

## چکیده

پارادایم سنجش ازدحام موبایل (MCS) به کاربران مجهز به دستگاه های هوشمند با محدودیت انرژی امکان می دهد در سنجش و گزارش وظایف محول شده شرکت کنند. برای دستیابی به ارتباطات یکپارچه و همچنین مدیریت موثر انرژی و منابع، ما از پلتفرم محاسباتی مه بهره بردیم تا یک چارچوب جمع آوری داده متمرکز، کارآمد و قوی، به نام bioMCS، بر اساس ویژگی های توپولوژیکی یک شبکه بیولوژیکی به نام شبکه نظارتی رونویسی را پیشنهاد کنیم. با این حال، از آنجایی که پلتفرم های MCS ممکن است به طور بالقوه مستلزم تعداد زیادی از کاربران تلفن همراه و حجم عظیمی از ترافیک داده باشد، ما کار فعلی را با نام bioMCS ۲٫۰ گسترش می دهیم تا مکانیزم توزیع داده آگاه از انرژی را در نظر بگیریم که در آن دستگاه های مه به عنوان گره های باز پخش داده وظیفه عمل می کنند. bioMCS ۲٫۰ آگاهی از انرژی، فراوانی زیرگراف ها (به نام موتیف ها) در شبکه مه و نزدیکی به ایستگاه پایه را ترکیب می کند تا در سناریوی پویا که دستگاه های مه پاش هم محدود به انرژی هستند و هم متحرک، کار سنجش و ارسال کار را انجام دهد. همچنین کیفیت اطلاعات را با پذیرش داده های وظیفه از دستگاه های هوشمند قابل اعتماد تضمین می کند. شبیه سازی گسترده بر روی نقشه شهر نیویورک و مدل های تحرک واقعی نشان می دهد که bioMCS ۲٫۰ عملکرد قابل مقایسه ای را از نظر تحویل تأخیر و کارایی انرژی در مقایسه با انتخاب تصادفی بعدی پرش (گره مه) داده نشان می دهد و همچنین تکنیک انتقال متمرکز که بر دانش شبکه جهانی متکی است.

## ۱-مقدمه

در سال های اخیر، رشد بی سابقه جمعیت شهری و استفاده بی برنامه از زمین منجر به عدم پایداری در محیط شهری شده است. برای پرداختن به این موضوع، شهرهای هوشمند از فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) برای توسعه برنامه های کاربردی کارآمد انرژی به همراه تصمیم گیری خودکار، برای پشتیبانی از خدمات عمومی مختلف در فضاهای شهری استفاده می کنند. برنامه های کاربردی هوشمند باید محیط فیزیکی را در زمان واقعی حس کنند و داده های تولید شده را برای تصمیم گیری پردازش کنند. در زمان های اخیر، Crowdsensing بسیار [۱] (MCS) به عنوان یک توانمندساز زیرساخت سنجش مقرون به صرفه ظاهر شده است. این به شهروندانی که دستگاه های هوشمندی مانند گوشی های هوشمند، تبلت ها، پوشیدنی ها و غیره دارند اجازه می دهد تا اطلاعات حسی غنی را در مورد محیط اطراف جمع آوری کنند. چنین حسی می تواند فرصت طلبانه

باشد (حسگر از طریق حسگرهای داخلی گوشی هوشمند یا دستگاه های (IoT) یا مشارکتی (حس توسط انسان) [۲]، و کار ما بر اساس دومی خواهد بود. در سنجش مشارکتی، کاربران انسانی به طور فعال درگیر وظایف سنجشی هستند که توسط پلتفرم‌های MCS ایجاد می‌شوند. چنین وظایفی بر اساس مراقبت های بهداشتی، نظارت و مدیریت محیط زیست و ترافیک، جستجوی اطلاعات در مورد نقاط مورد علاقه در مجاورت، رتبه بندی یک مکان خاص و غیره است. کاربران می توانند تصمیم بگیرند که کدام کار را بپذیرند و با استفاده از برنامه های کاربردی مبتنی بر تلفن هوشمند، اقدامات سنجش و انتقال داده را انجام دهند. داده‌های چند کاربر توسط پلتفرم‌های MCS جمع‌آوری می‌شوند تا مجموعه‌ای از دانش را ایجاد کنند که از تصمیم‌گیری پشتیبانی می‌کند. [۳] با این حال، اجرای وظایف MCS بر حسب انرژی صرف شده از باتری‌های دستگاه و/یا طرح اشتراک داده (اگر از اتصال سلولی برای انتقال داده استفاده می‌شود) هزینه دارد، در نتیجه اغلب شرکت‌کنندگان در طول زمان دلسرد می‌شوند. از این رو، نیاز به پیشنهاد مکانیسم انتقال داده کارآمد در انرژی وجود دارد تا اکتساب داده مبتنی بر MCS برای کاربردهای شهر هوشمند پایدار بماند. در کار مقدماتی خود [۴]، ما استفاده از سنجش مشارکتی را در میان کاربران در مجاورت نزدیک با استفاده از دستگاه کارآمد انرژی در ارتباط دستگاه، به نام [۵] Wi-Fi Direct پیشنهاد کردیم. به ویژه، ما از حالت مستقل Wi-Fi مستقیم استفاده کردیم، که در آن یکی از دستگاه های تلفن همراه به صورت مرکزی به عنوان مالک گروه (GO) انتخاب می شود و سایر دستگاه ها (به نام گره های همتا) به یک گروه متصل می شوند. با این حال، چنین حس مشترکی مستلزم یک مرکزیت ذاتی است و به شدت به عملکرد مالک گروه وابسته است. اگر یک GO اتصال شبکه خود را از دست بدهد یا توسط یک حریف به خطر بیفتد، اطلاعات جمع آوری شده توسط همتایان مربوطه از بین می رود یا سوء استفاده می شود. بنابراین، برای جلوگیری از چنین نقطه‌ای از شکست و مقابله با پایگاه کاربر بزرگ و حجم ترافیک داده، این کار مکانیزم جمع‌آوری داده‌های توزیع‌شده را پیشنهاد می‌کند که دستگاه‌های همتا را قادر می‌سازد تا مستقیماً با پلتفرم MCS ارتباط برقرار کنند. در سیستم های معمولی MCS، تخصیص وظایف سنجش و گزارش به صورت فردی انجام می شود [۶]. مناطق شهری پرجمعیت با چند هزار کاربر دستگاه های هوشمند، پراکنده در مناطق مختلف است. از این رو، انتقال و مدیریت داده‌ها از کاربران یک گلوگاه برای شبکه زیربنایی) شامل نقاط دسترسی Wi-Fi، دروازه‌ها، روترها و غیره (و همچنین پلتفرم MCS است. بنابراین، ما یک سیستم MCS را تصور می‌کنیم که از دستگاه‌های مه‌گیر استفاده می‌کند که در هر فضای شهری متحرک هستند تا کارآمدی انرژی را تسهیل کرده و انتقال داده‌های حساس را به تاخیر بیندازند. به طور معمول، میکرو سرورهایی مانند نوت بوک، لپ تاپ و غیره که هم انرژی محدود و هم متحرک هستند، به عنوان دستگاه های مه شکن در نظر گرفته می شوند. در معماری‌های محاسباتی مه سنتی، داده‌های

وظیفه تولید شده توسط دستگاه‌های هوشمند به یک ایستگاه پایه میزبان پلت فرم MCS به روش چند جهشی تحویل داده می‌شود، جایی که دستگاه‌های مه جهش را تشکیل می‌دهند. در هر پرش، نزدیکترین دستگاه مه، داده‌ها را به مه دیگری ارسال می‌کند تا زمانی که از طریق مه دروازه منتقل شود و منجر به تاخیر بیشتر پیام می‌شود و چندین گره مه دلخواه را در اکثر مواقع درگیر نگه می‌دارد و باعث اتلاف انرژی بیشتر می‌شود. علاوه بر این، اطمینان از اتصال (که بعداً به عنوان استحکام شبکه تعریف شد) شبکه MCS در صورتی که تعدادی از دستگاه‌های دروازه‌ای از کار افتاده باشند، ضروری است. برعکس، برنامه‌های کاربردی شهر هوشمند باید پایدار باشند (از لحاظ بهره‌وری انرژی و استحکام) و نیازمند زمان چرخش سریع‌تر باشند. اغلب دستگاه‌های مه‌گیر ممکن است در مکان‌هایی دور از پلت فرم MCS قرار داشته باشند و انرژی محدود آن‌ها هنگام برقراری ارتباط داده‌های حس شده از طریق فناوری‌های ارتباطی بی‌سیم، مانند Wi-Fi، 4G/LTE، و غیره تلف شود. همچنین، همیشه اینطور نیست. امکان پر کردن باتری‌هایشان و یا جایگزینی آنها با دستگاه‌های کاملاً شارژ در حال پرواز وجود دارد، که بهره‌وری انرژی را به یک پیش‌شرط حیاتی برای یک چارچوب انتقال داده کارآمد برای برنامه‌های شهر هوشمند مبتنی بر مه تبدیل می‌کند. در نسخه اولیه این مقاله ما bioMCS را یک چارچوب انتقال داده مشترک با الهام از زیست از طریق سنجش جمعیت موبایل بر روی پلت فرم‌های محاسباتی مه [۴] پیشنهاد کردیم. این راه حل بر اساس ویژگی‌های شبکه یک شبکه بیولوژیکی به نام شبکه تنظیم کننده رونویسی (TRN) است که نشان دهنده تعامل بین پروتئین‌ها به نام فاکتورهای رونویسی (TFs) و ژن‌ها در موجودات زنده است. [۷] در گذشته، ما از ویژگی‌های نمودار TRN برای طراحی راه‌حل‌های شبکه بی‌سیم استفاده کردیم (برای جزئیات بیشتر در مورد ویژگی‌های نمودار و کاربردهای شبکه‌های TRN، بخش ۲.۲ را ببینید). یکی از ویژگی‌های گراف TRN که در طراحی راه‌حل‌های شبکه‌های هوشمند مورد استفاده قرار گرفته است (و می‌تواند همچنان مورد استفاده قرار گیرد)، فراوانی زیرگراف‌هایی به نام موتیف‌های شبکه است. ما نشان دادیم که گره‌های TRN که در تعداد زیادی از یک موتیف ۳ گره، به نام حلقه پیش‌خور (Feed Forward Loop) شرکت می‌کنند، مسیرهای قوی را برای جریان اطلاعات تشکیل می‌دهند. ما استحکام را به عنوان توانایی یک شبکه برای انجام جریان اطلاعات تحت خرابی گره‌ها و پیوندها تعریف می‌کنیم. در حالی که ما به طور تجربی نشان دادیم که bioMCS یک چارچوب بسیار کارآمد و قوی انرژی است که از سنجش مشارکتی برای دستیابی به تحویل داده‌ها و متعادل‌سازی بار بالا استفاده می‌کند، بر اساس یک استراتژی نقشه‌برداری مبتنی بر خوشه‌بندی استاتیک و متمرکز است و بعید به نظر می‌رسد که مقیاس خوبی داشته باشد. موارد زیر سهم قابل توجهی از این کار توسعه یافته به نام bioMCS ۲٫۰ است که آن را از نسخه کنفرانس متمایز می‌کند.

- ما یک سناریوی واقع بینانه را در نظر می گیریم که در آن دستگاه های مه سیار و همچنین انرژی محدود هستند. این باعث می شود اتصال شبکه مه متناوب شود و سناریوی متمرکز را بی اثر کند.
- ما یک استراتژی ارسال پیام را برای محاسبه مشارکت موتیف (مرکزیت موتیف نامیده می شود) یک گره مه به روشی توزیع شده پیشنهاد می کنیم. ما یک ابزار تجسم را در محیط شبیه سازی سفارشی خود گنجانده ایم تا محاسبه زمان واقعی محوریت موتیف مه ها را در طول زمان در یک محیط تلفن همراه ثبت کنیم.
- ما یک استراتژی انتقال داده برای گره های مه ارائه می کنیم که آگاهی از انرژی، مرکزیت موتیف و انتخاب مسیر را بر اساس نزدیکی به ایستگاه پایه ترکیب می کند. ما مطالعه می کنیم که چگونه هر یک از این عوامل به انتخاب هاپ بعدی برای ارسال داده کمک می کند.
- ما آزمایش های شبیه سازی گسترده ای را بر روی نقشه واقعی شهر نیویورک شامل ۵ بخش و ۵۹ منطقه انجام می دهیم. علاوه بر این، علاوه بر دو مدل حرکت تصادفی مبتنی بر پیاده روی انسان که در نسخه کنفرانس در نظر گرفته شده است، ما سه مدل تحرک واقعی انسان، یعنی برنامه ریزی سفر کمترین اقدام (LATP)، نظری شبکه اجتماعی (SNT) و ORBIT را ترکیب می کنیم.
- ما عملکرد bioMCS<sub>2,0</sub> را که از نظر نسبت تحویل داده ها، تأخیر ارتباط و کارایی انرژی اندازه گیری می شود، با یک روش استاندارد انتقال داده متمرکز مقایسه می کنیم.

بقیه مقاله به شرح زیر سازماندهی شده است. بخش ۲ به کارهای مرتبط در زمینه اکتساب داده در MCS و ITRN اختصاص دارد، در حالی که بخش ۳ اجزای کلیدی در سیستم را توصیف می کند. بخش ۴ محوریت موتیف توزیع شده و طرح ارسال داده بر اساس ارسال پیام را پوشش می دهد. بخش ۵ نتایج شبیه سازی را ارائه می دهد و عملکرد چارچوب جمع آوری داده های پیشنهادی را تجزیه و تحلیل می کند. در نهایت، بخش ۶ نتیجه گیری می کند و چندین جهت تحقیقات آینده را در این خط کار مشخص می کند.

## ۲- کارهای مرتبط

در این بخش، کارهای مرتبط را در دو حوزه مرتبط بررسی می کنیم (۱): چارچوب هایی برای اکتساب داده در

MCS و (۲) کاربرد شبکه تنظیم‌کننده رونویسی (TRN) در ارتباطات بی‌سیم.

## ۲-۱- چارچوب های اکتساب داده مبتنی بر MCS

چارچوب‌های اکتساب داده در MCS می‌توانند برای کاربرد خاص یا عمومی باشند. فریم‌های خاص برنامه، مانند [۸] GasMobile و [۹] NoiseMap، به گونه‌ای طراحی شده‌اند که تنها به یک نوع برنامه در یک زمان پاسخ دهند. چنین چارچوب‌هایی به طور معمول برای نظارت بر آلودگی هوا و صدا ایجاد می‌شوند. برعکس، فریم‌های هدف عمومی برای سرویس‌دهی همزمان چندین برنامه مجهز هستند. یا به عنوان مثال، Google سیستم‌های توصیه‌ای بر اساس وظایف جمع‌آوری اطلاعات دارد که به کاربران گوشی‌های هوشمند (اندروید) بر اساس مکان آنها اختصاص داده شده است. [۱۰] BLISS یک الگوریتم یادگیری آنلاین را برای جمع‌آوری داده‌های عمومی پیاده‌سازی می‌کند. به کاربران در ازای پاداش‌هایی که با بودجه محدود می‌شوند، وظایفی محول می‌شود. وانگ و همکاران [۱۱] با طبقه‌بندی کاربران مشارکت‌کننده به دو دسته، راه‌حلی برای ذخیره‌سازی داده‌های کارآمد طراحی کردند: کاربرانی که از LTE/۴G/۳G (۱) از طریق طرح‌های داده با اپراتورهای تلفن همراه استفاده می‌کنند و (۲) شبکه‌های رایگان مانند WiFi یا بلوتوث، که در آن در رویکرد اول، نویسندگان تلاش می‌کنند تا سربار انرژی را در حین آلودگی کاهش دهند. در [۱۲]، تحویل داده‌های کارآمد انرژی با استفاده از داده‌های حس شده با تماس‌های صوتی و لیدو و همکاران به دست می‌آید. [۱۳] یک مکانیسم مسیریابی برای به حداقل رساندن رفتار خودخواهانه از طریق ارتباط بین‌گره‌های تعاونی به شیوه‌ای متحمل تاخیر در نظر گرفت. بلاویستا و همکاران [۱۴] تجزیه و تحلیل عمیقی را در مورد چالش‌های مربوط به تخصیص وظایف جمع‌آوری داده در میان کاربران و همچنین نقش تحرک در بهبود سنجش داده‌ها ارائه کردند در حالی که چند کار اختصاص داده شده به استفاده از پارادایم MCS وجود دارد، مانند [۱۵] CARDAP، [۱۶] CAROMM و Fiandrino و همکاران. [۱۷]، که به طور جداگانه به جمع‌آوری و پردازش داده‌های توزیع‌شده و در عین حال کارآمد می‌پردازند، ۲۰۰ biomCS تلاشی برای ایجاد یک چارچوب یکپارچه برای دستیابی به سنجش و ارسال داده‌های کارآمد انرژی به شیوه‌ای توزیع‌شده است.

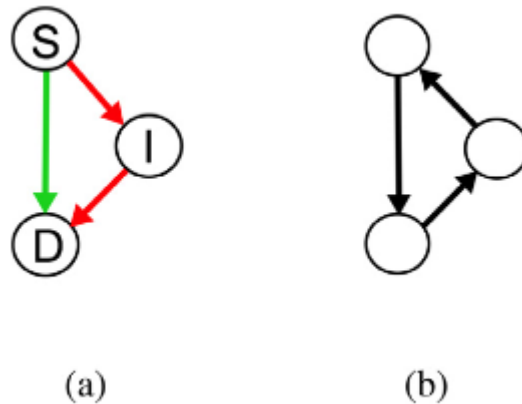
## ۲-۲- پیشینه شبکه‌های نظارتی رونویسی

شبکه‌های تنظیم‌کننده رونویسی (TRN) شبکه‌های بیولوژیکی هدایت‌شده و امضا شده‌ای هستند که ذاتاً دارای چندین ویژگی نمودار هستند که تعامل قوی بین پروتئین‌ها به نام فاکتورهای رونویسی (TFs) و ژن‌هایی که منجر به سنتز پروتئین در سلول‌های زنده می‌شوند را ممکن می‌سازند. در کارهای قبلی خود،

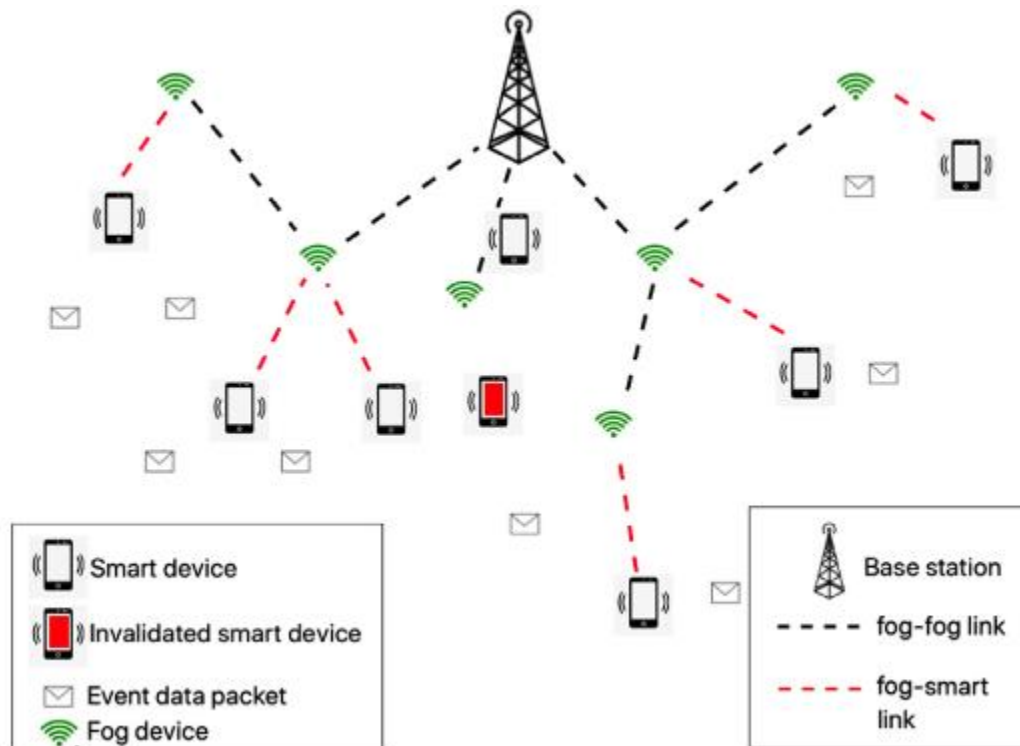
گره‌های *E. coli* و Yeast TRNs را به سه لایه طبقه‌بندی کردیم تا نشان دهیم که گره‌های لایه‌های ۱ و ۲ با درجه بیرونی بالا، هاب‌ها را در یک شبکه آزاد از مقیاس TRN تشکیل می‌دهند. [۲۱-۱۸] علاوه بر این، TRN‌ها دارای ویژگی‌های جهانی کوچکی هستند که تبادل اطلاعات بین TF‌ها و ژن‌ها را با تاخیر ارتباطی کم و چگالی نمودار کم امکان پذیر می‌کنند. این ویژگی‌های TRN در گذشته برای طراحی توپولوژی‌های شبکه حسگر بی‌سیم کارآمد از انرژی [۲۲-۲۵]، ساخت توپولوژی WSN متحمل خطا [۲۶، ۱۹]، برنامه‌های ردیابی هدف [۲۸، ۲۷] و غیره مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند. اخیراً، ما از ویژگی خودتنظیمی TRN برای طراحی شبکه‌های اینترنت اشیا کارآمد انرژی برای برنامه‌های کاربردی شهر هوشمند استفاده کردیم. این با استفاده از وزن لبه‌های مثبت و منفی نمودارهای TRN برای تعدیل نرخ مصرف انرژی گره‌های اینترنت اشیا به دست آمد [۳۰، ۲۹]. در نهایت، چگالی پایین نمودار TRN‌ها به به حداقل رساندن تکرار داده‌ها (به دلیل کاهش پیوندهای ارتباطی) کمک می‌کند، در نتیجه کارایی انرژی را در شبکه‌های فرصت طلب/ناهمگن با تکیه بر مسیریابی همه گیر افزایش می‌دهد [۴]، ۳۱ فراوانی موتیف و گرایش خوشه‌بندی TRN. با فراوانی زیرگراف‌هایی که موتیف نامیده می‌شوند مشخص می‌شود. دو تا از کوچک‌ترین نقوش TRN مثلث غیر چرخه‌ای هستند که به نام حلقه پیش‌خور (FFL) همانطور که در شکل ۱-۱ نشان داده شده است و مثلث حلقوی که در شکل ۱-۲ نشان داده شده است، حلقه بازخورد (FBL) نامیده می‌شود. FFL شامل یک مسیر مستقیم بین منبع S و مقصد D به رنگ سبز نشان داده شده است و یک مسیر غیر مستقیم از طریق واسطه ( ابا رنگ قرمز نشان داده شده است. مطالعات اخیر ما نشان می‌دهد که FFL‌ها نه تنها از نظر آماری مهم تر از FBL هستند، بلکه با ارائه مسیرهای ارتباطی جایگزین بین جفت گره‌ها و محافظت از TRN‌ها در برابر وقفه‌های ارتباطی ناشی از خرابی گره/پیوند، نقشی در استحکام توپولوژیکی دارند [۳۴-۳۲] بخشی از این کار از مفهوم موتیف‌ها برای دستیابی به ارسال بدون وقفه داده‌ها در شبکه‌های مه بهره می‌برد. مرکزیت موتیف گره FFL از آنجایی که موتیف‌های FFL بلوک‌های سازنده یک TRN هستند که ثابت کرده است که مسئول استحکام توپولوژیکی TRN است [۳۵]، اهمیت یک گره TRN از نظر مشارکت موتیف آن تحلیل می‌شود. از این رو، مرکزیت موتیف گره را به عنوان تعداد موتیف‌های FFL که در آن شرکت می‌کند تعریف می‌کنیم. با توجه به هر گراف جهت دار  $G(V, E)$ ، مرکزیت موتیف گره  $u$  را به صورت زیر محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta(u) = \sum_{v, w \in V} \xi(u, v, w) + \xi(v, u, w) + \xi(v, w, u)$$

متغیرهای شاخصی هستند که وجود احتمالی یک موتیف FFL را بین رئوس  $u, v, w$  و نشان می‌دهند جایی که  $\xi(u, v, w) = 1$  اگر  $e(u, v), e(v, w), e(u, w) \in E$  در غیر این صورت  $\xi(u, v, w) = 0$



شکل ۱- (الف) حلقه پیش‌خور - (FFL) مثلث‌های غیر چرخه‌ای (ب) حلقه بازخورد - (FBL) مثلث‌های چرخه‌ای



شکل ۲- مدل سیستم متشکل از ایستگاه پایه، دستگاه‌های مه‌گیر متحرک، دستگاه‌های هوشمندی که داده‌های رویداد را حس کرده و گزارش می‌کنند

## ۶- نتیجه‌گیری و مسیرهای آینده

Crowdsensing موبایل یک پلتفرم رو به رشد برای سنجش وظایف و گزارش است که ممکن است شامل یک پایگاه کاربر گسترده و همچنین حجم ترافیک باشد. ما bioMCS ۲,۰ را پیشنهاد می‌کنیم - یک رویکرد توزیع داده آگاه از انرژی برای سنجش جمعیت موبایل که از محاسبات مه بهره می‌برد. bioMCS ۲,۰ از امتیاز وزنی از عوامل مانند آگاهی از انرژی، محوریت موتیف FFL و نزدیکی به ایستگاه پایه (BS) برای ارسال داده‌ها استفاده می‌کند، در حالی که کیفیت اطلاعات را با پذیرش داده‌های وظیفه از دستگاه‌های هوشمند قابل اعتماد تضمین می‌کند. ما آزمایش‌هایی را بر روی نقشه شهر نیویورک انجام می‌دهیم تا کارایی bioMCS ۲,۰ را در مدل‌های مختلف تحرک واقعی در دستیابی به تحویل داده‌ها، تأخیر و کارایی انرژی ثابت در مقایسه با یک تکنیک انتقال داده متمرکز مبتنی بر کوتاه‌ترین مسیر استاندارد نشان دهیم. ما مسیرهای آینده زیر را تصور می‌کنیم:

- آزمایش‌های ما نشان می‌دهد که سه عامل، آگاهی از انرژی، مرکزیت موتیف و نزدیکی به BS، پیامدهای متفاوتی بر عملکرد شبکه دارند. ما در حال کار بر روی یک مطالعه اختصاصی در مورد چگونگی تأثیر وزن در امتیاز ارسال داده بر PDR، تأخیر و آگاهی انرژی bioMCS ۲,۰ هستیم. علاوه بر این، ما نتایج اولیه در چارچوب یادگیری تقویتی (RL) داریم که در آن دستگاه‌های مه سیار می‌توانند به صورت پویا وزن سه عامل را بر اساس یک تابع پاداش خاص برنامه یاد بگیرند. این چارچوب چالش‌های جدیدی را در مورد مصرف انرژی و همگرایی به همراه خواهد داشت.
- یک محیط سنجش جمعیت واقع‌گرایانه را در نظر بگیرید، جایی که دستگاه‌های هوشمند علاوه بر جمع‌آوری داده‌های رویداد، داده‌های رویدادهای خارج از مجاورت خود را درخواست می‌کنند. در چنین سناریویی، bioMCS ۲,۰ می‌تواند برای گنجاندن پروتکل‌های استاندارد ارسال پیام، مانند [۵۳] MQTT، که در آن گره‌های مه می‌توانند به عنوان گره‌های واسطه عمل کنند و داده‌های رویداد لازم را از یک دستگاه سنجش دریافت کرده و آن را به دستگاه درخواست‌کننده ارسال کنند. چنین سناریوهایی ممکن است ملاحظات دیگری مانند رمزگذاری پیام، احراز هویت کاربر، کیفیت



اطلاعات (QoI) و تازگی اطلاعات را در بر داشته باشند. آزمایش اولیه نشان می‌دهد که میانگین امتیاز ترجیحی برای دستگاه‌های هوشمند که رویدادها را گزارش می‌کنند ۰.۳۳ در طول مدت شبیه‌سازی ۹۰ دقیقه است. در آینده، ما در نظر داریم از ردپای تحرک واقعی مه/دستگاه تلفن همراه برای تایید کارایی bioMCS<sub>2,0</sub> استفاده کنیم و از اقدامات قوی برای اتصال QoI با امتیازهای ترجیحی فعلی و همچنین تهدیدات امنیتی در صورت تبانی گروهی از کاربران و گره‌های مه استفاده کنیم.

- در کار حاضر، ما از یک آستانه متغیر زمانی برای پذیرش داده‌های وظایف گزارش‌شده توسط دستگاه‌های هوشمند با امتیاز اولویت بالا استفاده می‌کنیم. در آینده، ما قصد داریم روش‌های مؤثری را برای آستانه‌گذاری کشف کنیم که می‌تواند بین رفتار کاربر بی‌خطر و مخرب و عامل خطای انسانی و همچنین اشکالات فنی سخت‌افزاری و نرم‌افزاری در دستگاه‌های هوشمندی که کاربران برای گزارش داده‌های کار از آنها استفاده می‌کنند، تمایز قائل شود.