نشریه علمی-تخصصی
پژوهش های نوین علوم مهندسی
ISSN: 2538-3809
سال هفتم، شماره ۳ (پیاپی: ۳۹)، پاییز ۱۴۰۱

ارتباط هواپیماهای بدون سرنشین با ایستگاه‌های پایه با استفاده از شبکه‌های حسگر بی‌سیم در عملیات‌های نظامی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۲۸
کد مقاله: ۶۳۹۵۶

احمدرضا حقیقی[۱*]، محمد مهدی نوروزیان [۲]

چکـــیده

این مقاله امکان استفاده از وسایل هوایی بدون سرنشین با استفاده از شبکه های حسگر بیسیم در عملیات های نظامی و مختلف مانند: ردیابی حرکات دشمنان یا محافظت کردن از نیروها و تجهیزات را بررسی می‌کند. وسایل هوایی بدون سرنشین (UAV) می تواند به عنوان عناصر اولیه شبکه های حسگر یا شبکه های موجود توسعه یافته درنظر گرفته شوند که بسیار انعطاف‌پذیر هستند و چرخه کارکرد آن‌ها به طور چشمگیری به دلیل مصرف کمتر انرژی در گره های حسگر ساکن طولانی تر است. در این مقاله ساختار های معمولی متعددی را که شبکه حسگر بی‌سیم در آن دخیل است را معرفی کرده و مزایای استفاده از این شبکه ها و چالش‌های احتمالی را مورد بررسی قرار داده ایم.

واژگـان کلـیدی: عملیات‌های نظامی، پرنده‌های بدون سرنشین، شبکه‌های حسگر بی‌سیم، ایستگاه مرکزی

۱- مدیرگروه علوم پایه و عمومی دانشکده شهید شمسی پور *ah.haghighi@gmail.com*
۲- محمدمهدی نوروزیان، دانش آموخته کارشناسی مهندسی کامپیوتر، دانشکده شهید شمسی پور (نویسنده مسئول)

۱- مقدمه

شبکه های حسگر بی سیم یا WSN به طور چشمگیری به بخش مهمی از سیستم های مخابراتی و ارتباطاتی دوربرد تبدیل شده اند که در بسیاری از اعمال نظامی کاربرد دارند، از اصلی ترین مزایای استفاده از WSNها در شرایط عملیات نظامی میتوان به سریع، آسان و ارزان بودن ساخت زیر بنا در محدوده، بدون نیاز به ایجاد پوشش اشاره کرد. این شبکه ها برای موارد خاص ساخته شدند پس به هیچ ساختار از قبل تعریف شده ای نیاز ندارند. نقش WSN از زمانی که روش های جنگی سنتی به جنگ به اصطلاح نا متقارن تبدیل شدند، مهم تر شده است. نبردهای نا متقارن با بهره گیری از فناوری های پیشرفته و ابزارهای سایبری راه جدید ایجاد جنگ با حضور کمترین تعداد انسان ها که باعث کاهش مرگ و میر انسانی میشود را فراهم کرده است. شبکه های حسگر بی سیم، تراکم کار اپراتورها را کاهش میدهند در حالی که مقاومت خوبی را فراهم میسازند که از این طریق سرباز ها را برای کارهای دیگر و حضور در جبهه های مهم تر آزاد میکنند (Lamont, Toulgoat, Déziel, Patterson, 2011). داده های دریافتی مهم این مفهوم برای تعداد زیادی از اطلاعات مرتبط با میدان جنگ ضروری است، که در واقعیت برای تامین سیستم تصمیم گیری در بخش کنترل برده میشوند. شبکه های حسگر بی سیم متشکل از تعداد زیادی از حسگر های ساکن و ارزان است که در منطقه جغرافیایی موردنظر پراکنده شده اند. حسگر ها وظیفه ی به تصویر کشیدن محیط و ثبت و ضبط کردن اطلاعات مخصوص مانند: تشخیص حرکت دشمن، شناسایی نیرو های دشمن، حفاظت مرزی، تشخیص وسایل، گاز های سمی، مین های زمینی، جایگاه تک تیر انداز ها و ... دارند (Winkler, Hughes, Barclay, 2008). آنها اطلاعات مورد نیاز برای هماهنگی و برنامه ریزی و فعالیت آرایش نیرو ها، که بخش دفاعی قلمرو را تشکیل میدهند فراهم کرده و به مرکز پردازش داده ارسال میکنند.

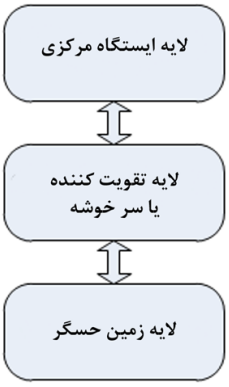
حسگر های موجود در میدان می توانند متحرک هم باشند، متحرک بودن این حسگرها و کارگذاری گره ها با پوشاندن افراد با گره ها یا پوشیدن وسایل مخصوص مجهز به حسگر میسر می شود. وقتی درباره متحرک بودن حرف میزنیم اولین گروهی که به ذهن می رسد شبکه های حسگر بدنی (Body Sensor Networks) است که تمام سربازان در میدان جنگ به حسگر های مناسب تجهیز می‌شوند و اطلاعاتی مانند دمای بدن ضربان قلب، فشار خون، مقدار آب، سطح استرس، خواب آلودگی و مسمومیت و ظرفیت حجم کار را جمع آوری و ثبت می کند. دومین گروه های متحرک حسگر هایی هستند که در وسایل کارگذاری میشوند. حسگرهای متحرک در به کارگیری وسایل حمل نقل زمینی بدون سرنشین (UGV) که برای طی کردن سطح زمین و وسایل هوایی بدون سرنشین (UAV) برای پرواز که در هوا میسر می شود، اطلاعات جمع آوری شده به پایگاه اصلی BS انتقال داده و به سمت مکان هایی که قرار است عملیات انجام شود هدایت میشود. پایگاه اصلی معمولاً در جای امنی قرار دارد، به علاوه حسگرهای ساکن معمولاً در بخش هایی قرار دارند که نزدیک به خط سرحد با دشمن است یا در قلمرو تحت کنترل نیروهای دشمن است که دسترسی به آن ها غیر ممکن بوده است. انرژی مورد نیاز حسگر ها توسط باتری تامین می شود، باتری هایی که معمولا غیر قابل تعویض اند علاوه بر این احتمال آسیب فیزیکی برای گره های حسگر چه عمدا و چه سهوا وجود دارد، که این اتفاق باعث مجزا شدن گره ها از هم شده و باعث عدم گزارش اطلاعات کافی به کاربران نهایی (End-Users) می شود. به خاطر ارتباط از دست رفته بین آنها، این سیستم به صورت یکپارچه باید ۲۴ ساعت شبانه روز و در تمام شرایط جوی فعال باشد و طول عمر هر حسگر به طور جداگانه کاملاً غیر قابل پیش بینی است. این اتفاق ممکن است موجب مختل شدن کل شبکه حسگر شود. بعضی از بخشهای WSNها که برای اعمال نظامی مورد استفاده قرار می گیرد معمولاً حداقل برای استفاده یک یا دوماه طراحی شده اند (Gupta, Mishra, 2015). امکان جابجایی جایگاه حسگرها مورد استفاده در وسایل بدون سرنشین از شبکه‌های گره های ساکن بیشتر است (Popović, Đukanović, 2017). حسگر های متحرک می توانند مستقیما به وسیله اتصال پر سرعت (High-Speed Links) با یکدیگر تبادل کند و روند و فرایند قدرتمندتری دارند.

در بسیاری از عملیات های نظامی استفاده از وسایل به جای انسان ها برای جابجایی حسگرها موثرتر است. وسایل هوایی بدون سرنشین متحرک دستگاههای ارزانی هستند که وسعت زیادی از یک ناحیه را با ارتفاع زیاد و به طور گسترده و موثر پوشش میدهند. پیشرفت این وسایل در ابتدا با تجمیع عملیات های مختلف با رویکرد نظامی صورت گرفت، بعدها این عملیات ها به رویکردهای غیر نظامی توسعه یافتند که یکی از جالب ترین زمینه های این اعمال، شبکه های حسگر بیسیم نظامی و غیرنظامی است. وسیله های هوایی بدون سرنشین در شبکه حسگر های بیسیم به عنوان عناصر اصلی شبکه یا به عنوان نسخه پیشرفته شبکه برای گره های حسگر ساکن مورد استفاده قرار میگیرند. در مورد دوم UAV ها به عنوان خوشه اصلی متحرک که نقش آن انباشت کردن اطلاعات جمع شده از گره های حسگر ها یا حتی به عنوان پایگاه اصلی که تمام اطلاعات شبکه را جمع آوری می کند، مورد استفاده قرار میگیرند. به طور کلی میتوانیم بگوییم UAV ها و شبکه های حسگر بی سیم تکنولوژی های مکمل یکدیگر هستند که شبکه فعالیت تکمیلی به علاوه ماموریت نظامی اصلی است. هواپیماهای بدون سرنشین به عنوان دستگاه های متحرک مناطق وسیع تری را نسبت به حسگرهای ساکن پوشش می دهند. مزیت استفاده از WSNها در هواپیماهای بدون سرنشین به خصوص در عملیات های نظامی بسیار جالب است، این شبکه ها به سرعت مستقر میشوند وخیلی راحت تر باز تنظیم میشوند چرا اتصالات بر پایه دید خطی ساخته شده، تشعشع کننده تشخیص برد آنها کوتاه تر است، مقدار پوشش منطقه و مصرف نیرو به طور چشمگیری کم است. آنها منحصراً برای ماموریت های کوتاه مدت و غیر منتظره مناسب اند، به علاوه کوچک بودن

UAV ها باعث غیر قابل رویت بودن آنها برای نیروهای دشمن میشود در این مقاله ما ساختارهای مختلف از شبکه های حسگر بی سیم مورد استفاده در UAVها را نشان خواهیم داد و امکان استفاده از آنها و مشکلاتی را که لازم است به آن اشاره کنیم ارائه خواهیم داد.

۲- مرور کلی بر معماری

هواپیماهای بدون سرنشین (UAV) در شبکه حسگر بی سیم می توانند در سطح های مختلف از شبکه مورد استفاده قرار بگیرد در پایین ترین سطح UAV میتواند نقش گره های حسگر های متحرک را بازی کنند که وظیفه اولیه آن خواندن اطلاعات مختلف از ناحیه مورد نظر و هدایت ان به سمت مرکز پردازش است. کاربرد UAV ها در این سطح توسعه حسگر های بیرونی نواحی و مناطق تجهیز شده به حسگر های ساکن است. علاوه بر این ، این تدبیر در صورت لزوم میتواند دقت بیشتری را در مشاهدات فراهم کند. UAV ها میتوانند جای حسگرهایی را که به دلیل از دست دادن اتصال یا آسیب فیزیک منقضی شده اند را پر کنند، میتوانند آسیب های گره هارا تعمیرکرده و سیستم مشاهداتی را پا برجا نگه دارند، میتوانند برای جمع آوری اطلاعات از میدان استفاده شوند. آنها میتوانند از دوربین هایی با وضوح بالا استفاده کنند. متحرک بودن UAV ها شارژ مجدد منبع تغذیه با استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر را ممکن میسازد، که این امر در شبکه های بی سیم با حسگرهای ساکن ممکن نیست . مسیر UAV ها که در آسمان میدان های حسگر گذاری شده پرواز میکنند میتواند با توجه به اطلاعات موجود در میدان تغییر کند (Mejias, Allred, 2017).



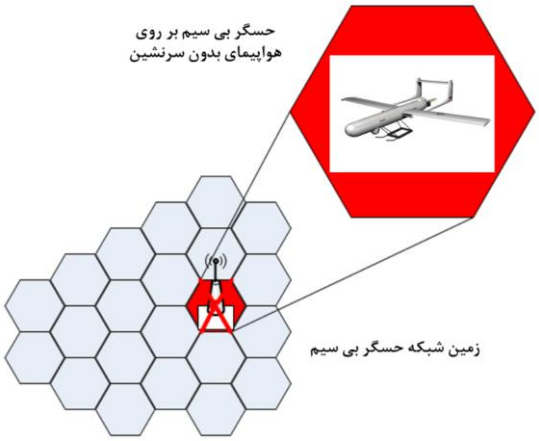
شکل ۱– سطوح شبکه حسگر بی‌سیم

جایگاه و خط مسیر پرواز UAV ها میتواند به طرز پویا، طوری تنظیم شود که در بهترین حالت منابع و نیاز های مشاهدات را تامین یا کل شبکه را بهینه سازی کند. حسگر های ساکن در میدان جنگ معمولا با استفاده از هواپیما ها و ادوات دشمن نابود میشوند و جایگاه آنها به خوبی تعیین نشده پس شبکه های حسگر بیسیم یک شبکه چند تراکمی است، یعنی بعضی از بخش های شبکه پر تراکم و بعضی از بخش های آن کم تراکم اند.

۳- مبانی نظری

احتمال اینکه بخشی از شبکه حسگر های ساکن به دلایل تخریب عمدی، کمبود انرژی و یا خرابی حسگر، به کلی از کار بیافتد وجود دارد (Merwaday, Guvenc, 2015). بنابراین بخش هایی از قلمرو میتواند بدون مراقب بماند. به علاوه، مکان های بسیار مهم به حسگر های بیشتر نیاز دارند. در این شرایط، استفاده از UAV ها موثر ترین و سریع ترین راه برای پوشش منطقه ای است که نظارت و مراقبت در آن متوقف شده است. تعداد مورد نیازی از UAV ها با توجه به وسعت و اهمیت بخش بدون پوشش قلمرو به آنجا ارسال میشوند تا کاملا جای خالی حسگرهای ساکن را پر کنند.UAV های باقی مانده نیز در لایه های سطح دوم یا سوم شبکه مورد استفاده قرار میگیرند. اگر UAV ها در سطح دوم شبکه های حسگر بی سیم استفاده شوند، تمام تبادلات با پایگاه مرکزی توسط آنها انجام میشود و مشاهده کردن زمین همچنان توسط حسگر های ساکن که به طور تصادفی گروه بندی شده اند انجام میگیرد. شبکه های حسگر بیسیم معمولا دارای ساختار سلسله مراتبی هستند. کل شبکه به شکل خوشه ای (Clustered) سازماندهی شده است. هر خوشه، سر خوشه خود را دارد (Cluster Head) که تمام تبادلات را با پایگاه اصلی انجام می دهد و در یک جایگاه امن و دور از دسترس قرار گرفته است و معمولا به طور بصری به مرکز اطلاعات عملیات متصل است. سازماندهی سلسله مراتبی شبکه، ساختار خوشه ای را میسر میکند که انتخاب سرخوشه ها با یک الگوریتم نام آشنا صورت میگیرد (Popovic, 2016). بیشتر مصرف انرژی در هر دور، دارای گره هایی هستند که سر خوشه دور خود هستند.و فقط سرخوشه ها امکان تبادل اطلاعات مستقیم با پایگاه اصلی را دارند. مصرف انرژی سر خوشه ها طی تبادلات با پایگاه اصلی ، با توجه به شرایط میدان و مسافت افزایش می‌یابد. در شبکه‌های ساکن (Static) معمولا جایگزین کردن باتری های خالی غیر ممکن است به خصوص اگر در منطقه جنگی آرایش گرفته باشند، بنابراین در شبکه‌های حسگر بیسیم، نقش سرخوشه در فواصل معین متغیر است پس مصرف انرژی بین تمام حسگر های شبکه به طور مساوی تقسیم میشود (Heinzelman, Chandrakasan, 2000). در این صورت طول عمر شبکه تا حد ممکن افزایش میابد.

یک شبکه حسگر بی سیم که فقط از حسگر های ساکن تشکیل شده است، شبکه تک بعدی را ارائه میدهد که هر شخص یا دستگاهی میتواند به طور دائم یا موقت اتصال را قطع یا دسترسی به آن را مشکل کند. نه تنها تاخیری در حسگر های پنهان شده وجود ندارد بلکه تمام اطلاعات به دست آمده توسط حسگر های دیگر به خوشه مقصد نهایی هدایت میشود.



شکل ۲– پوشش منطقه خارج از دسترس هواپیمای بدون سرنشین

۴- روش تحقیق

روش تحقیق این مقاله از نوع تحلیلی است که فرآیند تحقیق تجربی – تحلیلی که بر تجزیه یک کل متمرکز است و آن را به چند قسمت یا عنصر تقسیم می کند تا علل ، ماهیت و اثرات آن را تعیین کند. تعریف تحلیل ، مطالعه و بررسی یک واقعیت یا شی خاص است ، بیشترین کاربرد را در زمینه علوم اجتماعی و علوم طبیعی دارد. به همین دلیل ، اصلی ترین چیزی است که برای برای انجام یک روش تحلیلی شناختن ماهیت پدیده ضروری است و از شیئی که برای درک ماهیت آن و تحقیق مناسب مورد مطالعه قرار می گیرد. این روش به ما کمک می کند تا در مورد موضوع مطالعه و ویژگی های آن که می توان با آن توضیح بیشتری داد: توضیح ، تشبیه ، درک بهتر رفتار آن و ایجاد نظریه های جدید. قبل از انجام بررسی و حل یک سوال ، ماهیت آن را درک کردیم. در همان شی می توانید عناصر مختلفی مانند ذات آن، یا خصوصیات و صفات آن و یا همچنین روابط ویژه آن با موجودات دیگر را مورد بررسی و تلاش قرار دهید. تجزیه رویداد یا شی با در نظر گرفتن اینکه بررسی دقیق قطعات، عناصر یا اصول آن انجام داده ایم. این تجزیه بسته به جسم مورد نظر می تواند واقعی و فیزیکی یا منطقی و ایده آل باشد. همچنین مراقبت برای تأیید این تجزیه با رعایت قوانین تقسیم ، برای جلوگیری از سردرگمی مطلوب است. هنگام معاینه عناصر یا قسمت های یک شی این کار را به گونه ای انجام دادیم که آنها از روابط خود با یکدیگر غافل نشوند و بین همه چیز ارتباط وجود داشته باشد تا اتحادی ایجاد شود. اگر فردی بدون در نظر گرفتن یا در نظر گرفتن روابط با یکدیگر و با کل ، اجزا یک شی را جداگانه در نظر بگیرد ، بدون شک احتمال شکل گیری عقاید نادرست و اشتباه درباره آن شی بسیار زیاد خواهد بود.

۵- استفاده از چاهک ها

در طراحی‌های اخیر، یک WSN معمولا تشکیل شده از یک سری گره ثابت و یک چاهک ثابت که در میان ناحیه جغرافیایی قرار گرفته است. در چنین پیکربندی، مصرف کننده انرژی،ماژول ارتباطات هر گره می‌باشد. در عمل، ارتباطات چندگانه برای ارسال اطلاعات گره‌ها به چاهک نیازمند است و در نتیجه مصرف انرژی به وسیله ارتباطی وابسته است. یک راه برای کاهش فاصله ارتباط این است که، چندین چاهک ثابت مستقر کنیم و هر گره حسگر را طوری برنامه ریزی کنیم که آن گره داده هایش را به نزدکیترین چاهک مسیریابی کند. این کار میانگین طول مسیر از مبدا تا چاهک را کاهش می‌دهد و بنابراین باعث ایجاد یک بار کوچکتر در مقایسه با حالت تک چاهک ثابت می‌شود، از طرف دیگر به خاطر اینکه بار مسیریابی در گره‌های قرار گرفته در مجاورت یک چاهک نیز در میان همه گره‌های قرار گرفته در مجاورت چاهک های ثابت متعدد توزیع می‌شوند، کاهش Emax نیز دارد.

۵-۱- مشکل اتمام انرژی در گره‌های اطراف چاهک

در یک طرح نرمال، یک چاهک ایستا و ساکن، داده هایی را از کل شبکه جمع آوری می‌کند اما حاصل این شیوه، بار ترافیکی بالا در اطراف چاهک است. به طور طبیعی یک گره حسگر مرتباً داده‌ها را از منطقه مورد نظر جمع آوری می‌کند و آنها را به سمت یک چاهک ارسال می‌نماید. به همین دلیل، یک شبکه حسگر بی سیم که فاقد گره‌های حسگر بنیادی است باید خود را به سبب ایجاد مسیرهایی که به سمت یک چاهک می‌روند سازماندهی کند. بنابراین، چندین گره به سبب تحویل یک بسته به یک چاهک

از راه دور استفاده می‌شوند. هر گره حسگر به گنجایش کمی مجهز است و بنابراین اگر در هر مسیر یابی گره، میزان جمع آوری داده‌ها بر میزان ارسال داده‌ها غالب باشد، اختلال در این گره به وجود می‌آید. چنین نوع اختلال و از دست رفتن داده‌ها به طور طبیعی در گرههایی که در اطراف یک چاهک ساکن قرار دارند اتفاق می‌افتد و انرژی گرههای سنسور نزدیک تر به این چاهک تحلیل خواهد رفت و از منابع بیشتری نسبت به دیگر گرهها در شبکه استفاده خواهند کرد، زیرا به طور ساده آنها در مسیر راه های بیشتری به چاهک هستند. روش چاهک سیال نه تنها بار گره‌های نزدیک تر به یک چاهک را از بین خواهد برد، بلکه مکانیسمی را برای رسیدن و جمع آوری داده‌ها از مناطق شبکه ای که قطع هستند فراهم خواهند کرد و موجب کاهش اختلال گره‌های نزدیک به چاهک خواهند شد.

۵-۱-۱- بهبود حالت چاهک ثابت

برخی از مزایای چندین چاهک ثابت برای کارایی انرژی، می تواند برای یک چاهک ثابت تنها در نظر گرفته شود. به این صورت که بطور منطقی قلمرو سنسورها را در یک سطح تک یا سلسله مراتبی بخش بندی کنیم. این چنین بخش بندی می تواند به صورت ایستا یا پویا باشد یا می‌توانند از قبل تعیین شده باشد یا اینکه داخل شبکه سازماندهی گردد. بعلاوه بخش بندی قلمرو انتخاب یک سرگروه در یک بخش مهم است. علت این کار این است ،تا از بین رفتن گره‌های نزدیک چاهک جلوگیری کنیم. بعنوان مثال در که یک خوشه بندی برای ارسال داده‌ها، با روش تشکیل گروه و انتخاب سرگروه به سمت چاهک را به نحوی که اتلاف انرژی برای مسیریابی مینیمم شود انجام داده‌اند. این رویکرد می تواند به حالت‌های سلسله مراتبی چندسطحی گسترش یابد. ساختارهای سلسله مراتبی و سرخوشه‌ها هم می‌توانند یک بار تعیین شوند (به صورت استاتیک) و یا می‌توانند به صورت پویا تغییر یابند. برای تعریف یک خوشه، هر گره،تمایل خود را به سرخوشه بودن را اعلام کند، می توان استفاده نمود و یا یک ساختار منظم ثابت برای سرخوشه‌ها در شروع کل فرآیند داده شود، که Overhead مسیریابی و خوشه‌بندی کاهش یابد، اما دارای کاربرد محدودتری می‌باشد. با استفاده از اصل سلسله مراتبی چند سطحی طول عمر WSN می‌توانند بهینه شود. با استفاده از یک سری تجمیع کننده های اصلی (وابسته به کاربرد) تجمیع داده می تواند انجام شود به این صورت که در هر سرگروه قبل از اینکه داده به چاهک انتقال یابد، میزان داده انتقال یافته به چاهک را کاهش دهیم. وظیفه بودن یک سرگروه می تواند در یک گروه مورد چرخش قرار گیرد. سرخوشه می تواند یا به صورت احتمالی یا براساس روش های قطعی تعیین گردد. هدف نویسندگان ارزیابی چگونگی پارامترهای بومی مانند تعداد منابع، اندازه بافر و تاخیر موقت انتقال است که ازآنها برای کاهش اختلال شبکه استفاده می‌کنند . یک شیوه مشابه جهت کنترل اختلال، Event-to-sink Reliable Trandport (ESRT) است. اگر پارامتر خاص از گره فراتر از مقدار خاصی باشد، گره، چاهک را آگاه می‌کند که به نوبت از همه منابع جهت کاهش میزان ارسال آنها درخواست کند. تکنیک های مسیریابی چند راهه یا چند جهش از به کارگیری فشرده گره‌های حسگر به منظور حذف اختلال از WSNها استفاده می‌کنند. این تکنیک‌ها گره‌های مسیریابی را جهت پیدا کردن مسیرهای متناوب برای رسیدن به مقصد مورد نظر در مورد اختلال در یک چاهک قادر می‌سازد. این نظریه این است که وقتی یک گره مسیریابی، ترافیک داده های افزوده را احساس می‌کند و بسته‌ها تحویل داده می‌شوند، آن گره از گره‌های مجاور می‌خواهد که در مسیریابی همکاری کنند، بنابراین با افزایش توپولوژی ارسال چند مسیره، ترافیک داده‌ها به اشتراک گذاشته می‌شود و اختلال از شبکه حذف می‌گردد.

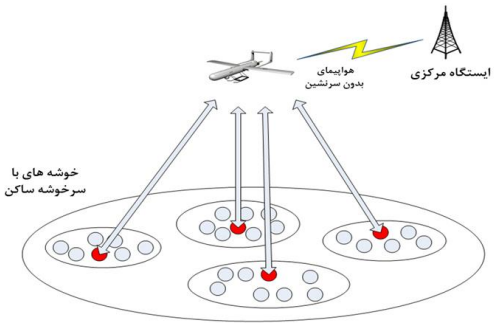
۵-۱-۲- بهبود حالت چاهک متحرک

رویکرد دیگری که برای افزایش طول عمر شبکه کاربرد دارد، استفاده از چاهک متحرک در این گونه شبکه‌ها است. در خیلی از موارد شبیه استفاده از چندین گره ثابت است، در حالی که در حالت استفاده از چند گره ثابت نیاز به استفاده از یک ارتباط عمومی برای جمع‌آوری تمام داده‌ها در یک نقطه پایانی است . برای غلبه بر نقص های موجود در یک چاهک ثابت، استفاده از چاهک متحرک پیشنهاد شده است. یک چاهک متحرک می تواند انواع مختلفی از جابه جایی را در میان سنسورها داشته باشد. مانند حرکت تصادفی، حرکت ثابت و پیش بینی شده از قبل و حرکت های کنترل شده که نتیجه آن بهبود مصرف انرژی و روش های جمع‌آوری داده می باشد. روش حل مشکل جمع آوری داده ها توسط هواپیمای بدون سرنشین از چاهک سیال به این صورت می‌باشد که از چند چاهک سیال برای این موضوع استفاده می شود. پروتکل MDC/PEQ پیشنهادی، جمع آوری کننده های داده های سیال (MDC) را به کار می‌گیرد که مرتباً علامت هشدار پخش می‌کند. گره‌های حسگری که علامت هشدار را دریافت می‌کنند به خوشه MDC ملحق خواهند شد و اطلاعات ارسالی را به چاهک سیال مرتبط ارسال می‌کنند. گره‌های حسگر از علامت هشدار سیگنال استفاده می‌کنند تا یک ترکیب بندی مسیر موثر اما ساده را اجرا نمایند. تکنیک قابل سیال بودن ارائه شده در مقاله برای جمع آوری داده‌ها، هیچ هزینه انرژی یا ترافیکی مازادی را معرفی نمی نماید. در حقیقت، به طور بارزی ترافیک را کاهش می‌دهد و متعاقباً با کاهش تعداد متوسط جهش‌هایی که بسته‌های داده ای از گره‌های حسگر منبع به چاهک‌ها یا جمع

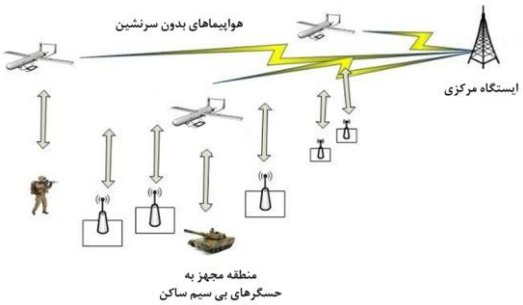
آوری کننده های داده های سیال انتقال می‌دهند کاهش می‌یابد.این مدل ضعفی که دارد در داده های حساس به تاخیر می‌باشد که به واسطه همیشه در دسترس نبودن چاهک متحرک ،داده‌ها نامعتبر خواهند شد.

۶- نحوه چیدمان گره ها و تجهیزات

یک شبکه حسگر بی سیم که فقط از حسگر های ساکن تشکیل شده است، شبکه تک بعدی را ارائه میدهد که هر شخص یا دستگاهی میتواند به طور دائم یا موقت اتصال را قطع یا دسترسی به آن را مشکل کند. نه تنها تاخیری در حسگر های پنهان شده وجود ندارد بلکه تمام اطلاعات به دست آمده توسط حسگر های دیگر به خوشه مقصد نهایی هدایت میشود. همکاری بین حسگر های متحرک و ساکن، دامنه وسیعی از انتخاب ها برای توسعه دسترسی و کاربرد شبکه حسگر های بیسیم مورد استفاده در عملیات های نظامی را فراهم میکند (Erman, Hoesel, 2008)، که با کاهش مصرف انرژی به کمترین مقدار ممکنه همراه است. در این نوع از شبکه های تلفیقی UAV ها می‌توانند نقش سر خوشه هارا به طور کامل ایفا کنند. این نوع شبکه های حسگر بی سیم که حاصل تلفیق گره های ساکن و بیسیم اند، طوری سازماندهی شده اند که حسگر های ساکن با یکدیگر تبادل اطلاعات ندارند و حسگر ها به طور خوشه ای سازماندهی نشده اند (Dong, Lin, Tang, 2014). UAV ها حسگر های موجود در زمین را به سیستم پشت خطی وصل میکنند که کیلومترها دورتر از جایگاه WSN های مستقر شده فاصله دارند (Jormakka, 2011). UAV ها ظرفیت تبادل از راه دور را دارند و مستقیم به پایگاه اصلی متصل اند. آنها نقش شبکه پشتیبان را در شبکه حسگر های بیسیم دارند. تمام UAV ها در شبکه میتوانند به پایگاه اصلی متصل شوند. به جای ساختار سنتی UAV ها ما ساختار شبکه های حسگر نمونه برداری بی سیم (WPSN) را داریم. در این مدل شبکه ها حسگر ها حتی اگر تعداد زیادی گروه های ساکن از شبکه حذف شوند همچنان به بخش اطلاعات متصل میمانند. از مزایای استفاده از WPSN ها نسبت به WSN ها در محیط، می توان به تکثیر و تغییرات پی در پی در مکان شناسایی شبکه که بسیار مشهود است اشاره کرد. برای این رویکرد در صورت لزوم از وسایل حمل و نقل زمینی بدون سرنشین (UGV) به جای UAV ها استفاده میشود.

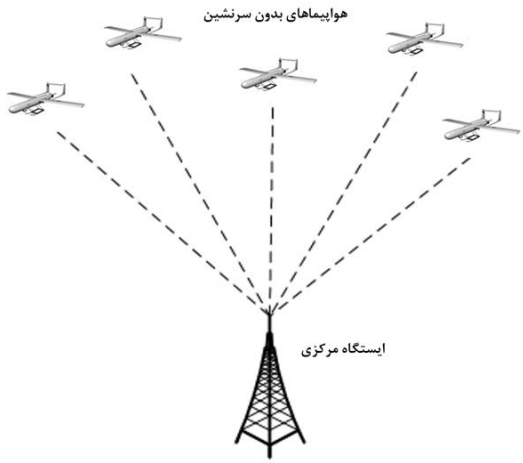


شکل ۳- اثر متقابل پرنده بدون سرنشین و خوشه ها در شبکه حسگر بی سیم سلسله مراتبی



شکل ٤- شبکه های حسگر نمونه برداری بی سیم (WPSN)

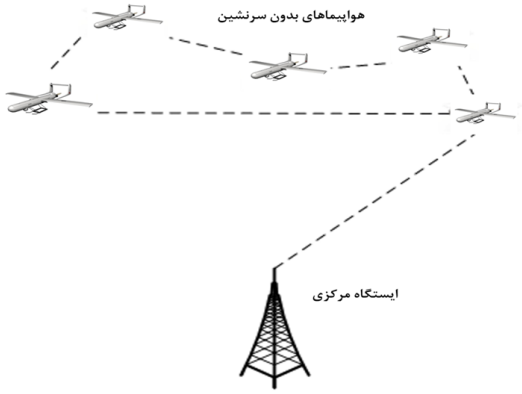
در این نوع از شبکه ها هواپیماهای بدون سرنشین با باطری های قابل شارژ مجهز شده اند. کاربرد UAV ها در شبکه های حسگر بیسیم، پیوند های تبادلاتی با پایگاه اصلی ازراه دور است که با استفاده از انرژی انجام میگرد. UAV ها به باتری های قابل شارژ مجهز شده اند و استفاده از آن ها در شبکه حسگر بیسیم برای تبادل پیوند ها با پایگاه اصلی از راه دور نیازمند انرژی است که بیشترین تقاضا را در بین سایر موارد دارد. این هواپیماها برای تعویض یا تجدید انرژی به جایگاه اولیه خود برگردانده میشوند، این تداخلات در فواصل معین با توجه به طرح از قبل تعیین شده یا نیاز باتری به انرژی صورت میگیرد. وقتی UAV ها فرکانس های معینی را ارسال میکنند از آنجایی که آنها برای فرستادن فرکانس هایی با سطح بالا و حتی به چند آنتن مجهز شده اند، نیاز به دریافت انرژی بیشتری دارند. این امکانات باعث میشود جاگیری UAV نسبت به گره حسگر ها در زمین به طور مناسب باعث تبادل پیام ها با انرژی کمتر شود.



شکل ٥- چیدمان ستاره ای بین پایگاه اصلی و پرنده ها

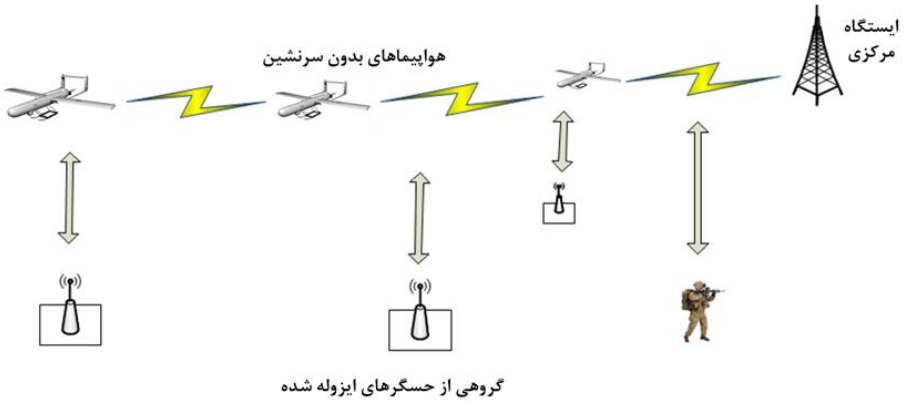
تصویر فوق چیدمان (Topology) به شکل یک شبکه ستاره ای است . در توپولوژی ستاره ای تمام UAV ها به طور مستقیم به سیستم کنترل زمینی (C2) متصل اند و تمام تبادلات بین UAV ها توسط گره های زمینی تعیین میشود. در ساختار ستاره ای، تمام تبادلات بین گره حسگر ها و UAV ها باید از C2 که بر روی زمین است عبور کند. چون اگر مرکز کنترل شبکه های متشکل از چند شبکه دارای وسایل هوایی بدون سرنشین نسبت به شبکه هایی که UAV ها با ابزار ساکن در زمین که اتصال با دید مستقیم در آن ضروری است تبادل اطلاعات میکنند، تبادل انعطاف پذیرتری را فراهم میکنند. اگر فقط ارتباط مستقیم بین UAV ها و حسگرهای ساکن زمینی بر قرار شود و عملکرد UAV ها در فضای باز به شعاع ۱۰ کیلومتری محدود میشود و عملیات در شرایط شهری غیر ممکن میشود (سیلوا و گریلو، ۲۰۰۷). شبکه UAV ها به طور چشم گیری منطقه تحت نظر را به وسیله مسیریابی جهش های چندگانه (از یک گره به گره دیگر به سمت پایگاه) مورد ارزیابی قرار میدهد. کافی است که فقط یکی از UAV ها اتصالی با دید مستقیم به پایگاه زمینی داشته باشد تا تمام پیام ها را به مقصد برساند. این توپولوژی مانند شبکه توری به کار گرفته شده است، در چیدمان توری همانند شکل(۶). هواپیماها بدون سرنشین به یکدیگر متصل اند و ممکن است همه انها به C2 متصل باشند. در مقایسه با شبکه های ستاره ای، شبکه های توری با انعطاف تر و قابل اطمینان تر هستند و عملکرد بهتری را ارائه می‌دهند (Orfanus, Eliassen, 2014).

حتی اگر بعضی از گره های UAV تحت حمله باشد بقیه UAV ها میتوانند شبکه را تشخیص دهند و به طور اتوماتیک مسیر یابی پیش فرض را انتخاب کرده و به عملیات خود ادامه دهند. UAV ها در این مورد نقش تقویت کننده هارا دارند. سناریو پیاده سازی چیدمان شبکه توری در شکل (۷) نشان داده شده است. حسگرها معمولا بار ریزی هوایی میشوند و پیدا کردن خط دید بین گره حسگر ها یک طرف و سرخوشه و ایستگاه مرکزی در سمت دیگر دشوار است، مخصوصا درون شهر ها یا بر روی تپه ها گره های منفرد شده ای هستند که مشکل ارتباط گرفتن با گره های دیگر را دارند. بنابراین این سناریو ارتباط متناوب را از طریق UAV ها برقرار میکند که اطلاعات گره های منفرد شده را در فواصل معین یا غیر معین جمع آوری میکنند (Freitas, Heimfarth, Pereira, 2020).



شکل ٦- توپولوژی شبکه توری بین پایگاه اصلی و پرنده ها

UAV ها در آسمان در بخشی که حسگر گذاری شده پرواز میکنند و تمام قلمرو مد نظر را پوشش میدهند و تمام پیام هارا به مرکز پردازش میرسانند. در بعضی از شرایط، به دلیل وقوع اتفاق خاصی گروهی از حسگر ها که اتصالات شان به یکدیگر را از دست داده اند به وجود می آیند، که باعث میشود به جای تحت نظر بودن کل محدوده فقط بخش هایی از قلمرو تحت نظر باشد. استفاده از تعداد کافی UAV برای مسیر های از قبل انتخاب شده باعث میشود هر UAV تمامی قسمت های کوچک مربوط به خود را که تعدادی حسگر در آنجا هست را پوشش دهند و انرژی مصرف شده در تبادل مشترک، تبادل با حسگر های موجود در زمین و پایگاه اصلی به کمترین مقدار ممکن برسد. کاربرد UAV در سطح سوم از شبکه های حسگر بیسیم به این معنی است که شبکه دارای UAV ایی است که نقش پایگاه اصلی را ایفا میکند. این UAVها تمام اطلاعات موجود از میدان را جمع آوری کرده و ارتباط مستقیم با مرکز C2 را که اطلاعات در آن پردازش میشوند برقرار می کند.



شکل ۷- تقویت هدفمند حسگرهای هواپیماهای بدون سرنشین

با وجود تمام این مزایا، اضافه شدن UAVها به شبکه حسگر بی سیم با چالش هایی روبه رو است (Zeng, Madhu, 2017). اصلی ترین مشکل احتمالی برای عملکرد همچنین سیستمی، شرایط جوی است. شرایط جوی نامساعد مثل هوای بارانی، برفی و مه آلود به طور چشم گیری میتواند شبکه تبادلات را ضعیف کرده یا به کلی از کار بیاندازد. این نوع از شبکه به مدیریت منابع و مکانیزم امنیتی تاثیر گذارتری احتیاج دارد. هر حسگر اطلاعاتش را به طور مستقیم به UAV ارسال میکند که این امر می تواند باعث از بین رفتن اطلاعات شود و انتخاب طرح مسیر ابی گره به گره (multi-hop) تا پایگاه اصلی برایUAVهای ناقل مشکل است و باید به درستی آدرس داده شوند. به دلیل چیدمان بسیار پویا، تبادل از UAVها به ایستگاه مرکزی گاها در فواصل در مساحت زیاد انجام می گردد. اینکه تمام حسگرهای مورد استفاده در شبکه در وقفه زمانی کهUAV ها برنامه ریزی شده اند برای تجدید انرژی جای خالی سرویس باید توسطUAVهای مهاجر با انتقال نیرو یا تنظیم کردن مکان آنها البته در شرایطی که حجم اطلاعات مورد انتقال به شکلی است که به گره های متحرک انفرادی در شبکه اجازه کار اضافی را نمیدهد. حتی برای زمان کوتاهی بیشتر انرژی مصرف توسطUAV ها در حرکت کردن آنها برای تبادلات سوخت می شود. بنابراین UAV ها با انواع گره حسگر متحرک با گره ساکن متفاوت است. چون گره های ساکن بیشترین انرژی شان صرف تبادل با سایر گره های شبکه میشود. ذخیره انرژی مصرف برای UAVهای متحرک با طرح تحرک با انرژی کافی با دادن سازماندهی مسیر یابی به دست می آمد. ذخیره انرژی صرف شده برای تبادلات با انتخاب صحیح مسیر گره های حسگر ساکن مرتبط مسیر می شود و مابقیUAVهای موجود در شبکه و پایگاه اصلی در مکان اداری هستند.

۷- نتیجه‌گیری

شبکه حسگر بی سیم نقش مهمی را در بسیاری از عملیات های نظامی ایفا می کند. هر چند، پیاده سازی این شبکه بر روی زمین در میدان جنگ، با تعدادی از مشکلات مواجه است، اصلی ترین چالش ها کمبود ملزومات حسگر و مشکل اتصال در برخی از بخش های شبکه است. در این مقاله ما استفاده از UAV ها به عنوان گره متحرک را برای حل این دو مشکل پیشنهاد کرده ایم. استفاده از UAV ها در سطوح مختلف از شبکه حسگر بی سیم به طور چشمگیری انعطاف امنیت و اطمینان را ارتقا داده و اتصال شبکه با کاهش مصرف انرژی به کمترین مقدار ممکن را میسر کرد، راه حل ها برای این نظریه دارای تدابیر بسیاری است. ما تمام عملیات های مقدور با استفاده از UAV ها را در هر ۳ سطح شبکه های حسگر بی سیم بیان کردیم و همچنین به مزایا، معایب و مشکلات این شبکه ها همانند احتمالات و امکان توسعه آن اشاره کردیم..

منابع

1. Gupta, R.G. Mishra, Implementation of Wireless Sensor Networks in the Field of Military and Defense: A Review, Viewpoint- An International Journal of Management and Technology. 6-2 (2015) 23-28.
2. Grilo, R. Silva, P. Nunes, J. Martins M. Nunes, Wireless Sensor Networking Support to Military Operations on Urban Terrain, 12th International Command and Control Technology Symposium (ICCRTS'2007), Newport, Rhode Island, USA, (2007) 19-21.
3. Madhu, A. Sreekumar, Wireless Sensor Network Security in Military Application using Unmanned Vehicle, IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering IOSR-JECE, 125 (2017) 51-58.
4. Merwaday, I. Guvenc, UAV assisted heterogeneous networks for public safety communications, in Proc. IEEE Wireless Commun. Netw. Conf. (2015) 329–334.
5. A.T. Erman, L. Van Hoesel, P. Havinga, J. Wu, Enabling mobility in heterogeneous wireless sensor networks cooperating with UAVs for mission-critical management, IEEE Wireless Communications 15 (6) (2008) 38-46.
6. Prabhu, M.Pradeep, E. Gajendran, Enhanced Battlefield Surveillance Methodology Using Wireless Sensor Network, A Multidisciplinary Journal of Scientific Research & Education, 3(1) (2017) 185-190.
7. Orfanus, F. Eliassen, E. Pignaton de Freitas, Self-organizing relay network supporting remotely deployed sensor nodes in military operations, in proceedings of 6th IEEE International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems (ICUMT), St. Petersburg, Russia Oct 6-8 (2014).
8. E.P. de Freitas, T. Heimfarth, I.F. Netto, C.E. Lino, C.E. Pereira, A.M. Ferreira, F.R. Wagner, T. Larsson, UAV Relay Network to Support WSN Connectivity, International Congress on Ultra Modern telecommunications and Control Systems, Moscow, Russia (2010) 309-314.

9. G. Popovic, G. Djukanovic, Cluster formation techniques in hierarchical routing protocols for Wireless Sensor Networks, Journal of Information Technology and applications (JITA) (2016) 1:5-11.
10. G. Popović, G. Đukanović, Produženje životnog vijeka bežičnih senzorskih mreža, zasnovano na Hamiltonovoj hipotezi, XVI međunarodni naučno-stručni simpozijum INFOTEH-JAHORINA, Vol.16 (2017) 249-252.
11. J. Allred, A. B. Hasan, S. Panichsakul, W. Pisano, P. Gray, J. Huang, R. Han, D. Lawrence, K. Mohseni, Sensorflock: an airborne wireless sensor network of micro-air vehicles, In SenSys '07: Proceedings of the 5th international conference on Embedded networked sensor systems, , New York, NY (2008) 117–129.
12. J. Jormakka, T. Saarelainen, UAV-based Sensor Networks for Future Force Warriors, International Journal On Advances in Telecommunications, vol 4, 1-2 (2011) 58 – 71.
13. L. Gupta, R. Jain, G. Vaszkun, Survey of Important Issues in UAV Communication Networks, in proceedings of 6th IEEE International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems (ICUMT), St. Petersburg, Russia Oct 6-8 (2014).
14. L. Lamont, M. Toulgoat, M. Déziel, and G. Patterson, Tiered wireless sensor network architecture for military surveillance applications, Proc. of the 5th International Conference on Sensor Technologies and Applications, SENSORCOMM, Nice, France (2011) 21-27.
15. M. Dong, K. Ota, M. Lin, Z. Tang, S. Du, and H. Zhu, UAV-assisted data gathering in wireless sensor networks, J. Supercomput., vol. 70, no. 3. (2014) 1142–1155.
16. M. Winkler, K.D. Tuchs, K. Hughes, G. Barclay, Theoretical and practical aspects of military wireless sensor networks, Journal of Telecommunications & Information Technology, Vol. 2008 Issue 2 (2008) 37-45.
17. S.K. Teh, L. Mejias, Luis, P. Corke, W. Hu, Experiments in Integrating Autonomous Uninhabited Aerial Vehicles (UAVs) and Wireless Sensor Networks, In 2008 Australasian Conference on Robotics and Automation (ACRA 08), Canberra (2008).
18. W.R. Heinzelman, A. Chandrakasan, Energy Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks, IEEE Computer Society 33rd Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS '00) vol. 8, Maui, Hawaii, USA (2000) 1-10.
19. Y. Zeng, R. Zhang, T.J. Lim, Wireless communications with unmanned aerial vehicles: opportunities and challenges, IEEE Communications Magazine 54 (5), (2016) 36-42.