

بهینه سازی تخصیص منابع در شبکه‌های MIMO-NOMA

با استفاده از برداشت انرژی

سید سامان خندان^۱، مرتضی چوبین (نویسنده مسئول)^۲

^۱ دانشگاه ملایر، ملایر seyedkhandan7@gmail.com

^۲ دانشگاه ملایر، ملایر m.chobin@malayeru.ac.ir

چکیده

شبکه‌های حسگر بی‌سیم دارای تعداد زیادی گره حسگر با انرژی محدود می‌باشند که در یک منطقه محدود جغرافیایی پراکنده شده‌اند. یکی از مسایل مهم در این شبکه‌ها افزایش طول عمر شبکه است. یک راه افزایش طول عمر شبکه شارژ مداوم حسگرها به صورت بی‌سیم می‌باشد. بنابراین در شبکه‌های حسگر قابل شارژ بی‌سیم (WRSN)، یک شارژر متحرک (MC) برای جبران انرژی گره‌های سنسور از طریق یک رسانه بی‌سیم استفاده می‌کند. در چنین زمینه‌ای، طراحی یک استراتژی شارژر که بهینه طول عمر شبکه را طولانی می‌کند چالش برانگیز است. در این مقاله یک استراتژی شارژر مبتنی بر تقاضا برای شبکه‌های حسگر قابل شارژ بی‌سیم به کمک پهنای پهنای شده است. در این راستا، ابتدا از الگوریتم خوشه بندی K-means برای خوشه بندی حسگرها بر اساس موقعیت جغرافیایی استفاده می‌شود. سپس این خوشه‌ها با توجه به پارامترهای میانگین درصد توان باقیمانده در باتری گره‌های حسگر و تعداد حسگرها و تعداد حسگرهای بحرانی برای دریافت شارژ و فاصله مرکز خوشه با ایستگاه شارژ MC برای هر خوشه به کمک سیستم منطق فازی اولویت بندی می‌شود. در مرحله بعد با کمک یک الگوریتم مسیریابی مبتنی بر کوتاهترین و بحرانی ترین مسیر در هر خوشه، موقعیت‌های پهنای برای انتخاب گره‌های حسگر بحرانی را نمایش می‌دهد. در این کار برای مسیریابی درون خوشه‌ای از الگوریتم بهینه سازی مبتنی بر گرادیان (GBO) بهره برده ایم. برای بررسی عملکرد طرح پیشنهادی یک مطالعه موردی برای شبکه حسگر قابل شارژ بی‌سیم تحت MATLAB انجام شده است. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که استراتژی پیشنهادی توانسته است بهبود خوبی برای افزایش طول عمر شبکه داشته باشد.

واژه‌های کلیدی

بهینه سازی تخصیص منابع، شبکه‌های MIMO-NOMA، برداشت انرژی، روش‌های فازی، الگوریتم بهینه سازی مبتنی بر گرادیان (GBO).

دوازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

12th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

تحولات انفجاری اینترنت اشیا (IoT) تقاضای زیادی را برای قابلیت اتصال گسترده تحریک می کند که تعداد زیادی از دستگاه های اینترنت اشیا را قادر می سازد به شبکه های بی سیم دسترسی پیدا کنند. دستگاه های اینترنت اشیا که در دسترس هستند، در صورتی که در برنامه های پرمصرف برق مورد استفاده قرار گیرند، باتری های خود را به سرعت تخلیه می کنند. بنابراین، مهم است که اطمینان حاصل شود که دستگاه های اینترنت اشیا با محدودیت انرژی عظیم می توانند با یکدیگر به شیوه ای از نظر طیفی و انرژی کارآمد در حین برآورده کردن الزامات کیفیت خدمات (QoS) با یکدیگر ارتباط برقرار کنند. انتقال برق بی سیم (WPT) از روش های منبع تغذیه بدون وقفه برای شارژ از راه دور دستگاه های IoT با باتری های قابل شارژ کوچک استفاده می کند. چنین تکنیکی دستگاه های IoT با باتری را قادر می سازد تا انرژی سیگنال فرکانس رادیویی (RF) را برای طولانی تر کردن چرخه عمر خود استخراج کنند. در نتیجه، نیازهای منبع تغذیه مداوم دستگاه های IoT را می توان برآورده کرد.

MIMO عظیم به عنوان یک فناوری مهم برای ترویج استقرار شبکه های نسل پنجم و فراتر از آن (5G) در نظر گرفته شده است. با استفاده از پرتوها برای مالتی پلکس فضایی، MIMO عظیم می تواند به طور موثری توان سیگنال دریافتی را با پرتوهای بسیار باریک متمرکز کند و به استقرار بسیار متراکم برای شبکه های IoT دست یابد. در این تحقیق تخصیص منابع انرژی کارآمد را در شبکه های عظیم MIMO-NOMA مبتنی بر WPT بررسی خواهیم کرد. طرح مشترک توان انتقال، زمان WPT، انتخاب آنتن و تخصیص حامل فرعی برای حل مساله به حداکثر رساندن EE سیستم پیشنهاد شده است. در این تحقیق از رویکرد برنامه ریزی غیرخطی فازی برای تبدیل مسئله غیر محدب اصلی به محدب استفاده می کنیم و با توسعه یک الگوریتم تخصیص انرژی کارآمد مبتنی بر GBO، مساله را حل می کنیم. ما هر دو CSI کامل و ناقص را در نظر گرفته ایم و تأثیر خطای تخمین کانال را بر عملکرد EE تحلیل کردیم. نتایج شبیه سازی با کمک مدلسازی و اجرای بهینه سازی با کمک نرم افزار matlab 2017b انجام خواهد پذیرفت. همچنین، MIMO-NOMA عظیم با کمک پهپاد نیز می تواند به طور موثری از پوشش و توان عملیاتی ارتباطات بی سیم با استفاده از قدرت اتصالات دید خطی پشتیبانی کند. بنابراین در این نوشتار تلاش می شود در مدلسازی انتقال از پهپاد برای بهینه سازی مساله بهره ببریم تا به این مهم پاسخ داده شود که در این تحقیق ارائه یک الگوریتم تکاملی مبتنی بر گرادیان بهینه شده با منطق فازی تا چه میزان در بهبود سیستماتیک بهره وری انرژی (EE) بهبود حاصل خواهد کرد؟

۱،۱ پرسش های تحقیق

MIMO عظیم یک تکنیک فعال برای سیستم های WPT است، زیرا می تواند بهره وری انرژی در سطح سیستم (EE) را ارائه دهد. برنامه ریزی کاربر، تخصیص توان، و طرح انطباق نرخ به طور مشترک برای بهبود EE شبکه های دسترسی چندگانه تقسیم فرکانس متعامد (OFDMA) بهینه شدند.

طرح های انتقال توان به روشی با دسترسی چندگانه متعامد (OMA) انجام می شوند که از نظر بازده طیفی (SE) برای شبکه های دسترسی گسترده به دستگاه های IoT محدود است، زیرا هر کانال فرکانس تنها می تواند توسط یک کاربر در یک زمان استفاده شود. در این تحقیق از یک شبکه چند سلولی چند ورودی چند خروجی (MIMO) با دسترسی چندگانه غیر متعامد (NOMA)، برای مدلسازی تابع هدف بهره خواهیم برد.

۲. مروری بر پژوهش های پیشین

در شبکه های چند سلولی چند ورودی چند خروجی^۱ (MIMO) با دسترسی چندگانه غیر متعامد^۲ (NOMA)، ایستگاه های پایه^۳ (BS) با چندین آنتن انرژی فرکانس رادیویی خود را در پایین لینک ارائه می کنند و دستگاه های اینترنت اشیا^۴ (IoT) از انرژی برداشت شده خود برای پشتیبانی از انتقال داده ها بالاینک استفاده می کنند.

مقاله [۱] مساله بهره وری انرژی^۵ (EE) را برای شبکه های چند سلولی عظیم MIMO NOMA با انتقال توان بی سیم^۶ (WPT) بررسی می کند. برای به حداکثر رساندن EE شبکه، این مقاله یک طرح جدید توان مشترک، زمان، انتخاب آنتن و تخصیص منابع حامل فرعی را پیشنهاد می کند که می تواند به درستی زمان را برای برداشت انرژی و انتقال داده تخصیص دهد. هر دو اطلاعات وضعیت کانال کامل و ناقص^۷ (CSI) در نظر گرفته شده و عملکرد EE مربوطه آنها تجزیه و تحلیل می شود. تحت الزامات کیفیت خدمات^۸ (QoS)،

¹ multiple-input multiple-output

² non-orthogonal multiple access

³ base stations

⁴ Internet-of-Things

⁵ energy efficiency

⁶ wireless power transfer

⁷ channel state information

دوازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

12th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

یک مسئله به حداکثر رساندن EE فرموله می‌شود که به دلیل عدم تحدب، غیر ضروری است. ابتدا روش‌های برنامه‌ریزی کسر غیرخطی را برای تبدیل مسئله به محدب اتخاذ می‌شود، و سپس، یک روش جهت متناوب توزیع شده از ضریب‌ها^۸ (ADMM) را برای حل مسئله ایجاد می‌کند. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که در مقایسه با روش‌های جایگزین، الگوریتم پیشنهادی می‌تواند به سرعت در تکرارهای کمتری همگرا شود و می‌تواند به عملکرد EE بهتری دست یابد. شبکه ناهمگن^۹ (HetNet) به عنوان یک فناوری امیدوارکننده برای بهبود کارایی طیف و پوشش انتقال، در سال‌های اخیر توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده است. علاوه بر این، با معرفی فناوری دسترسی چندگانه غیر متعامد (NOMA)، شبکه ناهمگن به کمک NOMA نه تنها ظرفیت سیستم را بهبود نمی‌بخشد، بلکه به کاربران بیشتری اجازه می‌دهد از همان منبع باند فرکانسی استفاده کنند، که هت‌نت به کمک NOMA را تغذیه کند. با این حال، طرح‌های تخصیص منابع سنتی فرض می‌کنند که ایستگاه‌های پایه دقیقاً می‌توانند بهره پیوند مستقیم و بهره پیوند متقابل را تخمین بزنند، که به دلیل تأثیر تأخیرهای کانال و اغتشاش تصادفی برای HetNets عملی غیرممکن است.

برای بهبود بیشتر استفاده بهینه از انرژی و پایداری سیستم، در [۲]، یک مساله تخصیص منابع مقاوم را برای به حداکثر رساندن بازده انرژی کل (EE) کاربران سلول کوچک ۱۱ (SCU) در HetNets به کمک NOMA تحت اطلاعات وضعیت کانال ناقص بررسی می‌کند. با در نظر گرفتن عدم قطعیت‌های کانال محدود، مسئله بهینه‌سازی منبع قوی به عنوان یک مسئله برنامه‌ریزی اعداد صحیح مختلط و غیرخطی تحت محدودیت‌های قدرت تداخل چند لایه کاربران ماکروسل، حداکثر توان انتقال ایستگاه پایه کوچک، بلوک منبع (RB)، تعیین تکلیف و کیفیت خدمات مورد نیاز هر SCU فرموله می‌شود. مسئله اصلی با استفاده از روش دینکلباخ^{۱۰} و روش تقریب محدب متوالی به یک مسئله بهینه‌سازی محدب معادل تبدیل می‌شود. یک الگوریتم تکرار مقاوم مبتنی بر دینکلباخ با بهینه‌سازی مشترک توان انتقال و تخصیص RB طراحی شده است. نتایج شبیه‌سازی تأیید می‌کند که الگوریتم پیشنهادی بازده انرژی و استحکام بهتری نسبت به الگوریتم‌های موجود دارد.

در [۳]، دسترسی چندگانه غیر متعامد با خروجی چندگانه (MIMO) بر اساس سیستم مدولاسیون فضایی^{۱۱} (SMMIMO-NOMA) برای دستیابی به راندمان طیفی بهتر با زنجیره‌های فرکانس رادیویی کاهش یافته در مقایسه با سیستم سنتی MIMO-NOMA پیشنهاد شده است. برای بهبود عملکرد سیستم‌های SM-MIMO-NOMA، آنها به سناریوهای مدولاسیون فضایی تعمیم یافته تعمیم داده می‌شود در حالی که پیچیدگی و انصاف متوسط را حفظ می‌کند. در این مقاله، کارایی طیفی سیستم و بهبود کیفیت انتقال با بررسی یک مسئله تخصیص منبع به حداکثر رساندن نرخ مجموع ارائه شده است که تابع توان انتقالی کل، گروه‌بندی کاربر، و محدودیت‌های بلوک منبع است. برای حل این مساله غیر محدب و دشوار، یک استراتژی گروه‌بندی کاربر مبتنی بر نمودار در ابتدا برای به حداکثر رساندن بهره متقابل کاربران درون گروهی پیشنهاد شده است. سپس یک رویکرد متغیر کمکی برای تبدیل زیرمسئله تخصیص توان به یک مسئله محدب اتخاذ می‌شود. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که الگوریتم پیشنهادی از نظر نرخ خطای بیت و نرخ مجموع عملکرد بهتری دارد.

توزیع نامتعادل تراکم در شبکه‌های سلولی منجر به تراکم و کاهش کارایی طیف می‌شود. برای مقابله با این مساله، مقاله [۴]، یک شبکه بی‌سیم با کمک وسایل نقلیه هوایی بدون سرنشین^{۱۲} (UAV) پیشنهاد می‌کند که در آن پهپاد به عنوان یک رله هوایی عمل می‌کند تا مقداری از ترافیک را از سلول بارگذاری شده به سلول زیر بار مجاور آن منحرف کند. برای بهره‌برداری کامل از پتانسیل آن، ما به طور مشترک موقعیت پهپاد، ارتباط کاربر، تخصیص طیف و تخصیص توان را بهینه‌سازی می‌کند تا نسبت جمع به لوگ ۱۵ همگرا در دو سلول مجاور را به حداکثر برسانیم. برای مقابله با مشکل پیچیده بهینه‌سازی مفصل، ابتدا یک الگوریتم مبتنی بر ژنتیک برای بهینه‌سازی موقعیت پهپاد طراحی می‌کند. سپس، مسئله را با تحلیل نظری ساده می‌کند و یک الگوریتم با پیچیدگی کم را با توجه به روش شاخه و کران طراحی می‌کند تا طرح‌های تخصیص طیف و ارتباط کاربر بهینه را به دست آورد. همچنین یک الگوریتم تخصیص توان تکراری را بر اساس تئوری تقریب محدب متوالی پیشنهاد می‌شود. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که شبکه بی‌سیم پیشنهادی با کمک

⁸ quality-of-service

⁹ alternating direction method of multipliers

¹⁰ Heterogeneous Network

¹¹ Small-Cell Users

¹² Dinkelbach's method

¹³ Non-orthogonal Multiple Access (NOMA) based on Spatial Modulation

¹⁴ sum-log-rate

¹⁵ sum-log-rate

دوازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

12th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

پهپاد نسبت به شبکه زمینی هم از نظر کاربردی و هم از نظر توان عملیاتی برتری دارد و الگوریتم‌های پیشنهادی می‌توانند عملکرد شبکه را در مقایسه با سایر طرح‌ها به طور قابل توجهی بهبود بخشند.

در [۵]، یک دیدگاه جدید برای تخصیص کانال و کوپلینگ کاربر برای یک سیستم لینک پایین شلوغ با استفاده از چند خروجی چند ورودی عظیم (MIMO)، دسترسی چندگانه غیر متعامد (NOMA) و شکل‌دهی پرتو با نیروی صفر^{۱۶} (ZF) پیشنهاد شده است. روش خوشه‌بندی کاربر پیشنهادی، کاربران را با کاهش تدریجی محدودیت‌های همبستگی به زیر باندها و پرتوها تخصیص می‌دهد به طوری که شرطی شدن ماتریس کانال را افزایش می‌دهد. اندازه‌گیری‌های کانال در این زمینه انجام می‌شود تا روش پیشنهادی را در یک تنظیم تجربی تأیید کند. نتایج نشان می‌دهد که با توجه به دسترسی چندگانه متعامد و دو روش خوشه‌بندی NOMA، پاسخ خوبی در عملکرد از نظر توان عملیاتی و انصاف وجود دارد. ترکیب اطلاعات بی سیم همزمان و انتقال نیرو^{۱۷} (SWIPT) و دسترسی چندگانه غیرمتعامد (NOMA) یک راه حل بالقوه برای بهبود بهره وری طیفی (SE) و بهره وری انرژی (EE) شبکه‌های نسل پنجم (5G) آینده است، به ویژه در پشتیبانی از عملکرد اینترنت اشیا (IoT) و سناریوهای ارتباطات نوع ماشین عظیم^{۱۸} (mMTC) می‌باشد.

در [۶]، تخصیص توان مشترک و کنترل زمان سوئیچینگ^{۱۹} (TS) را برای بهینه‌سازی EE در یک سیستم SWIPT NOMA مبتنی بر TS بررسی می‌کند. هدف این کار بهینه‌سازی EE سیستم در حالی است که محدودیت‌های مربوط به حداکثر بودجه توان انتقال، حداقل نرخ داده و حداقل انرژی برداشت شده در هر ترمینال را برآورده می‌کند. مسئله بهینه‌سازی EE در نظر گرفته شده نه خطی و نه محدب است که شامل بهینه‌سازی مشترک تخصیص توان و عوامل سوئیچینگ زمان می‌شود، و بنابراین حل مستقیم آن بسیار دشوار است. به منظور مقابله با این مشکل، این مقاله یک الگوریتم دو لایه را توسعه می‌دهد که در آن روش دینکل‌باخ هم در لایه داخلی برای بهینه‌سازی تخصیص توان و هم در لایه بیرونی برای کنترل تخصیص سوئیچینگ زمان استفاده می‌شود. علاوه بر این، یک مورد خاص ساده اما کاربردی با عوامل سوئیچینگ زمان برابر در تمام پایانه‌ها در نظر گرفته شده است. نتایج عددی یافته‌های نظری را تأیید می‌کنند و نشان می‌دهند که افزایش عملکرد قابل توجهی نسبت به طرح دسترسی چندگانه متعامد (OMA) از نظر EE را می‌توان با الگوریتم‌های پیشنهادی در یک سیستم NOMA دارای SWIPT به دست آورد.

کوپلینگ دسترسی بی سیم از طریق دسترسی چندگانه غیر متعامد و یک حال بی سیم از طریق شکل دهی پرتو، روشی امیدوارکننده برای شبکه‌های فوق متراکم کاربر محور^{۲۰} (UDN) برای بهبود عملکرد سیستم است. با این حال، استقرار فوق متراکم نقاط دسترسی رادیویی در ماکروسل و نمای کاربر محور طراحی شبکه در UDN ها، نگرانی‌های مهمی را در مورد تخصیص منابع و ارتباط کاربر ایجاد می‌کند، که از جمله آنها تعادل بهره وری انرژی (EE) است. برای غلبه بر این چالش، مقاله [۷] چارچوبی را برای بررسی مشکل تخصیص منابع برای ارتباط کاربران کارآمد انرژی در چنین سناریویی ایجاد می‌کند. چارچوب بهینه‌سازی مشترک با هدف به حداکثر رساندن EE سیستم به عنوان یک مسئله برنامه ریزی غیرخطی اعداد صحیح مختلط غیر محدب در مقیاس بزرگ فرموله شده است که حل مستقیم آن با پیچیدگی کمتر NP-سخت است. در روش دیگر، با استفاده از مزایای جداسازی مجموع نسبت‌ها و روش‌های تقریب محدب متوالی، مسئله اصلی را به یک سری از مسائل فرعی بهینه‌سازی محدب تبدیل می‌کند. سپس هر زیرمسئله را از طریق تجزیه دوگانه لاگرانژی حل می‌کند و یک الگوریتم تکراری را به روشی توزیع شده طراحی می‌کند که بهینه‌سازی مشترک تخصیص توان، تخصیص کانال فرعی و ارتباط کاربر را به طور همزمان محقق می‌کند. نتایج شبیه‌سازی اثربخشی و عملی بودن چارچوب پیشنهادی این کار را نشان می‌دهد که به سرعت همگرایی سریع دست می‌یابد و بهبود سودمند EE در سراسر سیستم را تضمین می‌کند.

مسیر وسیله نقلیه هوایی بدون سرنشین مشترک (UAV) و بهینه‌سازی تخصیص توان برای پروتکل دسترسی چندگانه غیرمتضاد (NOMA) در شبکه رادیویی شناختی در مقاله [۸] بررسی شده است. در سیستم در نظر گرفته شده، گره پهپاد جریان‌های داده را با استفاده از پروتکل NOMA تحت محدودیت تداخل به کاربر اصلی به چندین کاربر ثانویه منتقل می‌کند. به منظور به حداکثر رساندن نرخ مجموع همه کاربران ثانویه، مسیر پهپاد و همچنین کل توان انتقال و طرح تخصیص توان برای NOMA باید با دقت طراحی شود. ابتدا، مسئله بهینه‌سازی با تداخل و محدودیت‌های سرعت پرواز مدل‌سازی و فرمول‌بندی می‌شود. با توجه به عدم تحدب بهینه‌سازی مشترک، الگوریتم بهینه‌سازی جایگزین پیشنهاد شده است. در طول روش تکرار، طرح تخصیص توان ابتدا با ابزارهای بهینه‌سازی محدب متوالی با خط سیر پهپاد داده شده و توان انتقال کل حل می‌شود. پس از آن، با کمک طرح تخصیص بهینه‌سازی، مسیر پهپاد و همچنین

¹⁶ Zero-forcing

¹⁷ simultaneous wireless information and power transfer

¹⁸ massive machine-type communications

¹⁹ time switching

²⁰ ultra-dense networks

دوازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

12th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

کل توان انتقال با استفاده از تقریب سری تیلور بهینه سازی می شود. نتایج شبیه سازی برای تأیید همگرایی و اثربخشی الگوریتم پیشنهادی و همچنین اثرات پارامترهای سیستم ارائه شده است.

به دلیل قیمت مقرون به صرفه، تحرک بالا و قابلیت مانور انعطاف پذیر، ارتباطات به کمک وسیله نقلیه هوایی بدون سرنشین (UAV) می تواند نقش مهمی در استقرار اینترنت اشیا (IoT) در مواقع اضطراری ایفا کند. از آنجایی که عملکرد شبکه پهپاد به شدت به محل استقرار پهپاد وابسته است، طراحی مسیر به کانون تحقیقاتی در ارتباطات به کمک پهپاد تبدیل می شود. برای این منظور، یک مدل ارتباطی بی سیم چند حامل با کمک پهپاد برای سناریوهای اینترنت اشیا در مقاله [۹] پیشنهاد شده است. به طور خاص، به عنوان یک ایستگاه پایه هوایی، پهپاد سیگنال های ۲۱ OFDM را به گره های IoT ارسال می کند، در حالی که گره های IoT اطلاعات را رمزگشایی می کنند و انرژی را از سیگنال ها برداشت می کنند. پس از آن، گره های اینترنت اشیا با استفاده از انرژی برداشت شده، اطلاعات را به پهپاد منتقل می کنند. یک طرح مشترک بهینه سازی مسیر پهپاد و تخصیص منابع بر اساس OFDM پیشنهاد شده است. هدف این است که با بهینه سازی مشترک مسیر پهپاد، حامل فرعی، قدرت و تخصیص زیرشاخه، حداقل نرخ قابل دستیابی در لینک بالا را در بین تمام گره های اینترنت اشیا به حداکثر برسانیم، مشروط به نرخ جمع قابل دستیابی همه گره های اینترنت اشیا در پایین لینک است. با توجه به عدم تحذب و پیچیدگی مسئله بهینه سازی فرمول بندی شده، یک الگوریتم تکرار جایگزین برای مقابله با مشکل پیشنهاد شده است. نتایج شبیه سازی نشان می دهد که الگوریتم پیشنهادی می تواند مسیر پهپاد را بهینه کرده و با حرکت گره سازگار شود. در مقایسه با طرح های تخصیص منابع معمولی، طرح پیشنهادی نه تنها به طور قابل توجهی حداقل نرخ قابل دستیابی را افزایش می دهد، بلکه برای دو حالت پرواز نیز به خوبی کار می کند.

در [۱۰]، یک تکنیک تخصیص توان جدید برای بهبود انرژی و کارایی طیفی دستگاه های IoT با NOMA ارائه می کند. تخصیص توان بدون به خطر انداختن کیفیت خدمات (QoS) الزامات شبکه انجام می شود. با در نظر گرفتن قدرت انتقال، QoS و محدودیت های لغو تداخل متوالی (SIC)، از تکنیک برنامه نویسی درجه دوم متوالی SQP (SQP) برای حل مشکل غیر محدب استفاده می کنیم. برای ارزیابی عملکرد طرح پیشنهادی، رویکرد مبتنی بر SQP پیشنهادی را با روش بهینه سازی مبتنی بر KKT معمولی مقایسه می شود. نتایج شبیه سازی مونت کارلو را برای ارزیابی چارچوب تخصیص توان پیشنهادی خود و نشان دادن بهبود عملکرد در برابر طرح دسترسی چندگانه متعامد (OMA) ارائه می گردد. نتایج نشان می دهد که طراحی بهینه سازی توان مبتنی بر SQP به طور قابل توجهی عملکرد شبکه اینترنت اشیا فعال شده با NOMA را بهبود می بخشد.

دسترسی چندگانه غیرمتعامد (NOMA) اخیراً به دلیل کارایی طیفی برتر توجه زیادی را به خود جلب کرده است و می تواند نقشی حیاتی در بهبود ظرفیت شبکه های آینده داشته باشد. مقاله [۱۱] تخصیص منابع را برای یک سیستم MIMO-NOMA چند کاربره (MU) که هدف آن به حداکثر رساندن نرخ جمع با تکنیک تداخل ۲۳ (IA) است، در نظر می گیرد. با استفاده از IA مبتنی بر مقدار تجزیه منفرد ۲۴ (SVD)، سیستم NOMA مبتنی بر IA را پیشنهاد می شود که در آن تعدادی از کاربران با هم گروه بندی می شوند در حالی که بقیه به عنوان تداخل در فضای تهی تراز می شوند. گروه هدف از کاربران از NOMA با طرح تخصیص توان سلسله مراتبی با پیچیدگی کم برای حداکثر کردن نرخ جمع استفاده می کنند. علاوه بر این، یک مسئله بهینه سازی برای به حداکثر رساندن نرخ جمع تحت محدودیت های توان کل و انصاف متناسب فرموله شده است. یک راه حل زیر بهینه با پیچیدگی کم برای سناریوی دو کاربره به دست می آید و سپس با یک طرح کوپلینگ سلسله مراتبی به حالت چند کاربره گسترش می یابد. روش دیگری برای تخصیص توان انتقال هر کاربر با استفاده از روش زیرگروهی تکراری پیشنهاد شده است. نتایج شبیه سازی نشان می دهد که طرح های پیشنهادی عملکرد بهتری نسبت به یک طرح موجود ارائه می دهند و نزدیک به طرح بهینه عمل می کنند. علاوه بر این، سناریوی شبیه سازی موردی را در نظر می گیریم که در آن دو کاربر جریان های داده را در حین انجام IA به اشتراک می گذارند در مقایسه با موردی که همه کاربران آن را بدون IA به اشتراک می گذارند. نتایج شبیه سازی تأیید می کند که اعمال IA با NOMA می تواند نرخ جمع قابل دستیابی را بهبود بخشد و از نظر کاربرد لغو تداخل متوالی ۲۵ (SIC) سادگی را ارائه می دهد.

۳. طرح پیشنهادی

²¹ Orthogonal Frequency Division Multiplexing

²² sequential quadratic programming

²³ interference alignment

²⁴ singular decomposition value

²⁵ successive interference cancellation

دوازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

12th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

بر اساس مطالعات انجام شده در زمینه استراتژی های مختلف برای شارژ حسگرها در WRSN استفاده از شارژر متحرک MC مشکلات مختلف وجود دارد که برای برنامه ریزی و زمان بندی برای گره های بحرانی که نیازمند شارژ اضطراری هستند. یک مساله مسیر حرکت وسیله نقلیه شارژر است که ما در این مقاله از یک سیستم انتقال هوایی پهپاد بهره برده ایم تا دشواری های مسیر برای محیط های مختلف شهری و موانع جابجایی مانند درختان و ساختمان ها به خوبی کاهش دهیم و بتوانیم برای مسیر یابی با اطمینان مسیرهای مستقیم بین محل حسگر ها ایجاد کنیم. پهپادها در مقایسه سایر شارژرهای متحرک توان مصرفی بین مسیر حرکت کمتری را شامل می شوند. همچنین قادر خواهند بود در نزدیکترین فاصله از حسگر برای انتقال بیسیم انرژی قرار گیرند. بنابراین ما در این کار موقعیت حرکت پهپاد را در نزدیکی گره های حسگر برای شارژر در نظر می گیریم. این کار تلفات توان و تاخیر برای انتقال انرژی از پهپاد به گره مقصد را به کمترین مقدار خود تعدیل می کند. نکته قابل توجه دیگر در مورد استفاده از پهپاد، ثابت بودن سرعت پهپاد در طول مسیر بین گره ها است که این کار هزینه محاسبات تاخیر مسیر و انرژی مصرفی را دقیقتر و ساده تر می کند.

الف - تعیین موقعیت پهپاد

در این مورد معمولاً موقعیت در مبدا مختصات در نظر گرفته می شود و موقعیت های بعدی در طول مسیر تعیین می شود البته محل ایستگاه شارژر پهپاد را هم در مبدا تعریف می کنیم تا در هر دوره مسافرت پهپاد به آشیانه برگشته و دوباره شارژر شود و برای دوره های بعدی آماده شود.

ب- بررسی میزان شارژ ذخیره پهپاد برای مسافرت

در این مورد چک کردن توان ذخیره شده داخل باتری در هر دوره اتفاق می افتد تا به یک رویکرد بهینه برای شارژر دوباره پهپاد در ایستگاه شارژ برسیم.

ج- خوشه بندی کل گره ها بر اساس موقعیت محیطی حسگرها با کمک خوشه بندی K-mean .

در این قسمت بر اساس تعداد خوشه های معرفی شده که در این مقاله برابر ۵ می باشد گره های در موقعیت نزدیک به هم در یک گروه یا خوشه قرار می گیرند.

د- محاسبه پارامترهای تشخیص اولویت شامل

۱- تعداد گره های هر خوشه.

۲- تعداد حسگرهای بحرانی با توان باتری باقیمانده کم از ۳۰ درصد برای هر خوشه.

۳- میانگین انرژی باقیمانده گره ها در هر خوشه.

۴- فاصله متوسط گره های هر خوشه با مرکز ایستگاه شارژ.

این چهار پارامتر بر ای ورودی سیستم منطق فازی تشخیص اولویت در بازه بین ۰ و ۱ نرمالسازی می شود. حال این ورودیها به توابع عضویت سیستم فازی ارسال می شود تا بر اساس قوانین فازی تعریف شده اولویت بندی انجام شود.

ه - اولویت بندی خوشه ها برای تعیین خوشه های مسیر حرکت پهپاد با کمک منطق فازی پیشنهادی

سورت کردن خروجی سیستم فازی محاسبه شده برای هر خوشه تا اینکه ترتیب همه خوشه ها برای اولویت انتخاب مسیر انجام شود.

و - مسیریابی داخلی برای هر خوشه

در این قسمت برای هر خوشه به ترتیب اولویت تعیین شده فازی به ترتیب زیر مسیر یابی حرکت پهپاد انجام می شود.

تعیین گره های حسگر بحرانی برای هر خوشه با استانه گذاری برای انرژی باقیمانده گره ها.

تعریف تابع هدف بر اساس کوتاهترین مسیر و وزندهی مسیرها بر اساس میزان انرژی باقیمانده حسگرهای بحرانی .

تعیین مینیمم تابع هدف با کمک الگوریتم GBO

ی- بررسی تاخیر و انرژی

برای این مورد در مسیریابی نهایی دو محدودیت انرژی و تاخیر بایستی حتما در این استراتژی بررسی شود در مدل ارائه شده در این کار ابتدا محاسبه تاخیر کل جابجایی و زمان شارژ حسگرهای بحرانی طول مسیرتعیین شده انجام می شود روابط حاکم بر این محاسبات به شرح ذیل می باشد.

محاسبه زمان کار باقیمانده MCV (پهپاد):

ابتدا زمان کار باقیمانده MCV را مطابق زیر محاسبه می کنیم.

$$\text{duration}_{\text{MCV}} = \left(\sum_{i=1}^n d_{i-1,i} + d_{n,0} \right) / v + \sum_{i=1}^n \tau_i \quad (1)$$

دوازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

12th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

که در آن i -di-1 نشان دهنده فاصله بین دو گره، $dn,0$ نشان دهنده ایستگاه تعمیر و نگهداری، v سرعت حرکت MCV است، و t_i نشان دهنده مدت زمان MCV زمانی است که نزدیک گره i می ماند. هنگامی که زمان کار باقیمانده بیشتر از مدت زمان MCV باشد، گره اطمینان حاصل می کند که همیشه کار می کند [۱۲].
محاسبه حداقل زمان کار باقیمانده سنسور:
حداقل زمان کار باقیمانده سنسور در WRSN با رابطه زیر محاسبه می شود.

$$reT_{\min} = \min \left(\frac{E_i(m)}{p_i(m)} \right) \quad 1 \leq i \leq n \quad (2)$$

که در آن $E_i(m)$ انرژی باقیمانده گره i ام در خوشه m ام و $p_i(m)$ نشان دهنده توان گره i ام است.
در این جا شرط بر قراری استراتژی پیشنهادی این است که زمان باقیمانده کار پهباد از مینیمم مقدار زمان کار باقیمانده حسگرها کمتر باشد. با این محدودیت شرط همگرایی و تصدیق مسیر تعیین شده در این دوره تایید و برای اجرا به مرحله بعد می رود و گرنه بایستی دوباره استراتژی پیشنهادی برای ردیابی مسیر جدید اجرا شود. با اعمال این شرط در روش پیشنهادی احتمال مرگ گره های حسگر به صفر خواهد رسید.

بعد از اعمال شرط تاخیر در مرحله اول نوبت به محاسبه انرژی مصرفی برای مسیر پیشنهادی، می رسد. در این مرحله دو مساله شارژ انرژی و تلفات انرژی توسط پهباد بر حسب طول مسیر محاسبه می شود.

۴. مدل شارژ انرژی

مدل شارژ انرژی به عنوان مدل فضای آزاد فریس در [۲۰] تعریف شده است [۱۳].

$$P_r(d) = \frac{G_{tx} G_{rx} \eta}{L_p} \left(\frac{\lambda}{4\pi(d + \delta)} \right)^2 P_{tx} \quad (3)$$

که در آن G_{tx} بهره آنتن منبع است، G_{rx} بهره آنتن گیرنده است، η نشان دهنده بازده یکسو کننده است، L_p نشان دهنده از دست دادن پلاریزاسیون، λ طول موج، d فاصله شارژ پهباد با گره حسگر است که در این کار برابر ۱ متر تعریف شده است، δ مقدار ۰.۲۳۱۶ به عنوان پارامتر برای تنظیم معادله فضای آزاد فریس برای انتقال در فاصله کوتاه، و P_{tx} قدرت منبع MCV است. یک توان مصرفی برای باقیمانده پهباد برای هر سنسور قابل محاسبه می باشد که این مقاله با Puav معرفی می شود.

۵. مدل انرژی مصرفی در طول مسافت پهباد:

برای محاسبه انرژی مصرفی در طول مسافت طی شده توسط پهباد، به دلیل سرعت یکسان حرکت این مقدار انرژی هم در طول مسیر ثابت است. برای مدلسازی هم در این مورد از رابطه زیر میزان انرژی مصرفی محاسبه می شود:

$$E_{tour} = \alpha \cdot L \quad (4)$$

که در اینجا L کل طول مسافت طی شده در طول مسافت یک دوره شارژ می باشد. و α ضریب انرژی مصرفی MCV در طول مسیر خواهد بود که برای پهباد در این مقاله برابر 0.3 j/m فرض شده است.

بر این اساس مقدار کل انرژی مصرفی در طول مسیر تور یک دوره مشخص به صورت زیر محاسبه می شود:

$$E_{tot} = E_{tour} + \sum_{i=1}^N P_{UAV} \cdot T_i + E_r \quad (5)$$

که E_r انرژی مورد نیاز برای شارژ کامل گره حسگر می باشد و T_i مقدار ماندن شارژر در کنار گره حسگر i می باشد و با رابطه زیر محاسبه می شود.

$$T_i = E_r / P_r(i) \quad (6)$$

برای عملی شدن استراتژی پیشنهادی در این مقاله بایستی در روش پیشنهادی انرژی کل مصرفی از مقدار انرژی شارژ شده دوره ای پهباد کمتر باشد، تا MCV بتواند به طور کامل هم گره های بحرانی را شارژ کند و هم به ایستگاه شارژ برگردد.

۵.۱ سیستم منطق فازی پیشنهادی

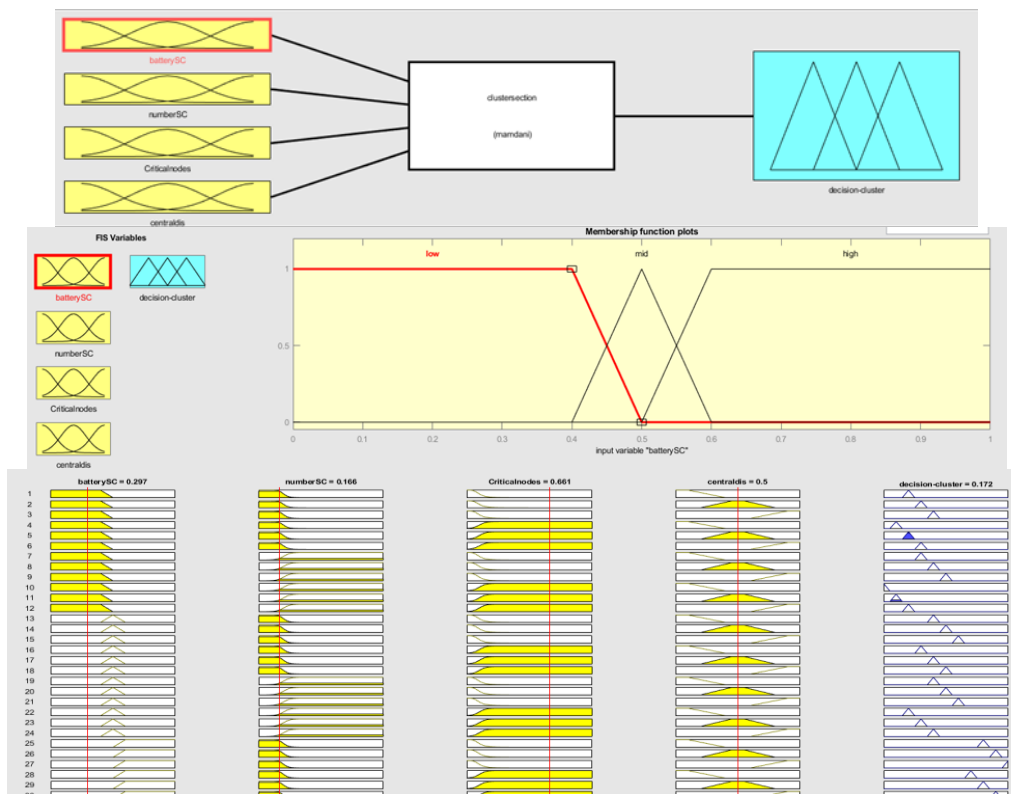
در این بخش سیستم اولویت بندی خوشه ها با ۴ پارامتر تعریف شده در قسمت قبل و قوانین فازی ارائه می شود. در این مورد ما از پارامتر تعداد گره های هر خوشه و تعداد گره های بحرانی با توان باقیمانده کمتر از ۳۰ درصد و میانگین انرژی گره ها در خوشه و فاصله هر خوشه با مرکز تعمیر و نگهداری که در مبدا مختصات معرفی شده است بعنوان ورودی سیستم فازی نوع ممدانی استفاده شده است. با

دوازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

12th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senacnf.ir

توجه به تعداد کل گره های شبکه حسگر قابل شارژ و ابعاد محیط بایستی این چهار پارامتر برای بازه $[0,1]$ برای ورودی سیستم فازی تعیین اولویت نرمالسازی نمود. شکل ۶ ساختار و توابع عضویت ورودی و خروجی برای سیستم فازی تعریف شده را نمایش می دهد. در این منطق فازی از توابع عضویت مثلثی و دوزنقه ای و گاووسین استفاده شده است. جدول ۱ هم قوانین نگارش شده برای انتخاب خوشه و اولویت بندی نمایش میدهد. در این مرحله برای شبکه WRSN به تعداد خوشه ها عملیات فازی سازی انجام شده و مقدار نهایی حاصل می شود. سپس بر اساس اولویت تعریف شده در این کار و با مرتب سازی صعودی خروجی های هر خوشه ترتیب قرارگیری برای مسیر پهباد معرفی می شود. شماره گذاری خوشه ها به ترتیب کمینه به بیشینه براساس خروجی فازی هر خوشه معرفی می شود.



شکل الف- سیستم فازی پیشنهادی. ب- نمونه اجرای قوانین فازی.

دوازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

12th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senacnf.ir

Table 1. fuzzy rule based on Fuzzy

1. If (batterySC is low) and (numberSC is low) and (Criticalnodes is low) and (centraldis is low) then (decision-cluster is 2) (1)
2. If (batterySC is low) and (numberSC is low) and (Criticalnodes is low) and (centraldis is mid) then (decision-cluster is 3) (1)
3. If (batterySC is low) and (numberSC is low) and (Criticalnodes is low) and (centraldis is high) then (decision-cluster is 4) (1)
4. If (batterySC is low) and (numberSC is low) and (Criticalnodes is high) and (centraldis is low) then (decision-cluster is 1) (1)
5. If (batterySC is low) and (numberSC is low) and (Criticalnodes is high) and (centraldis is mid) then (decision-cluster is 2) (1)
6. If (batterySC is low) and (numberSC is low) and (Criticalnodes is high) and (centraldis is high) then (decision-cluster is 3) (1)
7. If (batterySC is low) and (numberSC is high) and (Criticalnodes is low) and (centraldis is low) then (decision-cluster is 3) (1)
8. If (batterySC is low) and (numberSC is high) and (Criticalnodes is low) and (centraldis is mid) then (decision-cluster is 4) (1)
9. If (batterySC is low) and (numberSC is high) and (Criticalnodes is low) and (centraldis is high) then (decision-cluster is 5) (1)
10. If (batterySC is low) and (numberSC is high) and (Criticalnodes is high) and (centraldis is low) then (decision-cluster is 0) (1)
11. If (batterySC is low) and (numberSC is high) and (Criticalnodes is high) and (centraldis is mid) then (decision-cluster is 1) (1)
12. If (batterySC is low) and (numberSC is high) and (Criticalnodes is high) and (centraldis is high) then (decision-cluster is 2) (1)
13. If (batterySC is mid) and (numberSC is low) and (Criticalnodes is low) and (centraldis is low) then (decision-cluster is 4) (1)
14. If (batterySC is mid) and (numberSC is low) and (Criticalnodes is low) and (centraldis is mid) then (decision-cluster is 5) (1)
15. If (batterySC is mid) and (numberSC is low) and (Criticalnodes is low) and (centraldis is high) then (decision-cluster is 6) (1)
16. If (batterySC is mid) and (numberSC is low) and (Criticalnodes is high) and (centraldis is low) then (decision-cluster is 3) (1)
17. If (batterySC is mid) and (numberSC is low) and (Criticalnodes is high) and (centraldis is mid) then (decision-cluster is 4) (1)
18. If (batterySC is mid) and (numberSC is low) and (Criticalnodes is high) and (centraldis is high) then (decision-cluster is 5) (1)
19. If (batterySC is mid) and (numberSC is high) and (Criticalnodes is low) and (centraldis is low) then (decision-cluster is 4) (1)
20. If (batterySC is mid) and (numberSC is high) and (Criticalnodes is low) and (centraldis is mid) then (decision-cluster is 5) (1)
21. If (batterySC is mid) and (numberSC is high) and (Criticalnodes is low) and (centraldis is high) then (decision-cluster is 6) (1)
22. If (batterySC is mid) and (numberSC is high) and (Criticalnodes is high) and (centraldis is low) then (decision-cluster is 2) (1)
23. If (batterySC is mid) and (numberSC is high) and (Criticalnodes is high) and (centraldis is mid) then (decision-cluster is 3) (1)
24. If (batterySC is mid) and (numberSC is high) and (Criticalnodes is high) and (centraldis is high) then (decision-cluster is 4) (1)
25. If (batterySC is high) and (numberSC is low) and (Criticalnodes is low) and (centraldis is low) then (decision-cluster is 8) (1)
26. If (batterySC is high) and (numberSC is low) and (Criticalnodes is low) and (centraldis is mid) then (decision-cluster is 9) (1)
27. If (batterySC is high) and (numberSC is low) and (Criticalnodes is low) and (centraldis is high) then (decision-cluster is 10) (1)
28. If (batterySC is high) and (numberSC is low) and (Criticalnodes is high) and (centraldis is low) then (decision-cluster is 7) (1)
29. If (batterySC is high) and (numberSC is low) and (Criticalnodes is high) and (centraldis is mid) then (decision-cluster is 8) (1)
30. If (batterySC is high) and (numberSC is low) and (Criticalnodes is high) and (centraldis is high) then (decision-cluster is 9) (1)
31. If (batterySC is high) and (numberSC is high) and (Criticalnodes is low) and (centraldis is low) then (decision-cluster is 8) (1)
32. If (batterySC is high) and (numberSC is high) and (Criticalnodes is low) and (centraldis is high) then (decision-cluster is 9) (1)
33. If (batterySC is high) and (numberSC is high) and (Criticalnodes is high) and (centraldis is low) then (decision-cluster is 10) (1)
34. If (batterySC is high) and (numberSC is high) and (Criticalnodes is high) and (centraldis is mid) then (decision-cluster is 6) (1)
35. If (batterySC is high) and (numberSC is high) and (Criticalnodes is high) and (centraldis is high) then (decision-cluster is 7) (1)
36. If (batterySC is high) and (numberSC is high) and (Criticalnodes is high) and (centraldis is high) then (decision-cluster is 8) (1)

prioritization

۶. مسیر یابی با الگوریتم GBO

بعد از انتخاب و اولویت بندی خوشه ها در هر خوشه گره های حساس و بحرانی که دارای انرژی باقیمانده کمتر از ۳۰ درصد انتخاب و برای شارژ توسط پهپاد برجسته و فعال می شوند. در این مرحله برای هر خوشه به ترتیب اولویت فازی مسیر پهپاد با کمک یک الگوریتم بهینه سازی مبتنی بر گرادینان برای تابع هدف پیشنهاد شده زیر تعیین می شود در خوشه اول موقعیت اولیه پهپاد را آشیانه انتخاب کرده که در مرکز تعمیر و نگهداری در مبدا مختصات با موقعیت ۰ و ۰ معرفی می شود و برای خوشه های بعدی موقعیت اولیه محل آخرین گره مسیر یابی شده در خوشه قبل معرفی می شود. مبنای تعریف تابع هدف در هر خوشه طول مسیر گره های انتخاب شده و وزن دهی هر گره حسگر بحرانی بر اساس تابع تعریف شده مدل ریاضی زیر می باشد.

$$fitnessfunction = \sum_{k=1}^{n-1} 2^{ROC(z^{(k)})} \times \sqrt{[x(z(k+1)) - x(z(k))]^2 + [y(z(k+1)) - y(z(k))]^2} \quad (7)$$

که در این جا Z شماره گره ها انتخابی تحت الگوریتم در خوشه می باشد و ROC میزان نسبی توان باقیمانده گره های انتخابی Z می باشد که در بازه ۰ و ۱ تعریف شده است. در ادامه کد متلب تابع آورده شده است:

```
function dist = toumeter(x0,y0,Z,net,ROC)
x = net.x;
y = net.y;
dist = sqrt(x0^2+y0^2)+sqrt((x(Z(1))-x0)^2+(y(Z(1))-y0)^2)*2^(ROC(Z(1)));
for i = 2:numel(Z)
dist = dist + sqrt((x(Z(i))-x(Z(i-1)))^2+(y(Z(i))-y(Z(i-1))))^2)*2^(ROC(Z(i)));
end
end
```

۶. شبیه سازی و نتایج

در این بخش، آزمایش های شبیه سازی گسترده ای را برای ارزیابی عملکرد WRSN انجام می دهیم.

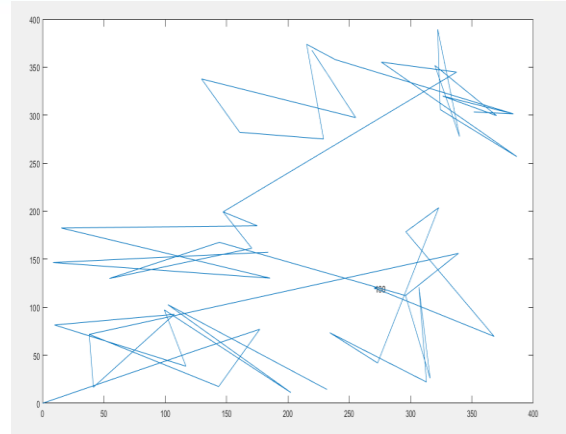
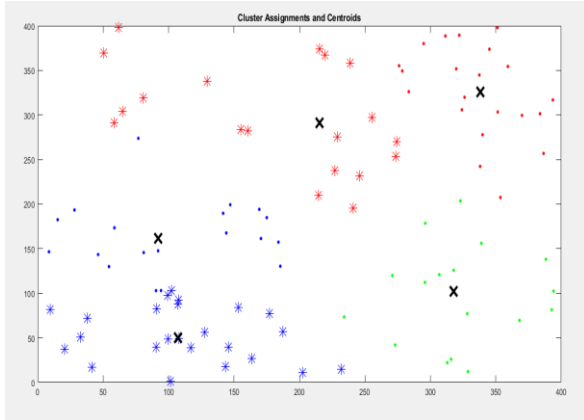
۶.۱ مدل مورد مطالعه و شبیه سازی

همانطور که در جدول ۲ نشان داده شده است، ما به طور تصادفی {۱۰۰} گره را در یک میدان مربع ۴۰۰ متری و ۴۰۰ متری مستقر می کنیم. مختصات ایستگاه تعمیر و نگهداری در (۰، ۰) است و شارژ پهپاد در آن انجام می شود. اطلاعات گره ها، پس از گرفتن توسط گره های جداگانه، به مرکز ایستگاه رله می شود. گره حسگر زمانی که انرژی باقیمانده زیر آستانه باشد، درخواست

دوازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

12th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

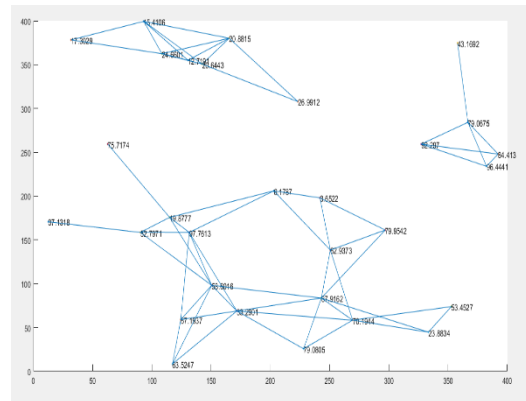
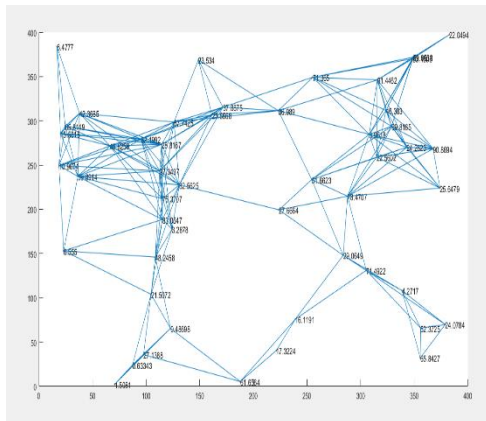
senacnf.ir



ب

الف

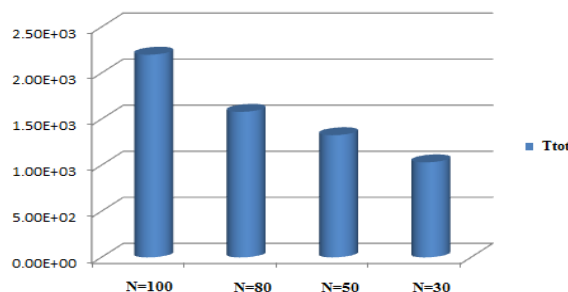
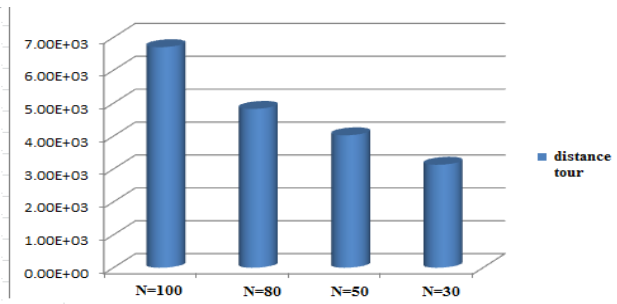
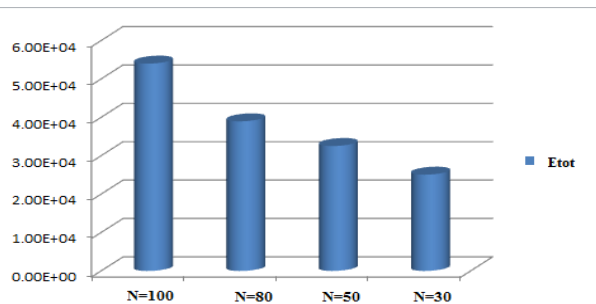
شکل ۲- نمایش نتایج مسیریابی و خوشه بندی برای شبکه با ۱۰۰ گره.



ب) ۵۰ گره

الف) ۳۰ گره

شکل ۳- نمایش شبکه حسگر قابل شارژ بیسیم با ۳۰ و ۵۰ گره.



شکل ۵- نمودار میله ای مقایسه نتایج برای انرژی مصرفی و فاصله و زمان مسافرت با تغییر تعداد گره های حسگر.

دوازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

12th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

جدول ۳- مقایسه الگوریتم های مختلف برای شبکه با ۱۰۰ گره حسگر.

پارامترها	GA	GBO
انرژی کل مصرفی	7.30E+04	5.40E+04
مسافت کل طی شده در تور	8.10E+03	6.70E+03
تاخیر کل مسافرت	2.95E+03	2.20E+03

۷. نتیجه گیری و پیشنهاد

در این مطالعه، یک الگوریتم شارژ بیسیم بر اساس تقاضا با کمک پهپاد مبتنی بر سیستم منطق فازی و الگوریتم بهینه سازی مبتنی بر گرادیان به نام Fuzzy-GBO پیشنهاد شده است. با استفاده از استراتژی ترکیبی خوشه بندی مبتنی بر منطق فازی و الگوریتم مسیر یابی GBO، Fuzzy-GBO می تواند به پهپاد در دستیابی به برنامه ریزی مسیر مستقل کمک کند. علاوه بر این، Fuzzy-GBO به طور کامل عملکرد پهپاد را با انرژی محدود و پاسخ به درخواست های شارژ را در نظر می گیرد. بنابراین، Fuzzy-GBO می تواند عملکرد پهپاد و شبکه های حسگر را بهبود بخشد و سپس آزمایش هایی برای تأیید عملکرد Fuzzy-GBO انجام می شود، که با الگوریتم های کلاسیک شارژ بر اساس تقاضا مقایسه می شود. نتایج شبیه سازی نشان می دهد که Fuzzy-GBO به خوبی طراحی شده است و می تواند به طور موثر طول عمر شبکه ها و همچنین استفاده از انرژی پهپاد را تحت انرژی محدود پهپاد افزایش دهد. ما بیشتر تجزیه و تحلیل می کنیم که چگونه پارامترها بر SRL-FA تأثیر می گذارند، مانند تعداد گره های حسگر، سرعت پهپاد و تعداد خوشه ها. در آینده قصد داریم با استفاده از پهپادهای متعدد و با توجه به پویایی مصرف انرژی گره های حسگر، این کار را گسترش دهیم. همچنین عدم قطعیت های مصرف انرژی و شرایط شارژ مختلف برای هر گره حسگر بررسی می شود. ممکن است منجر به همکاری بیشتر در بین آنها برای رسیدگی به مشکلات عملی تر در WRSN ها شود.

منابع

1. H. Sun, F. Zhou, and R. Q. Hu, "Joint offloading and computation energy efficiency maximization in a mobile edge computing system," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 68, no. 3, pp. 3052–3056, Jan. 2019.
2. Z. Wang, Z. Lin, T. Lv, and W. Ni, "Energy-Efficient Resource Allocation in Massive MIMO-NOMA Networks with Wireless Power Transfer: A Distributed ADMM Approach," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 8, pp. 14232-14247, 2021.
3. H. Xie and Y. Xu, "Robust resource allocation for NOMA-assisted heterogeneous networks," *Digital Communications and Networks*, vol. 8, pp. 208-214, 2022.
4. G. Li, Z. Hong, Y. Pang, Y. Xu, and Z. Huang, "Resource allocation for sum-rate maximization in NOMA-based generalized spatial modulation," *Digital Communications and Networks*, 2022.
5. D. Zhai, H. Li, X. Tang, R. Zhang, and H. Cao, "Joint position optimization, user association, and resource allocation for load balancing in UAV-assisted wireless networks," *Digital Communications and Networks*, 2022.
6. E. Simon, J. Farah, P. Laly, and G. Delbarre, "A Gradual Resource Allocation Technique for Massive MIMO-NOMA," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 2021.
7. J. Tang, J. Luo, M. Liu, D. K. So, E. Alsusa, G. Chen, et al., "Energy efficiency optimization for NOMA with SWIPT," *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, vol. 13, pp. 452-466, 2019.
8. L. Zhang, G. Zhang, X. Zhao, Y. Li, C. Huang, E. Sun, et al., "Resource allocation for energy efficient user association in user-centric ultra-dense networks integrating NOMA and beamforming," *AEU-International Journal of Electronics and Communications*, vol. 124, p. 153270, 2020.
9. D. Deng and M. Zhu, "Joint UAV trajectory and power allocation optimization for NOMA in cognitive radio network," *Physical Communication*, vol. 46, p. 101328, 2021.
10. Z. Na, M. Zhang, J. Wang, and Z. Gao, "UAV-assisted wireless powered Internet of Things: Joint trajectory optimization and resource allocation," *Ad Hoc Networks*, vol. 98, p. 102052, 2020.
11. W. U. Khan, F. Jameel, M. A. Jamshed, H. Pervaiz, S. Khan, and J. Liu, "Efficient power allocation for NOMA-enabled IoT networks in 6G era," *Physical Communication*, vol. 39, p. 101043, 2020.
12. Z. Q. Al-Abbasi, D. K. So, and J. Tang, "Resource allocation for MU-MIMO non-orthogonal multiple access (NOMA) system with interference alignment," in *2017 IEEE International Conference on Communications (ICC)*, 2017, pp. 1-6.
13. T. Zou et al., Energy-efficient control with harvesting predictions for solar-powered wireless sensor networks, *Sensors* 16 (2016), no. 1, 53:1–53:31.