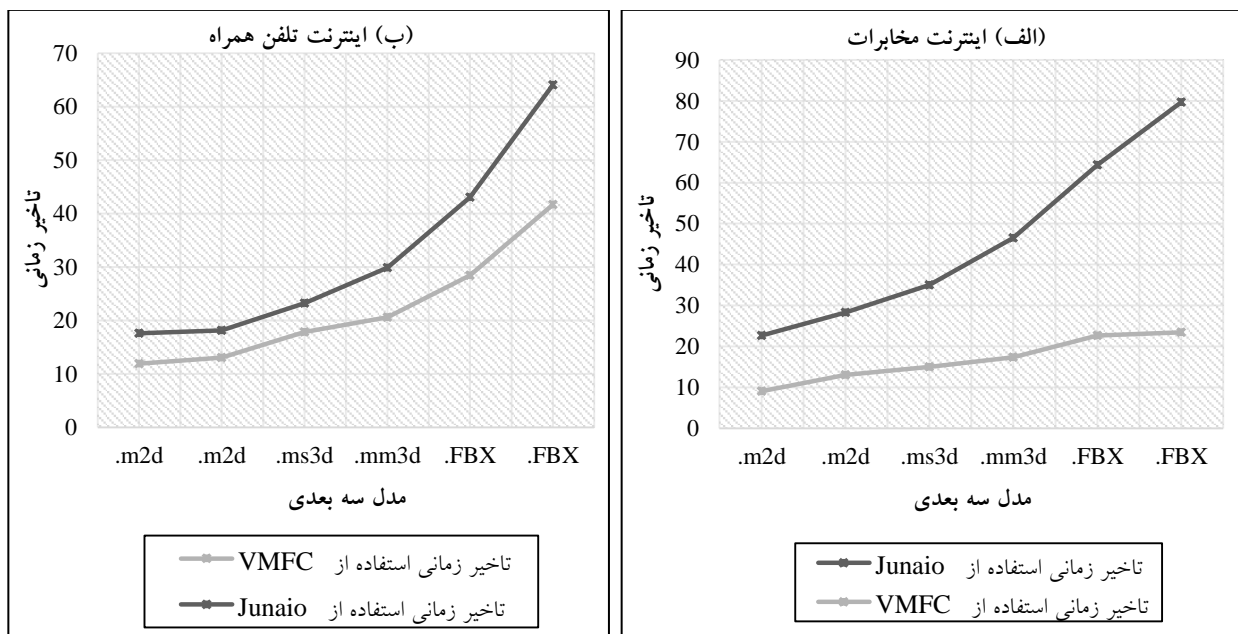
(شکل - ۴): مقایسه سرعت انتقال فریم‌ها در دو حالت بارگذاری از تلفن همراه و بارگذاری از VMFC

سرعت انتقال فریم در این مدل و مدل‌های پرحجم‌تر نسبت به بارگذاری در تلفن همراه بیشتر است. بارگذاری مدل‌های سه‌بعدی در VMFC در این برنامه حدود ۱ گیگابایت در حافظه مصرفی تلفن همراه صرفه جویی



Junaio بهینه‌تر است. بعلاوه اینکه سرویس Junaio در هربار اعتبار سنجی و ارسال خواست از تلفن همراه دریافت لینک پاسخ به تماس جدید حدود ۵ دقیقه زمان می برد. بنابراین در استفاده از هر دو بستر میانگین تاخیر زمانی Junaio بسیار بیشتر از VMFC می‌باشد. برای مقایسه تاخیر زمانی در انتقال با اینترنت مخابرات در اجرای برنامه در سرور Junaio و تاخیر زمانی بعد از استفاده از VMFC نیز از تحلیل t زوجی پس از استفاده از VMFC و پیش از استفاده از آن و در Junaio استفاده شد تا مشخص گردد که آیا تغییری در میزان تاخیر زمانی ایجاد شده است یا خیر جدول ۳ و ۴ جزئیات این بررسی آماری را نشان می‌دهد.

حداکثر تاخیر در شبکه اینترنت همراه حدود ۱۰ ثانیه سریعتر عمل می‌کند. این مقدار در صورت افزایش درخواست‌ها و انتقال داده با حجم زیاد قابل توجه است. حداکثر تاخیر در معماری مطرح شده در استفاده از اینترنت همراه اتفاق افتاده است که در مقایسه با حداکثر تاخیر در Junaio در همین بستر حدود ۲۳ ثانیه کمتر است و این مقدار عملکرد بهتر استفاده از VMFC نسبت به سرور ابر را اثبات می‌کند. تفاوت حداکثر تاخیر در VMFC حدود ۱۸ ثانیه بوده است که این تفاوت استفاده از شبکه پر سرعت را در ارائه بهینه سرویس نشان می‌دهد. همچنین تاخیر زمانی در انتقال داده‌های کم حجم از جمله M2D. بسیار پایین و مناسب است. که این مقدار در VMFC نسبت به



(شکل-۵): الف: تاخیر زمانی انتقال داده در اینترنت مخابرات، ب: تاخیر زمانی انتقال داده در اینترنت تلفن همراه



مقایسه بر اساس جدول مقایسه در [۲۷] تنظیم شده‌اند. همانطور که مشاهده می‌شود برنامه پیاده‌سازی شده در محیط VMFC عملکرد مناسب‌تری را نسبت به برنامه همتای خود ارائه می‌کند. پارامترهای محاسبه شده در این جدول بر اساس میانگین داده‌های محاسبه شده در بخش ارزیابی با احتساب شرایط ارزیابی به دست آمده‌اند. جدول ۵ نشان می‌دهد که استفاده از سرویس پردازش مه برای برنامه‌های حساس به تاخیر مانند واقعیت افزوده به دلیل تاخیر زمانی کمتر و سرعت انتقال داده بیشتر در تمام مراحل نسبت به استفاده از ابر مناسب‌تر است این مقدار برای داده‌ها با حجم‌های مختلف متفاوت است اما تاخیر زمانی بالای ابر را در تمام مراحل کمتر کرده است که این خود مزیت استفاده از مه می‌باشد.

(جدول-۵): مقایسه برنامه پیاده‌سازی شده در [۲۷] و برنامه

مبتنی بر VMFC

پارامترها	برنامه مبتنی بر VMFC	[۲۷] ابر نامه مبتنی بر CLOUD
زمان اولیه (میلی ثانیه)	۱	۳/۱
زمان تشخیص (میلی ثانیه)	۲۳/۴۷	۸۲/۸۷
زمان انطباق (میلی ثانیه)	۸	۱۰
نمونه مشابه	۰/۷	۱/۵
زمان پاسخ (میلی ثانیه)	۲۵	-
زمان تاخیر (میلی ثانیه)	~۱۰۰	۲۳/۲۲۷
زمان بارگذاری (میلی ثانیه)	۱۰	۱۸
زمان بارگیری (میلی ثانیه)	۰/۰۰۷	۰/۱۰

### ۶- نتیجه‌گیری و پژوهش‌های آتی

امروزه برنامه‌های کاربردی تلفن‌های هوشمند به همراه پردازش ابری، پردازش لبه و پردازش مه امکان

(جدول-۳): آزمون t زوجی برای بررسی تفاوت تاخیرز مانی در استفاده از VMFC و Junaio در اینترنت مخابرات

متغیر	مرحله	میانگین	انحراف استاندارد	t	p-value
سرعت	استفاده از VMFC	۱۶/۷۷۰	۵/۵۷۳	-۲/۶۳۰	۰/۰۴۷
	استفاده از Junaio	۲۹/۳۱۶	۱۶/۷۹۸		

(جدول-۴): آزمون t زوجی برای بررسی تفاوت تاخیرز مانی در استفاده از VMFC و Junaio در 4جی

متغیر	مرحله	میانگین	انحراف استاندارد	t	p-value
سرعت	استفاده از VMFC	۲/۲۷۱	۱۱/۲۱۰	۶۸	۰/۰۱۴
	استفاده از Junaio	۳۲/۶۶۳	۱۸/۰۴۱		
				۳/۶	-

جدول ۳ نشان می‌دهد که تاخیر زمانی در استفاده از Junaio، ۲۹/۳۱۶ و پس از استفاده از VMFC به ۱۶/۷۷۰ کاهش یافته است و این کاهش از نظر نیز با مقدار  $(p=0.047)$  معنادار می‌باشد. در جدول ۴ نیز تاخیر زمانی در انتقال اینترنت 4جی در اجرای برنامه در سرور Junaio و تاخیر زمانی بعد از استفاده از VMFC به ترتیب مقدار ۳۲/۶۶۳ و ۲۲/۲۷۱ است که این کاهش تاخیر زمانی با مقدار  $(p=0.014)$  معنادار می‌باشد. در جدول ۵ مقایسه‌ی برنامه پیاده‌سازی شده با برنامه مشابه آن در [۲۷] که یک برنامه واقعیت‌افزوده مبتنی بر تصویر را در محیط ابری پیاده‌سازی می‌کرد، انجام شد. پارامترهای



ارائه خدمات در مجموعه بزرگ اینترنت اشیا و شهرهای هوشمند را فراهم کرده اند. استفاده از سرویس‌های پردازش مه سیار برای اجرای دقیق برنامه‌های کاربردی دستگاه‌های هوشمند سیار سرویس‌های بهینه‌ای را با حداکثر کارایی و حداقل تاخیر برای کاربران فراهم می‌کند. معماری ارائه شده در این مقاله محدودیت‌های سرویس‌های MCC از جمله تاخیر در دسترسی و ارائه خدمت و ترافیک پردازشی را کاهش داده و همچنین محدودیت‌های دستگاه‌های هوشمند در اجرای برنامه‌های بی‌درنگ مانند برنامه‌های واقعیت افزوده و برنامه‌هایی که نیاز به محیط ذخیره بیشتری دارند را مرتفع کرده است. به دلیل ثبت مشخصات کاربر و رمزگذاری با امضای دیجیتال، اعطای شناسه منحصر بفرد برای هر کاربر و شناسه نرم افزاری برای هر نرم افزار منتقل شده به گره مه، استفاده از این معماری امنیت احراز را جهت دسترسی به منابع و داده‌ها افزایش می‌دهد و امکان استفاده مجدد از شناسه منحصر بفرد یک کاربر توسط شخص دیگری وجود ندارد. برنامه واقعیت افزوده مبتنی بر تصویر بر اساس معماری ارائه شده پیاده شد. نکته مهم در اجرای این برنامه‌ها سرعت اجرای مدل‌های سه بعدی و نمایش درست حرکات پویای این مدل‌ها می‌باشد. انتقال پلی‌گون‌های پردازش شده روی مدل سه بعدی به صفحه نمایش در دو حالت بارگذاری از تلفن همراه و بارگذاری از VMFC مقایسه شد و مشاهده شد برای مدل‌ها با حجم بیشتر، استفاده از تکنولوژی VMFC سریع‌تر عمل می‌کند و این

امتیازی در اجرای برنامه‌های حساس به تاخیر و بی‌درنگ می‌باشد. همچنین در حافظه مصرفی تلفن همراه و انرژی آن صرفه‌جویی می‌شود. انتقال داده‌ها در دو حالت استفاده از سرور Junaio و VMFC در دو بستر اینترنت وای‌فای و اینترنت 4جی تلفن همراه انجام شد. بستر اینترنت مخابرات برای هر دو مورد کارکرد بهتری را ارائه داد و در هر دو بستر انتقال داده VMFC بهینه‌تر بوده است. انتقال داده‌ها با حجم بیشتر در VMFC با تاخیر زمانی کمتری انجام می‌شود که این مقدار در Junaio در صورت ازدحام شبکه و داده با حجم بیشتر مانع عملکرد صحیح برنامه می‌شود. پیاده‌سازی و بهینه‌سازی لایه‌های معماری جهت ارائه خدمات بهتر و کارا تر، ارتباط در بستر شبکه‌های 5 جی باید در آینده‌ای نزدیک مورد توجه قرار گیرد که تاخیرها را به حداقل می‌رساند. بررسی پارامترهای امنیت و بهینه‌سازی نحوه دسترسی به منابع در سطح برنامه‌های کاربردی و در سطح بالاتر گره‌های فعال در لایه مه از تحقیقات مورد نیاز در این زمینه می‌باشد.

## ۷- مراجع

- [1] Chiang, Mung, and Tao Zhang. "Fog and IoT: An overview of research opportunities." *IEEE Internet of Things Journal* 3, no. 6 (2016): 854-864.
- [2] Roman, Rodrigo, Javier Lopez, and Masahiro Mambo. "Mobile edge computing, fog et al.: A survey and analysis of security threats and challenges." *Future Generation Computer Systems* 78 (2018): 680-698.
- [3] Satyanarayanan, Mahadev. "A brief history of cloud offload: A personal





- computing." *IEEE Communications Magazine* 54, no. 10 (2016): 60-66..
- [11] Ai, Yuan, Mugen Peng, and Kecheng Zhang. "Edge computing technologies for Internet of Things: a primer." *Digital Communications and Networks* 4, no. 2 (2018): 77-86.
- [12] Kuryanovich, Egor, Shy Shalom, Russell Goldenberg, Mathias Paumgarten, David Strauß, Seb Lee-Delisle, Gaëtan Renaudeau et al. *HTML5 Games Most Wanted*. Apress, 2012.
- [13] Bonomi, Flavio, Rodolfo Milito, Jiang Zhu, and Sateesh Addepalli. "Fog computing and its role in the internet of things." In *Proceedings of the first edition of the MCC workshop on Mobile cloud computing*, pp. 13-16. ACM, 2012.
- [14] Chin, Won Sang, Hyun-soo Kim, Young Ju Heo, and Ju Wook Jang. "A context-based future network infrastructure for IoT services." *Procedia Computer Science* 56 (2015): 266-270.
- [15] Datta, Soumya Kanti, Christian Bonnet, and Jerome Haerri. "Fog computing architecture to enable consumer centric internet of things services." In *2015 International Symposium on Consumer Electronics (ISCE)*, pp. 1-2. IEEE, 2015.
- [16] Satyanarayanan, Mahadev. "The emergence of edge computing." *Computer* 50, no. 1 (2017): 30-39.
- [17] <http://www/03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/40490.wss>, PTC 2017.07.14.
- [18] Fajardo, Jose Oscar, Ianire Taboada, and Fidel Liberal. "Radio-aware service-level scheduling to minimize downlink traffic delay through mobile edge computing." In *International Conference on Mobile Networks and Management*, pp. 121-134. Springer, Cham, 2015.
- journey from odyssey through cyber foraging to cloudlets." *GetMobile: Mobile Computing and Communications* 18, no. 4 (2015): 19-23.
- [4] Munir, A., P. Kansakar, and S. U. Khan. "IFCIoT: Integrated Fog Cloud IoT Architectural Paradigm for Future IoTs." *arXiv preprint arXiv:1701.08474* (2017).
- [5] Beck, Michael Till, and Marco Maier. "Mobile edge computing: Challenges for future virtual network embedding algorithms." In *Proc. The Eighth International Conference on Advanced Engineering Computing and Applications in Sciences (ADVCOMP 2014)*, vol. 1, no. 2, p. 3. 2014.
- [6] ETSI, MECISG. "Mobile edge computing-introductory technical white paper." *etsi2014mobile*, no. Issue (2014).
- [7] Shi, Weisong, Jie Cao, Quan Zhang, Youhuizi Li, and Lanyu Xu. "Edge computing: Vision and challenges." *IEEE Internet of Things Journal* 3, no. 5 (2016): 637-646.
- [8] Wang, Shuo, Xing Zhang, Yan Zhang, Lin Wang, Juwo Yang, and Wenbo Wang. "A survey on mobile edge networks: Convergence of computing, caching and communications." *IEEE Access* 5 (2017): 6757-6779.
- [9] Kreutz, Diego, Fernando Ramos, Paulo Verissimo, Christian Esteve Rothenberg, Siamak Azodolmolky, and Steve Uhlig. "Software-defined networking: A comprehensive survey." *arXiv preprint arXiv:1406.0440* (2014).
- [10] Kumar, Neeraj, Sherali Zeadally, and Joel JPC Rodrigues. "Vehicular delay-tolerant networks for smart grid data management using mobile edge



- data driven electronic health record (ehr)." In 2016 IEEE Second International Conference on Big Data Computing Service and Applications (BigDataService), pp. 293-296. IEEE, 2016.*
- [26] Sharma, Vishal, Jae Deok Lim, Jeong Nyeo Kim, and Ilsun You. "SACA: Self-aware communication architecture for IoT using mobile fog servers." *Mobile Information Systems 2017 (2017)*.
- [27] Al-Shuwaili, Ali, and Osvaldo Simeone. "Energy-efficient resource allocation for mobile edge computing-based augmented reality applications." *IEEE Wireless Communications Letters 6, no. 3 (2017): 398-401*.
- [28] Chiu, Pei-Hsuan, Po-Hsuan Tseng, and Kai-Ten Feng. "Cloud computing based mobile augmented reality interactive system." *In 2014 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), pp. 3320-3325. IEEE, 2014*.
- [29] Huang, Bai-Ruei, Chang Hong Lin, and Chia-Han Lee. "Mobile augmented reality based on cloud computing." *In Anti-counterfeiting, Security, and Identification, pp. 1-5. IEEE, 2012*.
- [30] Bonomi, Flavio, Rodolfo Milito, Preethi Natarajan, and Jiang Zhu. "Fog computing: A platform for internet of things and analytics." *In Big data and internet of things: A roadmap for smart environments, pp. 169-186. Springer, Cham, 2014*.
- [31] Zao, John K., Tchin Tze Gan, Chun Kai You, Sergio José Rodríguez Méndez, Cheng En Chung, Yu Te Wang, Tim Mullen, and Tzyy Ping Jung. "Augmented brain computer interaction based on fog computing and linked data." *In 2014*
- [19] Sarkar, Subhadeep, and Sudip Misra. "Theoretical modelling of fog computing: a green computing paradigm to support IoT applications." *Iet Networks 5, no. 2 (2016): 23-29*.
- [20] Lanka, Divya, Ch Lakshmi Veenadhari, and D. Suryanarayana. "Application of Fog Computing in Military Operations." *International Journal of Computer Applications 975 (2017): 8887*.
- [21] Zhanikeev, Marat. "A cloud visitation platform to facilitate cloud federation and fog computing." *Computer 5 (2015): 80-83*.
- [22] Abolfazli, Saeid, Zohreh Sanaei, Ejaz Ahmed, Abdullah Gani, and Rajkumar Buyya. "Cloud-based augmentation for mobile devices: motivation, taxonomies, and open challenges." *IEEE Communications Surveys & Tutorials 16, no. 1 (2013): 337-368*.
- [23] Nunna, Swaroop, Apostolos Kousaridas, Mohamed Ibrahim, Markus Dillinger, Christoph Thuemmler, Hubertus Feussner, and Armin Schneider. "Enabling real-time context-aware collaboration through 5G and mobile edge computing." *In 2015 12th International Conference on Information Technology-New Generations, pp. 601-605. IEEE, 2015*.
- [24] Kchaou, Hamdi, Zied Kechaou, and Adel M. Alimi. "Towards an offloading framework based on big data analytics in mobile cloud computing environments." *Procedia Computer Science 53 (2015): 292-297*.
- [25] Vuppalapati, Chandrasekar, Anitha Ilapakurti, and Santosh Kedari. "The role of big data in creating sense ehr, an integrated approach to create next generation mobile sensor and wearable



انتصار حسینی مدرک  
 کارشناسی خود را در  
 رشته مهندسی نرم‌افزار  
 کامپیوتر در سال ۱۳۹۰ و  
 مدرک کارشناسی ارشد

خود را در سال ۱۳۹۳ در رشته مهندسی فناوری  
 اطلاعات گرایش تجارت الکترونیک از دانشگاه دولتی  
 قم اخذ کرده است.



محسن نیک‌رای مدرک  
 کارشناسی خود را در رشته  
 مهندسی کامپیوتر سخت  
 افزار در سال ۱۳۸۱ از  
 دانشگاه علم و صنعت،  
 مدرک کارشناسی ارشد  
 خود را در رشته طراحی

معماری کامپیوتر در سال ۱۳۸۵ از دانشگاه تهران و  
 مدرک دکترا را در سال ۱۳۹۲ از دانشگاه تهران در  
 رشته مهندسی برق گرایش معماری کامپیوتر اخذ  
 کرده است.

ایشان در حال حاضر به عنوان هیات علمی دانشگاه  
 قم مشغول به کار هستند. زمینه‌های پژوهشی مورد  
 علاقه ایشان عبارت‌اند از: شبکه‌های کامپیوتری،  
 معماری کامپیوتر، محاسبات ابری و مه، اینترنت اشیاء

*International Conference on Intelligent Environments*, pp. 374-377. IEEE, 2014.

- [32] Mao, Yuyi, Changsheng You, Jun Zhang, Kaibin Huang, and Khaled B. Letaief. "A survey on mobile edge computing: The communication perspective." *IEEE Communications Surveys & Tutorials* 19, no. 4 (2017): 2322-2358.
- [33] Rahimi, M. Reza, Jian Ren, Chi Harold Liu, Athanasios V. Vasilakos, and Nalini Venkatasubramanian. "Mobile cloud computing: A survey, state of art and future directions." *Mobile Networks and Applications* 19, no. 2 (2014): 133-143.
- [34] Zhang, Jianping, Fangqiang Yu, Ding Li, and Zhenzhong Hu. "Development and implementation of an industry foundation classes-based graphic information model for virtual construction." *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering* 29, no. 1 (2014): 60-74.
- [35] Junaio, <http://dev.metaio.com/junaio/PTC/2016-08-17>.
- [36] Lamotte, Wim, Eddy Flerackers, Frank Van Reeth, Rae Earnshaw, and Joao Mena De Matos. "Visinet: collaborative 3D visualization and VR over ATM networks." *IEEE Computer Graphics and Applications* 2 (1997): 66-75.
- [37] Nawrocki, Piotr, and Wojciech Reszelewski. "Resource usage optimization in mobile cloud computing." *Computer Communications* 99 (2017): 1-12.