

الگوریتم توزیع شده جهت فراهم آوردن پوشش چند جانبه از هدف در شبکه‌های حسگر بصری

سید هادی اقدسی^۱، دانشجوی دکتری کامپیوتر، مقصود عباس‌پور^۲، استادیار

۱- دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر- دانشگاه شهید بهشتی- تهران- ایران- aghdasi@sbu.ac.ir

۲- دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر- دانشگاه شهید بهشتی- تهران- ایران- maghsoud@sbu.ac.ir

چکیده: امروزه مسئله پوشش چند جانبه از هدف که با در نظر گرفتن ابعاد برای هر کدام از اهداف ظاهر شونده در محیط تحت نظارت سعی در فراهم آوردن اطلاعات بیشتری راجع به آن‌ها می‌نماید، مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است. آرمان اصلی این مسئله انتخاب گره‌های حسگر دوربین‌داری است که با قرار گرفتن آن‌ها در وضعیت فعال، پوشش چند جانبه از هدف (پوشش هدف از چندین دیدگاه) با حداقل هم‌پوشانی زاویه‌ای (پوشش زاویه‌های یکسان از هدف با گره‌های متفاوت) فراهم شود. بررسی مقالات نشان می‌دهد که در راهکارهای موجود از روش‌های متمرکز برای حل مسئله پوشش چند جانبه از هدف بهره گرفته شده است. اما تأخیر موجود در روش‌های متمرکز برای تحقق بسیاری از کاربردها با اهداف متحرک، مورد قبول نمی‌باشد. بنابراین در این مقاله الگوریتم غیرمتمرکزی با نام پوشش چند جانبه از هدف توزیع شده ارائه می‌شود. بر اساس این الگوریتم هر گره حسگر دوربین‌دار تنها با توجه به اطلاعات محلی بدست آمده از گره‌های همسایه، قرار گرفتن یا نگرفتن در وضعیت فعال را مشخص می‌نماید. نتایج حاصل از شبیه‌سازی‌ها نشان می‌دهند که الگوریتم ارائه شده بیشترین پوشش چند جانبه از هدف را در کوتاه‌ترین زمان ممکن و با میزان هم‌پوشانی قابل قبول در مقایسه با روش قطعی که به صورت متمرکز در ایستگاه مرکزی اجرا می‌شود فراهم می‌نماید.

واژه‌های کلیدی: شبکه‌های حسگر بصری، مسئله پوشش چند جانبه از هدف، الگوریتم‌های زمان‌بندی توزیع شده

Distributed Algorithm for Providing Multi-Perspective Target Coverage in Visual Sensor Networks

Hadi S. Aghdasi and Maghsoud Abbaspour

Faculty of Electrical and Computer Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Abstract: Recently, multi-perspective target coverage problem, which provides more information about the occurred targets in the monitored area by considering dimensions for them, is taken into account by many researchers. The main goal of this problem is selecting the camera sensor nodes and putting them in active mode so that they maximize multi-perspective target coverage (covering target from multiple viewpoints) and also minimize angle overlap (covering the same angles of target with different nodes). According to literature, existing solutions exploit central methods to solve the multi-perspective target coverage problem. However, delay in central methods is not acceptable for realizing many applications with mobile targets. Therefore, in this paper a decentralized algorithm named Distributed Multi-perspective Target Coverage (DMTC) is proposed. Utilizing this algorithm, each camera sensor node decides whether to be active or not, only based on information provided by the neighbor nodes. Simulation results show that proposed algorithm provides maximum multi-perspective target coverage with minimum delay and acceptable angle overlap in comparison with an exact method running centrally in the base station.

Keywords: Visual Sensor Networks, Multi-Perspective Target Coverage, Distributed Scheduling Algorithms

تاریخ ارسال مقاله: ۱۳۹۱/۱۰/۱۶

تاریخ اصلاح مقاله: ۱۳۹۲/۱/۱۹

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۲/۹

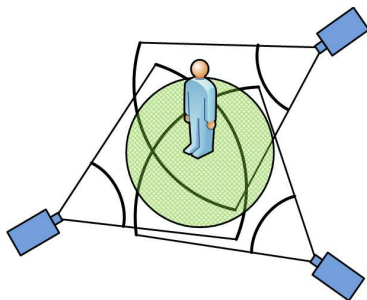
نام نویسنده‌ی مسئول: دکتر مقصود عباس‌پور

نشانی نویسنده‌ی مسئول: ایران- تهران- اوین- دانشگاه شهید بهشتی- دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

۱- مقدمه

طوری که درصد قابل قبولی از هدف‌های نقطه‌ای موجود با حداقل افزودگی هدف (پوشش هدف‌های یکسان توسط گره‌های متفاوت)، تحت پوشش قرار گیرند، می‌باشد. نمونه‌ای از این راهکارها که به صورت الگوریتم‌های متمرکز یا توزیع شده می‌باشند، در [۱۷-۱۳] ارائه شده است.

دومین زیر گروه که با تکیه بر فزونی تعداد گره‌ها در شبکه‌های حسگر بصری شکل گرفته است، برای هر کدام از اهداف ظاهر شونده در محیط تحت نظارت ابعادی در نظر می‌گیرد. برای مثال در فضای دو-بعدی هر کدام از اهداف به صورت دایره‌ای با مرکز و شعاع مشخص، مدل می‌شوند. آرمان اصلی روش‌ها و راهکارهای ارائه شده برای مسئله پوشش هدف در این زیر گروه انتخاب مجموعه مناسبی از گره‌های حسگر دوربین‌دار و قرار دادن آن‌ها در وضعیت فعال به طوری که پوشش چند-جانبه از هدف^{۱۱} (پوشش هدف از چندین دیدگاه) با حداقل هم‌پوشانی زاویه‌ای (پوشش زاویه‌های یکسان از هدف با گره‌های متفاوت) فراهم شود، می‌باشد [۲۲-۱۸]. محققان معتقدند با پوشش چند-جانبه از هدف اطلاعات زیادی از آن حاصل می‌شود که این اطلاعات دقت و راحتی عملیاتی مانند شناسایی و ردگیری^{۱۲} هدف را بالا می‌برند. شکل ۱ نمونه‌ای از پوشش هدف چند-جانبه را در یک فضای دو-بعدی نشان می‌دهد.



شکل (۱): پوشش چندجانبه از هدف

با توجه به توضیحات داده شده که گستردگی مسئله پوشش در شبکه‌های حسگر بصری را نشان می‌دهد و از طرفی جدید بودن زیر گروه دوم از مسئله پوشش هدف که با در نظر گرفتن ابعاد برای هدف، سعی در فراهم آوردن اطلاعات بیشتر با پوشش چند جانبی از آن را دارد، در ادامه‌ی این مقاله، تنها به بحث و بررسی مسئله پوشش چند جانبی از هدف در شبکه‌های حسگر بصری می‌پردازیم.

بررسی مقالات موجود در زمینه مسئله پوشش چند-جانبی از هدف نشان می‌دهد، بسیاری از روش‌ها و راهکارهای ارائه شده با این فرض که از ابتدا موقعیت تقریبی اهداف، در محیط تحت نظارت مشخص می‌باشد، سعی در قرار دادن گره‌های حسگر دوربین‌دار به گونه‌ای که پوشش چند جانبی از هدف با کم‌ترین تعداد گره‌ها فراهم شود، نموده‌اند [۲۰، ۱۹]. به هر حال این روش‌ها مناسب کاربردهایی هستند که در آن‌ها الگوی مناسبی از رفتار هدف‌ها موجود بوده و

همکاری و تعامل میان تعداد زیادی از گره‌های حسگر دوربین‌دار^۱ که هر کدام از یکپارچه سازی واحدهای پردازنده، ارتباطات و حسگر تصویر به وجود آمده‌اند، باعث شکل‌گیری کلاس جدیدی از شبکه‌های حسگر بی‌سیم با نام شبکه‌های حسگر بصری^۲ شده است [۲، ۱]. ویژگی‌هایی از قبیل هزینه‌ی پایین، عملکرد راضی‌کننده و بالا بودن تحمل پذیری خطا، شبکه‌های حسگر بصری را گزینه مناسبی برای تحقق بسیاری از کاربردهای امروزی تبدیل کرده است. از جمله‌ی این کاربردها می‌توان به پایش محیط زیست^۳، دیدبانی نبردگاه^۴، سیستم‌های مراقبت پزشکی و کمک به افراد سالخورده اشاره کرد [۴، ۳].

از آنجایی که انرژی گره‌های حسگر دوربین‌دار توسط باتری فراهم می‌شود، استفاده بهینه از منبع انرژی که باعث افزایش مدت زمان زنده ماندن گره‌ها و به دنبال آن بالا رفتن طول عمر شبکه حسگر بصری می‌شود، از اهمیت بالایی برخوردار بوده و آرمان اصلی بسیاری از موضوعات تحقیقاتی را به خود اختصاص داده است. امروزه، با توجه به ویژگی‌های موجود در گره‌های حسگر دوربین‌دار و چگونگی پخش و قرارگیری آن‌ها در محیط‌های تحت نظارت، مسئله پوشش به عنوان یکی از موضوعات مهم جهت کاهش مصرف بی‌هوده انرژی در شبکه‌های حسگر بصری مورد توجه قرار گرفته است [۶، ۵]. با بررسی رویکرد تحقیقات انجام شده برای مسئله پوشش در شبکه‌های حسگر بصری، می‌توان این مسئله را به دو گروه اصلی با نام‌های مسئله پوشش محیط^۵ و مسئله پوشش هدف^۶ تقسیم نمود.

آرمان اصلی روش‌ها و راهکارهای ارائه شده برای مسئله پوشش محیط، انتخاب مجموعه مناسبی از گره‌های حسگر دوربین‌دار جهت قرار گرفتن در وضعیت فعال^۷ می‌باشد، به طوری که درصد قابل قبولی از محیط تحت نظارت توسط گره‌های منتخب، تحت پوشش قرار گرفته و میزان هم‌پوشانی محیط (پوشش نواحی یکسان محیط توسط گره‌های متفاوت) نیز به حداقل مقدار ممکن برسد. تاکنون نیز مقالات زیادی با تکیه بر روش‌های متمرکز مانند الگوریتم‌های ژنتیک و بهینه‌سازی گروه ذرات (PSO^۸) یا روش برنامه‌ریزی عددی صفر و یک (BIP^۹) و روش‌های توزیع شده مانند الگوریتم‌های حریصانه محلی برای حل مسئله پوشش محیط ارائه شده است [۱۲-۷].

با توجه به رویکردهای موجود برای مسئله پوشش هدف در شبکه‌های حسگر بصری، این مسئله به دو زیر گروه تقسیم می‌شود که مدل در نظر گرفته شده برای اهداف ظاهر شونده^{۱۰}، عمده تفاوت این زیر گروه‌ها می‌باشد. در اولین زیر گروه، اهداف تنها به عنوان یک نقطه از محیط تحت نظارت و بدون اینکه فضایی را اشغال کنند، در نظر گرفته می‌شوند. آرمان اصلی روش‌ها و راهکارهای ارائه شده برای مسئله پوشش هدف در این زیر گروه، انتخاب مجموعه مناسبی از گره‌های حسگر دوربین‌دار جهت قرار گرفتن در وضعیت فعال، به

بیشترین پوشش چند جانبه از هدف را با کمترین میزان هم‌پوشانی زاویه‌ای فراهم نمایند، ارائه می‌شود. در این الگوریتم گره‌های حسگر دوربین‌دار برای فراهم آوردن پوشش چند جانبه از هدف هرکدام به طور مستقل و تنها با توجه اطلاعات محلی کسب شده از وضعیت گره‌های همسایه، تصمیم‌گیری نموده و فرار گرفتن یا نگرفتن در وضعیت فعال را مشخص می‌نمایند. برای ارزیابی دقیق کارایی الگوریتم ارائه شده، نتایج بدست آمده از اجرای آن با نتایج حاصل از روش قطعی^{۱۵} که به صورت متمرکز در ایستگاه مرکزی اجرا می‌شود مقایسه خواهد شد. منظور از روش قطعی، استفاده از الگوریتمی است که ما را به جواب قطعی مسئله پوشش چند جانبه از هدف (بهترین مجموعه از گره‌های دوربین‌دار که بیشترین پوشش چند جانبه از هدف را با کمترین میزان هم‌پوشانی زاویه‌ای فراهم می‌نمایند) می‌رساند. لازم به ذکر است در این مقاله، الگوریتم برنامه‌ریزی پویا^{۱۶} [۲۵، ۲۶] جهت پیدا کردن جواب قطعی مسئله بکار گرفته شده است. به هر حال، از آنجایی که جواب قطعی مسئله با مرتبه زمانی بدست می‌آید، در محاسبه تأخیر از مدت زمان اجرای الگوریتم قطعی صرف نظر شده است. نتایج شبیه‌سازی‌ها نشان دهنده‌ی کارایی الگوریتم ارائه شده از لحاظ فراهم آوردن بیشترین پوشش چند جانبه از هدف در کوتاه‌ترین زمان ممکن و با میزان هم‌پوشانی قابل قبول، در مقایسه با روش قطعی می‌باشد.

در ادامه، در بخش ۲ مقدمات لازم برای مسئله پوشش چند جانبه از هدف معرفی می‌شود. تعریف مسئله پوشش چند جانبه از هدف و الگوریتم ارائه شده برای حل آن، بخش ۳ را به خود اختصاص می‌دهند. در بخش ۴ نتایج شبیه‌سازی به همراه ارزیابی کارایی الگوریتم ارائه شده بررسی می‌شود. در بخش ۵ نیز نتیجه‌گیری و کارهای آینده بیان می‌شود.

۲- مقدمات مسئله

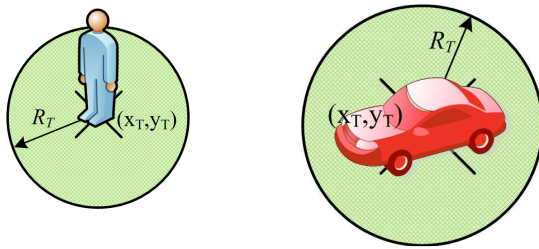
در این بخش ابتدا فرض‌های در نظر گرفته شده برای مسئله پوشش چند جانبه از هدف در شبکه‌های حسگر بصری بیان می‌شود. در سرتاسر این مقاله فرض بر این است که تمامی گره‌ها به صورت تصادفی و با توزیع یکنواخت در یک فضای دو بعدی (محیط تحت نظارت) پخش شده‌اند و اهداف نیز در بازه‌های زمانی گسسته و با توزیع یکنواخت در آنجا ظاهر می‌شوند. همچنین فرض شده است که در آن واحد تنها یک هدف در محیط ظاهر می‌شود. در ادامه نیز به توصیف مدل در نظر گرفته شده برای گره‌های حسگر دوربین‌دار و اهداف ظاهر شونده پرداخته و روابط هندسی لازم جهت تشخیص مقدار زاویه پوشش داده شده از هدف توسط هر کدام از گره‌های حسگر دوربین‌دار بیان می‌شود.

محیط تحت نظارت نیز جهت قراردادی گره‌ها قابل دسترس باشد. اما چنین روش‌هایی در بسیاری از کاربردهای موجود برای شبکه‌های حسگر بصری مانند پایش و دیدبانی نواحی ناشناخته که الگوی مناسبی از موقعیت وقوع هدف‌ها، موجود نبوده و محیط تحت نظارت نیز غیرقابل دسترس می‌باشد، قابل استفاده نمی‌باشند.

در سایر مقالات، با فرض غیر قابل دسترس بودن محیط، پخش شدن گره‌های حسگر دوربین‌دار به صورت تصادفی و عدم وجود الگوی مشخصی از موقعیت وقوع اهداف، راهکارهایی برای حل مسئله پوشش چند جانبه از هدف ارائه شده است [۲۱، ۲۲]. بررسی عملکرد این مقالات نشان می‌دهد که در آن‌ها از راهکارهای متمرکز مانند روش BIP برای انتخاب گره‌های مناسب جهت فراهم آمدن پوشش چند جانبه از هدف بهره گرفته شده است. به هر حال راهکارهای متمرکز با توجه به داشتن اطلاعات جامع از موقعیت هدف، محیط تحت نظارت و گره‌های حسگر دوربین‌دار، بهترین مجموعه از گره‌ها را جهت فراهم آوردن پوشش چند جانبه از هدف انتخاب می‌نمایند. اما در این نوع راهکارها با توجه به اجرا شدن الگوریتم‌های ارائه شده در مکان متمرکز مانند ایستگاه مرکزی^{۱۳}، زمان زیادی برای ارسال اطلاعات از گره‌های دوربین‌داری که هدف را در دید خود دارند، به این ایستگاه، پیدا کردن بهترین مجموعه و آگاه‌سازی گره‌های انتخاب شده جهت قرار گرفتن در وضعیت فعال، صرف می‌شود. بنابراین با توجه به متحرک بودن اهداف ظاهر شونده، تأخیر موجود در روش‌های متمرکز که با افزایش تعداد گره‌های حسگر دوربین‌دار نیز رابطه مستقیم دارد، نمی‌تواند برای بسیاری از کاربردهای شبکه‌های حسگر بصری در مقیاس وسیع راضی کننده باشد. علاوه بر این، در راهکارهای مذکور گره‌های حسگر دوربین‌دار با قابلیت چرخش در نظر گرفته شده‌اند. این قابلیت که نیازمند یک زیرساخت پرهزینه در شبکه‌های حسگر بصری می‌باشد، انرژی زیادی را نیز مصرف می‌نماید.

لازم به ذکر است، مقالاتی نیز وجود دارند که سعی در فراهم آوردن بیشترین پوشش زاویه‌ای از هدف، با ارائه راهکارهای توزیع شده و به کار گیری الگوریتم‌های حریصانه محلی، نموده‌اند [۲۳، ۲۴]. اما بررسی دقیق این مقالات نشان می‌دهد که اهداف ظاهر شونده در آن‌ها، بسیار بزرگ‌تر از میدان دید یک گره دوربین‌دار، در نظر گرفته شده و منظور از فراهم آوردن بیشترین پوشش زاویه‌ای از هدف، در واقع پوشش بیشترین کمان‌ها از اهداف ظاهر شونده، می‌باشد. از این رو راهکارهای موجود در مقالات مذکور، مناسب حل مسئله پوشش چند-جانبه از هدف مورد نظر در این مقاله، نمی‌باشند.

با توجه به مشکلات مطرح شده در مقالات موجود برای مسئله پوشش چند جانبه از هدف، در این مقاله ابتدا فرض می‌شود تعداد زیادی از گره‌های حسگر دوربین‌دار، بدون قابلیت چرخش و به صورت تصادفی و با توزیع یکنواخت در محیط تحت نظارت پخش شده‌اند. سپس الگوریتم غیرمتمرکز با نام پوشش چند-جانبه از هدف توزیع شده (DMTC^{۱۴}) که آرمان اصلی آن انتخاب گره‌هایی است که بتوانند



شکل (۳): مدل اهداف ظاهر شونده در محیط تحت نظارت

۲-۳- زاویه پوشش هدف توسط گره حسگر دوربین دار

با توجه به مدل ارائه شده برای هر کدام از اهداف ظاهر شونده در بخش ۲-۲، هر هدف زاویه‌ای برابر با 360° درجه را دارا می‌باشد. از این رو برای فراهم آوردن پوشش چند-جانبه از هدف باید گره‌های حسگر دوربین دار قرار گرفته در وضعیت فعال تا آنجایی که امکان دارد بخش‌های زیادی از کل زاویه‌ای که برای هدف در نظر گرفته شده است را پوشش دهند. بنابراین در ادامه به نحوه‌ی محاسبه‌ی مقدار زاویه‌ای از هدف که توسط هر گره حسگر دوربین دار پوشش داده می‌شود، پرداخته می‌شود. لازم به ذکر است برخی از محاسبات، برگرفته از روابط ارائه شده در [۲۱] می‌باشند.

در ابتدا قرار گرفتن هدف در دید یک گره حسگر دوربین دار شرط محاسبه زاویه پوشش هدف توسط آن گره می‌باشد. درست بودن روابط (۱) و (۲) نشان دهنده قرار گرفتن هدف در دید گره حسگر دوربین دار می‌باشد.

$$\alpha - (\theta/2) < \varphi < \alpha + (\theta/2), \quad \varphi = \tan^{-1} \left(\frac{y_{Ck} - y_T}{x_{Ck} - x_T} \right) \quad (1)$$

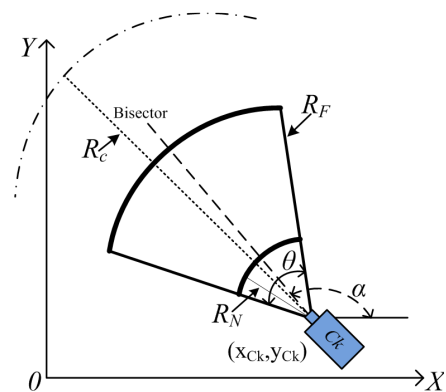
$$R_N < d < R_F \quad (2)$$

در روابط بالا d فاصله خطی است که مرکز هدف (x_T, y_T) را به مرکز گره حسگر دوربین دار (x_{Ck}, y_{Ck}) وصل می‌نماید و φ زاویه بین این خط با محور افقی می‌باشد. درستی روابط (۱) و (۲) به ترتیب نشان می‌دهد که مرکز هدف در زاویه-دید گره حسگر دوربین دار قرار گرفته و مقدار فاصله آن از مرکز آن گره مابین کم‌ترین عمق-دید (R_N) و بیشترین عمق-دید (R_F) قرار دارد. در چنین شرایطی گره حسگر دوربین دار قادر به محاسبه مقدار زاویه پوشش هدف می‌باشد. در غیر این صورت، هدف توسط گره حسگر دوربین دار پوشش داده نشده و نیازی به محاسبه زاویه پوشش نیست. در صورت درستی روابط (۱) و (۲)، هدف ظاهر شونده نسبت به گره حسگر دوربین دار در یکی از چهار وضعیت نشان داده شده در شکل‌های ۴ تا ۷ قرار می‌گیرد.

اگر φ در رابطه (۳) صدق نماید، هدف ظاهر شونده و گره حسگر دوربین دار نسبت به هم در وضعیت نشان داده شده در شکل ۴ قرار دارند. در چنین وضعیتی زاویه‌های β_1 و β_2 برابر با هم بوده و مقدار آن‌ها از رابطه (۴) بدست می‌آید.

۲-۱- مدل گره‌های حسگر دوربین دار

برای هر کدام از گره‌های حسگر دوربین دار مدل متعارفی در یک فضای دوبعدی در نظر گرفته شده است. در این مدل، موقعیت گره حسگر دوربین دار k -ام (C_k) را با (x_{Ck}, y_{Ck}) نشان داده می‌شود بیشترین و کم‌ترین عمق دید که یک گره حسگر دوربین دار می‌تواند داشته باشد به ترتیب با R_F و R_N نشان داده شده است. زاویه-دید^{۱۷} گره حسگر دوربین دار را θ و زاویه‌ای که نیم‌ساز زاویه-دید با محور افقی و در جهت حرکت عقربه‌های ساعت می‌سازد را α (زاویه چرخش) در نظر می‌گیریم. در انتها شعاع رنج ارتباطی که همه-سویی نیز هست را با R_C نشان می‌دهیم. شکل ۲ مدل یک گره حسگر دوربین دار با توصیفات مذکور را نشان می‌دهد. در این مدل با توجه به هزینه‌بر بودن قابلیت چرخش فرض بر این است که موقعیت تمامی گره‌ها ثابت بوده و قادر به تغییر زاویه چرخش خود نمی‌باشند.



شکل (۲): مدل گره حسگر دوربین دار

۲-۲- مدل اهداف ظاهر شونده در محیط

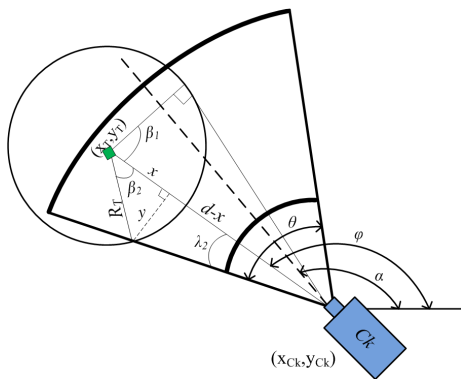
اهداف ظاهر شونده در محیط تحت نظارت قابلیت تحرک دارند که از این جمله می‌توان به موجودات جاندار یا وسایل نقلیه اشاره کرد. موقعیت چنین هدف‌هایی با کمک روش‌های مکان‌یابی موجود و با پیچیدگی پایین توسط هر کدام از گره‌ها قابل تشخیص می‌باشد [۲۷]. موقعیت مشخص شده برای هدف در یک فضای دوبعدی با (x_T, y_T) نشان می‌شود. اکنون، برای بدست آوردن اطلاعات بیشتر از هدف یا به عبارت دیگر جهت فراهم آوردن پوشش چندجانبه از آن، دایره‌ای به شعاع R_T که مرکز آن (x_T, y_T) می‌باشد در نظر گرفته می‌شود. مقدار R_T بسته به ابعاد هدف و با توجه به درشت نمایی که برای کاربرد مورد نظر راضی کننده می‌باشد، توسط مدیر شبکه انتخاب می‌شود. شکل ۳ مدل در نظر گرفته شده برای اهداف ظاهر شونده در محیط را نشان می‌دهد.

دارند. در چنین وضعیتی مقدار زاویه β_1 از رابطه (۴) محاسبه می‌شود. مقدار زاویه β_2 نیز پس از محاسبه مقدار x در رابطه (۹) و جایگذاری آن در رابطه (۱۰) حاصل می‌شود.

$$\alpha - (\theta/2) + \lambda < \varphi \text{ and } \varphi > \alpha + (\theta/2) - \lambda \quad (۸)$$

$$\begin{cases} (1 + \tan^2 \lambda_2)x^2 - 2 \tan^2 \lambda_2 d x + d^2 \tan^2 \lambda_2 - R_T^2 = 0 \\ \lambda_2 = (\alpha + \theta/2) - \varphi \end{cases} \quad (۹)$$

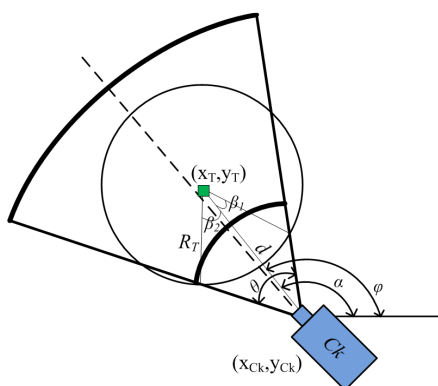
$$\beta_2 = \cos^{-1}(x/R_T) \quad (۱۰)$$



شکل (۸): وضعیت هدف و گره حسگر دوربین‌دار با توجه به رابطه (۸)

اگر در رابطه (۱۱) صدق نماید، هدف ظاهر شونده و گره حسگر دوربین‌دار نسبت به هم در وضعیت نشان داده شده در شکل ۷ قرار دارند. در چنین وضعیتی مقدار زاویه β_1 از روابط (۶) و (۷) و مقدار زاویه β_2 از روابط (۹) و (۱۰) محاسبه می‌شوند.

$$\alpha - (\theta/2) + \lambda > \varphi > \alpha + (\theta/2) - \lambda \quad (۱۱)$$

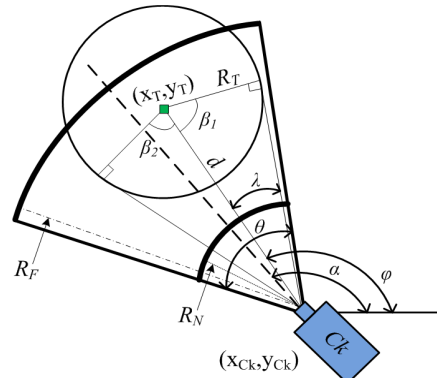


شکل (۷): وضعیت هدف و گره حسگر دوربین‌دار با توجه به رابطه (۱۱)

با قرار گرفتن هدف در دید گره حسگر دوربین‌دار و پس از محاسبه مقادیر β_1 و β_2 بر اساس روابط مذکور، مقدار زاویه پوشش داده شده از هدف $(C_{Angle}(k))$ توسط گره k -ام از رابطه (۱۲) بدست می‌آید.

$$\alpha - (\theta/2) + \lambda < \varphi < \alpha + (\theta/2) - \lambda, \lambda = \sin^{-1}\left(\frac{R_T}{d}\right) \quad (۳)$$

$$\beta_1 = \beta_2 = 90 - \lambda \quad (۴)$$



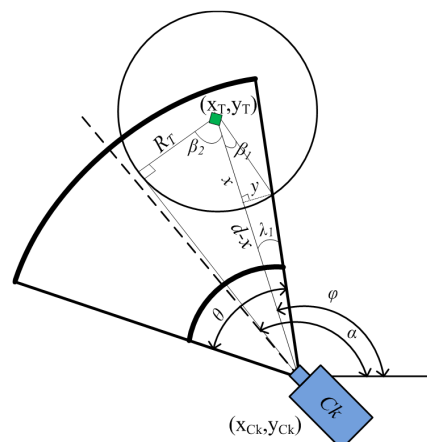
شکل (۳): وضعیت هدف و گره حسگر دوربین‌دار با توجه به رابطه (۳)

اگر φ در رابطه (۵) صدق نماید، هدف ظاهر شونده و گره حسگر دوربین‌دار نسبت به هم در وضعیت نشان داده شده در شکل ۵ قرار دارند. در چنین وضعیتی مقدار زاویه β_2 از رابطه (۴) محاسبه می‌شود. مقدار زاویه β_1 نیز پس از محاسبه مقدار x در رابطه (۶) و جایگذاری آن در رابطه (۷) حاصل می‌شود.

$$\alpha - (\theta/2) + \lambda > \varphi \text{ and } \varphi < \alpha + (\theta/2) - \lambda \quad (۵)$$

$$\begin{cases} (1 + \tan^2 \lambda_1)x^2 - 2 \tan^2 \lambda_1 d x + d^2 \tan^2 \lambda_1 - R_T^2 = 0 \\ \lambda_1 = \varphi - (\alpha - \theta/2) \end{cases} \quad (۶)$$

$$\beta_1 = \cos^{-1}(x/R_T) \quad (۷)$$



شکل (۵): وضعیت هدف و گره حسگر دوربین‌دار با توجه به رابطه (۵)

اگر φ در رابطه (۸) صدق نماید، هدف ظاهر شونده و گره حسگر دوربین‌دار نسبت به هم در وضعیت نشان داده شده در شکل ۶ قرار

آن‌ها اهداف ظاهر شونده متحرک بوده و مدت زمانی که طول می‌کشد تا گره‌های فعال انتخاب شوند محدود می‌باشد، راضی کننده باشند. از این رو در این بخش الگوریتم غیرمتمرکزی با نام الگوریتم پوشش چند-جانبه از هدف توزیع شده (DMTC) ارائه می‌شود. بر اساس این الگوریتم هر گره به تنهایی و فقط بر اساس اطلاعات دریافتی از گره‌های همسایه‌اش تصمیم‌گیری و قرار گرفتن یا نگرفتن در وضعیت فعال را مشخص می‌نماید. مراحل مربوط به الگوریتم ارائه شده که به طور مستقل توسط هر کدام از گره‌ها اجرا می‌شود، در ادامه آورده شده است:

- **مرحله اول:** در این مرحله گره حسگر دوربین دار k -ام که هدف ظاهر شونده را در دید خود می‌بیند با استفاده از روابط ارائه شده در بخش ۲-۳ مقدار زاویه پوشش از هدف را بدست آورده و تعداد قطاع‌های تحت پوشش خود ($C_{Sectors(k)}$) را محاسبه نموده و وارد مرحله ۲ می‌شود.
- **مرحله دوم:** در این مرحله گره حسگر دوربین دار k -ام بر اساس رابطه (۱۳)، تعداد اسلات‌های زمانی انتظار ($WTS(k)$) جهت قرار گرفتن در وضعیت فعال ($Status(k)=Activated$) را مشخص می‌نماید.

$$WTS(k) = \left\lceil \frac{MaxC_{Sectors} - C_{Sectors(k)} + O_{Sectors(k)}}{R} \right\rceil \quad (13)$$

در این رابطه $MaxC_{Sectors}$ بیشترین تعداد قطاع‌های قابل پوشش توسط یک گره حسگر دوربین دار می‌باشد. $C_{Sectors(k)}$ و $O_{Sectors(k)}$ به ترتیب تعداد قطاع‌های تحت پوشش گره k -ام و تعداد قطاع‌های تحت پوششی که قبلاً توسط سایر گره‌های قرار گرفته در وضعیت فعال، پوشش داده شده‌اند، می‌باشند. در رابطه (۱۳) پارامتر R عدد صحیح و مثبتی است که مشخص می‌نماید چه تعداد قطاع باعث تولید یک اسلات زمانی انتظار می‌شوند. پس از مشخص شدن تعداد اسلات‌های زمانی انتظار، شمارنده‌ای با نام $WTS-Counter(k)$ که مقدار اولیه آن صفر می‌باشد، شروع به شمارش می‌نماید. مدت زمانی که طول می‌کشد تا مقدار شمارنده یک واحد زیاد شود، به اندازه یک واحد زمانی انتظار (Slot-Time) می‌باشد. اگر در هنگام شمارش پیام فعال‌سازی (ActivationMsg) که حاوی آدرس گره دوربین دار فعال شده و زاویه تحت پوشش آن می‌باشد، از گره‌های همسایه دریافت شد. گره شمارش را متوقف کرده و بر اساس اطلاعات دریافت شده از گره فعال به مرحله سوم می‌رود. در غیر این صورت یکی شدن مقدار شمارنده با تعداد اسلات‌های زمانی انتظار بدست آمده در $WTS(k)$ نشانگر قرار گرفتن گره k -ام در وضعیت فعال می‌باشد. بنابراین گره k -ام وضعیت خود را در حالت فعال قرار داده ($Status(k)=Activated$) و جهت اطلاع گره‌های همسایه و به هنگام شدن اسلات‌های زمانی انتظار آن‌ها پیام فعال‌سازی^{۱۹} را که حاوی آدرس گره k -ام و زاویه پوشش داده شده توسط آن می‌باشد، تولید و در سرتاسر رنج رادیویی خود پخش همگانی می‌نماید.

$$C_{Angle(k)} = [\varphi + 180 - \beta_2 \quad \varphi + 180 + \beta_1] \quad (12)$$

۳- فراهم آوردن پوشش چند-جانبه از هدف

۳-۱- تعریف مسئله پوشش چند-جانبه از هدف

با توجه به مدل مفروض در بخش ۲-۲، برای هدف ظاهر شونده ۳۶۰ قطاع که هر کدام ۱-درجه می‌باشند در نظر می‌گیریم. بنابراین هر گره حسگر دوربین دار با در نظر گرفتن روابط ارائه شده در بخش ۲-۳ زاویه پوشش از هدف را محاسبه نموده و مشخص می‌نماید که کدام قطاع‌ها و به چه تعداد را تحت پوشش قرار می‌دهد. تعداد قطاع‌های تحت پوشش گره حسگر دوربین دار k -ام را با $C_{Sectors(k)}$ نشان می‌دهیم. در ادامه مسئله پوشش چند-جانبه از هدف را به صورت زیر تعریف می‌نماییم.

- **مسئله پوشش چندجانبه از هدف:** آرمان اصلی برای این مسئله انتخاب گره‌هایی است که با قرار گرفتن آن‌ها در وضعیت فعال تا آنجایی که امکان دارد، بیشترین تعداد قطاع‌ها از هدف ظاهر شونده پوشش داده شده و کم‌ترین هم‌پوشانی زاویه‌ای (پوشش قطاع‌های یکسان با گره‌های متفاوت) حاصل شود.

با در نظر گرفتن تعریف ارائه شده برای مسئله پوشش چندجانبه از هدف، می‌توان این مسئله را همانند مسئله Set-Covering دانست. بنابراین با توجه به NP-Hard بودن مسئله Set-Covering [۲۵]، مسئله پوشش چندجانبه از هدف نیز NP-Hard محسوب می‌شود. از این رو ارائه راهکار مناسبی برای حل مسئله پوشش چندجانبه از هدف از جمله زمینه‌های تحقیقاتی باز در شبکه‌های حسگر بصری محسوب می‌شود.

۳-۲- الگوریتم پوشش چندجانبه از هدف توزیع شده

اگرچه مسئله پوشش چند-جانبه از هدف NP-Hard می‌باشد، اما در مواردی که تعداد محدودی از گره‌های حسگر دوربین دار هدف ظاهر شونده را در دید خود داشته باشند، استفاده از روش متمرکزی مانند BIP گزینه مناسبی برای حل مسئله پوشش چند-جانبه از هدف با انتخاب گره‌های مناسب و قرار دادن آن‌ها در وضعیت فعال بشمار می‌رود [۱۸، ۲۱، ۲۲]. اما در روش‌های متمرکز باید تمامی اطلاعات مورد نیاز جهت پیدا کردن جواب مسئله به یک مکان مشخصی ارسال شده و پس از در دسترس بودن تمامی اطلاعات در آن مکان، راه حل مناسبی برای مسئله ارائه داده شود. در شبکه‌های حسگر بصری ایستگاه مرکزی می‌تواند به عنوان یک مکان متمرکز این وظیفه‌مندی را به عهده بگیرد. اما از آنجایی که ارسال اطلاعات توسط گره‌ها به این ایستگاه و دریافت جواب از آن مستلزم زمان زیادی می‌باشد، روش‌های متمرکز نمی‌توانند برای کاربردهایی که در

۴- نتایج شبیه‌سازی و ارزیابی کارایی

۴-۱- فرض‌های شبیه‌سازی و مقادیر پارامترها

برای ارزیابی کارایی الگوریتم پوشش چند جانبه از هدف توزیع شده (DMTC)، شبیه‌سازی‌ها توسط نرم‌افزار MATLAB-7.6 پیاده‌سازی و بر روی کامپیوتر شخصی با Pentium Dual-Core CPU 2.5GHz اجرا شده‌اند. در شبیه‌سازی‌ها ناحیه تحت نظارت در ابعاد $120m \times 120m$ در نظر گرفته شده و گره‌های حسگر دوربین‌دار به صورت تصادفی و با توزیع یکنواخت در سرتاسر آن پخش شده‌اند. هم‌چنین با فرض اینکه در آن واحد تنها یک هدف در محیط ظاهر می‌شود، شبیه‌سازی‌ها انجام گرفته است. مقادیر در نظر گرفته شده برای پارامترهای موجود در رابطه (۱۳)، مدل گره حسگر دوربین‌دار و مدل هدف ظاهر شونده مطابق جدول ۱ می‌باشند. برای نشان دادن کارایی الگوریتم ارائه شده، نتایج بدست آمده از شبیه‌سازی با جواب‌های دقیق که به صورت متمرکز در ایستگاه مرکزی و با کمک الگوریتم قطعی (برنامه‌ریزی پویا) حاصل می‌شوند، مقایسه شده است.

جدول (۱): مقادیر در نظر گرفته شده برای پارامترها

Parameter	Value
$MaxC_{Sectors}$	180
R	5
θ	72°
R_F	35m
R_N	5m
R_T	5m
$Slot-Time$	$32\mu s$

۴-۲- قطاع‌های پوشش داده شده از هدف

برای محاسبه تعداد قطاع‌های پوشش داده شده از هدف و مقایسه آن با روش قطعی، هدف ظاهر شونده را ۳۰۰ بار به صورت تصادفی و با توزیع یکنواخت در سرتاسر محیط قرار می‌دهیم. در هر بار قرارگیری هدف در محیط تعداد قطاع‌های تحت پوشش را بر اساس گره‌های حسگر دوربین‌دار قرار گرفته در وضعیت فعال که یک بار با الگوریتم ارائه شده و یک بار با روش قطعی انتخاب می‌شوند، محاسبه و ذخیره می‌نماییم. در انتها مجموع نتایج بدست آمده را تقسیم بر تعداد کل اهداف ظاهر شونده در محیط نموده و میانگین تعداد قطاع‌های پوشش داده شده از هدف، توسط الگوریتم ارائه شده و روش قطعی مشخص می‌شوند. شکل ۹ نتایج حاصل از شبیه‌سازی را که با افزایش تعداد گره‌های حسگر دوربین‌دار موجود در ناحیه تحت نظارت انجام شده است، نشان می‌دهد. از آنجایی که در الگوریتم ارائه شده، اگر گره حسگر دوربین‌دار حتی یک قطاع تحت پوشش داشته باشد، که قبلاً توسط سایر گره‌های فعال پوشش داده نشده، در وضعیت فعال قرار

• **مرحله سوم:** در این مرحله گره k -ام با اطلاعاتی که از گره‌های همسایه‌ی قرار گرفته در وضعیت فعال دریافت می‌کند، مشخص می‌نماید که از قطاع‌های تحت پوشش خودش کدام‌ها قبلاً توسط آن‌ها پوشش داده شده است. تعداد این قطاع‌ها همان‌طور که در معرفی پارامترهای رابطه (۱۳) نیز اشاره شد با $O_{Sectors(k)}$ نشان داده شده است. در این مرحله پس از به هنگام کردن $O_{Sectors(k)}$ ، اگر مقدار جدید آن با تعداد کل قطاع‌هایی که گره حسگر دوربین‌دار k -ام پوشش می‌دهد ($C_{Sectors(k)}$) یکی باشد، به معنی پوشش داده شدن تمامی قطاع‌های تحت پوشش این گره توسط سایر گره‌های قرار گرفته در وضعیت فعال می‌باشد. بنابراین دیگر نیازی به فعال شدن گره k -ام نیست ($Status(k)=Inactivated$) و الگوریتم به پایان می‌رسد. در غیر این صورت با مقدار جدید بدست آمده برای $O_{Sectors(k)}$ کار از مرحله دوم ادامه می‌یابد. با توجه به توضیحات داده شده درباره عملکرد الگوریتم DMTC، شبه کد مربوط به این الگوریتم برای گره دوربین‌دار k -ام، در شکل ۸ آورده شده است.

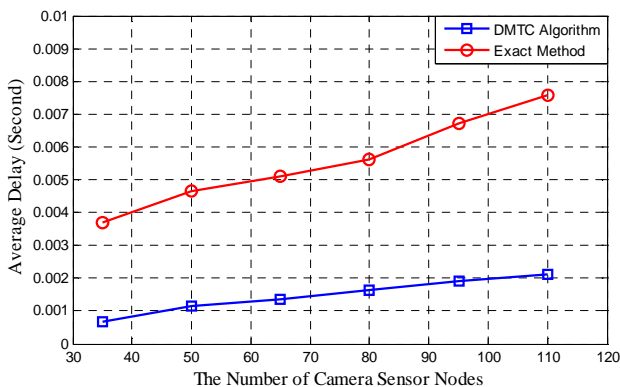
```

1) Input:  $R_N, R_F, R_C, \theta, \alpha, (x_{ck}, y_{ck}), R_T, MaxC_{Sectors}, R, Slot-Time$ ;
2) Output:  $ActivationMsg_{(k)}, Status_{(k)}$ ;
3) Variable:  $C_{Angle(k)}, C_{Sectors(k)}, O_{Sectors(k)}, WTS_{(k)}, (x_T, y_T),$ 
4)  $WTS-Counter_{(k)}$ ;
5) Initialize:  $C_{Sectors(k)}=O_{Sectors(k)}=WTS_{(k)}=WTS-Counter_{(k)}=0$ ;
6) Initialize:  $ActivationMsg_{(k)}=Status_{(k)}=C_{Angle(k)}=(x_T, y_T)=NULL$ ;
7) Monitor Field-of-View until a Target is Detected,
8) Set  $(x_T, y_T)$  by Target Localization Technique [27];
9) Compute  $C_{Angle(k)}$  and  $C_{Sectors(k)}$ ;
10) Compute  $WTS_{(k)}$  according to (13);
11) A: wait One Slot-Time,
12) Increase  $WTS-Counter_{(k)}$  by One;
13) if  $WTS-Counter_{(k)} < WTS_{(k)}$ ,
14) Check Transceiver Buffer;
15) if Received an  $ActivationMsg$  from another Camera Node,
16) Update  $O_{Sectors(k)}$  based on Received  $ActivationMsg$ ;
17) if  $O_{Sectors(k)} == C_{Sectors(k)}$ ,
18)  $Status_{(k)}=Inactivated$ ;
19) else
20) Re-Compute  $WTS_{(k)}$  according to (13);
21) goto A;
22) end;
23) else
24) goto A;
25) end;
26) else
27) Create  $ActivationMsg_{(k)}$ 
    % Put  $C_{Angle(k)}$  and  $k^{th}$  Camera Node ID in  $ActivationMsg_{(k)}$ ;
28) Broadcast  $ActivationMsg_{(k)}$ ;
29)  $Status_{(k)}=Activated$ ;
30) end;
    
```

شکل (۸): شبه کد مربوط به الگوریتم DMTC

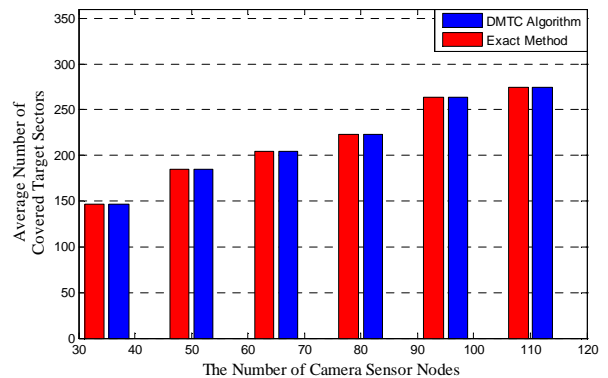
[۲۹] را با در نظر گرفتن وجود ارتباطات تک-گامه میان سرخوشه‌ها و ایستگاه مرکزی، جهت ارسال داده‌ها به ایستگاه مرکزی پیاده‌سازی و بکار گرفته‌ایم. در استاندارد Zigbee معمولاً از فرستنده/گیرنده CC2420 استفاده می‌شود، از آنجایی که برد رادیویی در کاربردهای بیرونی^{۲۰} برای این فرستنده/گیرنده تا ۲۰۰ متر می‌باشد، در شبیه‌سازی‌ها، برد رادیویی میان گره‌های دوربین‌دار و همچنین میان سرخوشه و اعضای آن را ۷۵ متر و برد رادیویی گره‌هایی که به عنوان سرخوشه انتخاب می‌شوند ۱۷۰ متر در نظر گرفته می‌شود. لازم به ذکر است در شبیه‌سازی تأخیر، از مدت زمان پردازش لازم جهت مشخص نمودن موقعیت هدف توسط گره‌ها صرف نظر شده است.

در ادامه برای محاسبه تأخیر در روش ارائه شده و مقایسه آن با روش قطعی، هدف ظاهر شونده ۳۰۰ بار به صورت تصادفی و با توزیع یکنواخت در سرتاسر محیط قرار می‌گیرد. سپس مدت زمانی که طول می‌کشد تا هدف توسط گره‌های منتخب پوشش داده شود، در هر بار قرارگیری هدف در محیط، یک بار توسط الگوریتم ارائه شده و یک بار با روش قطعی، به عنوان تأخیر محاسبه و ذخیره می‌شود. در انتها از نتایج بدست آمده میانگین گرفته و تأخیر بدست آمده توسط الگوریتم ارائه شده و روش قطعی مشخص می‌شود. نتایج شبیه‌سازی که با افزایش تعداد گره‌های حسگر دوربین‌دار انجام شده، در شکل ۱۰ آورده شده است. بررسی نتایج حاصل نشان می‌دهد به طور میانگین برای تغییر تعداد گره حسگر دوربین‌دار از ۳۵ عدد تا ۱۱۰ عدد، الگوریتم ارائه شده ۷۴/۳۶ درصد تأخیر کمتری در مقایسه با روش قطعی و متمرکز دارد. همچنین نمودارهای بدست آمده در شکل ۱۰ نشان می‌دهند که روند افزایش تأخیر با بیشتر شدن تعداد گره‌های حسگر دوربین‌دار در روش قطعی بیشتر از الگوریتم ارائه شده است. برای مثال وقتی تعداد گره‌ها از ۹۵ عدد به ۱۱۰ عدد افزایش می‌یابند، تأخیر در روش قطعی از مقدار ۶/۷ میلی ثانیه به ۷/۶ میلی ثانیه می‌رسد در حالی که در روش ارائه شده تأخیر از مقدار ۱/۹ میلی ثانیه به ۲/۱ میلی ثانیه می‌رسد.



شکل (۱۰): میانگین تأخیر بدست آمده

گرفته و آن را پوشش می‌دهد، این الگوریتم توانسته است همانند روش قطعی تا آنجایی که امکان دارد بیشترین قطاع‌ها از هدف ظاهر شونده را پوشش دهد.



شکل (۹): میانگین تعداد قطاع‌های پوشش داده شده از هدف

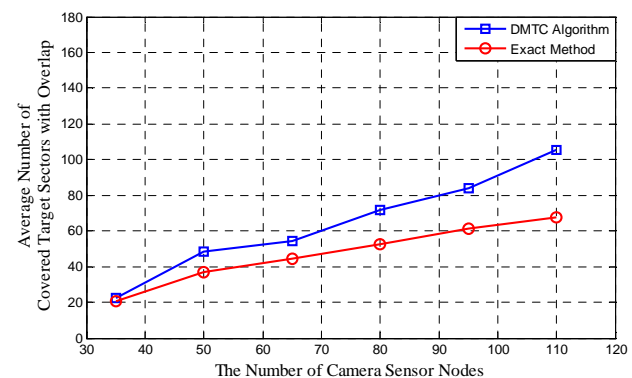
۴-۳- تأخیر جهت مشخص شدن گره‌های فعال

در این بخش منظور از تأخیر مدت زمانی است که طول می‌کشد تا تمامی گره‌هایی که هدف در دید آن‌ها قرار دارد وضعیت نهایی خود را که قرار گرفتن یا نگرفتن در وضعیت فعال می‌باشد، مشخص نمایند. در روش قطعی که به صورت متمرکز در ایستگاه مرکزی اجرا می‌شود، اطلاعات از سوی گره‌هایی که هدف در دید آن‌ها قرار دارد به آنجا ارسال و سپس پیام قرار گیری در وضعیت فعال به گره‌های منتخب بازگردانده می‌شود. بنابراین تأخیر در این روش بازه‌ی زمانی ارسال اطلاعات اولین گره به سمت ایستگاه مرکزی تا لحظه تحویل اطلاعات فعال‌سازی به آخرین گره منتخب می‌باشد. لازم به ذکر است در محاسبه تأخیر از مدت زمان اجرای الگوریتم قطعی در ایستگاه مرکزی، صرف نظر شده است. در روش ارائه شده گره‌هایی که هدف در دید آن‌ها قرار دارد با اجرای الگوریتم توزیع شده وضعیت خود را مشخص می‌نمایند و به محض قرار گرفتن در وضعیت فعال پیام فعال‌سازی را در رنج رادیویی خود پخش همگانی می‌نمایند. بنابراین تأخیر در روش ارائه شده بازه‌ی زمانی است که هدف در دید گره‌ها قرار می‌گیرد تا لحظه‌ای که آخرین پیام فعال‌سازی توسط آخرین گره منتخب ارسال می‌شود.

با توجه به توضیحات داده شده جهت محاسبه تأخیر، نیازمند قالب مشخصی برای پیام‌های ارسالی به سمت ایستگاه مرکزی، پیام فعال‌سازی از ایستگاه مرکزی به گره‌های منتخب و پیام فعال‌سازی پخش همگانی توسط گره‌ها می‌باشیم. در شبیه‌سازی‌ها پیام‌های مذکور را سازگار با استاندارد 802.15.4 (Zigbee [۲۸]) در نظر گرفته و طول هر کدام را به ترتیب ۲۴، ۲۲ و ۲۴ بایت قرار داده‌ایم. همچنین از آنجایی که برای ارسال و دریافت اطلاعات در روش متمرکز، نیازمند به کارگیری یکی از الگوریتم‌های مسیریابی می‌باشیم، در شبیه‌سازی‌ها، الگوریتم LEACH بهبود یافته در

۴-۴- قطاع‌های با پوشش بیش از یک بار

برای محاسبه تعداد قطاع‌های با پوشش بیش از یک بار نیز همانند بخش ۴-۲ پس از هر بار قرارگیری هدف در محیط، تعداد قطاع‌های تحت پوشش بیش از یک بار توسط الگوریتم ارائه شده و روش قطعی، محاسبه و ذخیره می‌گردد. در انتها از نتایج بدست آمده میانگین گرفته و تعداد قطاع‌های با پوشش بیش از یک بار مشخص می‌شوند. بررسی نتایج شبیه‌سازی در شکل ۱۱ که با افزایش تعداد گره‌های حسگر دوربین‌دار صورت گرفته است نشان می‌دهد در روش ارائه شده به طور میانگین تعداد قطاع‌های هم‌پوشان ۲۹/۲۸ درصد بیشتر از روش قطعی می‌باشد. به هر حال با توجه به توزیع شده بودن الگوریتم ارائه شده که نیاز به کنترل کننده مرکزی ندارد و همچنین با در نظر گرفتن مقادیر پوشش و تأخیر بدست آمده توسط آن، از آنجایی که جهت تحقق کاربردهایی با اهداف متحرک، پوشش و تأخیر اهمیت بیشتری نسبت به هم‌پوشانی دارد، مقدار درصد افزایش تعداد قطاع‌های با پوشش بیش از یک بار توسط روش ارائه شده در مقایسه با روش قطعی قابل قبول می‌باشد.



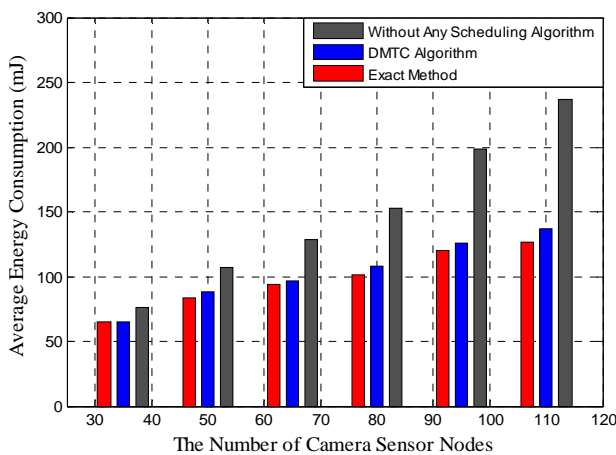
شکل (۱۱): میانگین تعداد قطاع‌ها با پوشش بیش از یک بار

۴-۵- انرژی مصرفی در گره‌های فعال

در این بخش منظور از انرژی مصرفی، مقدار انرژی است که توسط گره‌های حسگر دوربین‌دار منتخب، جهت قرارگیری در وضعیت فعال، مصرف می‌شود. در شبیه‌سازی‌ها فرض شده است که هر گره دوربین‌دار قرار گرفته در وضعیت فعال، به اندازه ۵۰ میلی ژول انرژی مصرف می‌نماید. برای محاسبه مقدار انرژی مصرفی، هدف ظاهر شونده ۳۰۰ بار به صورت تصادفی و با توزیع یکنواخت در محیط تحت نظارت قرار داده می‌شود. در ادامه مقدار انرژی مصرفی برای هر بار قرارگیری هدف در محیط تحت نظارت و با استفاده از روش قطعی، به کارگیری الگوریتم ارائه شده و بدون استفاده از هیچ الگوریتم زمان‌بندی، محاسبه می‌شود. لازم به ذکر است در حالتی که از هیچ الگوریتم زمان‌بندی استفاده نمی‌شود، تمامی گره‌هایی که هدف را در دید خود دارند، جهت فراهم آوردن پوشش چند جانبه از

آن در وضعیت فعال قرار می‌گیرند. از نتایج حاصل از محاسبه انرژی مصرفی، در هر بار قرارگیری هدف، میانگین گرفته و در نتیجه میانگین مقدار انرژی مصرفی برای هر سه حالت مذکور بدست می‌آید.

نتایج مربوط به شبیه‌سازی‌ها با افزایش تعداد گره‌های حسگر دوربین‌دار در شکل ۱۲ آورده شده است. از آنجایی که میزان انرژی مصرفی به تعداد گره‌های قرار گرفته در وضعیت فعال بستگی دارد، الگوریتم قطعی با انتخاب کم‌ترین تعداد گره‌های دوربین‌دار، در مقایسه با دو حالت دیگر، مصرف انرژی کمتری دارد. به هر حال الگوریتم ارائه شده نیز تا حد امکان، با انتخاب تعداد گره کمتر، توانسته است مصرف انرژی کم‌تری را به شبکه تحمیل نماید. به طوری که با در نظر گرفتن تعداد گره‌های دوربین‌دار بین ۳۵ عدد تا ۱۱۰ عدد، الگوریتم غیرمتمرکز ارائه شده در مقایسه با روش قطعی تنها ۴/۵۹ درصد انرژی بیشتری را مصرف می‌نماید اما در حالتی که هیچ الگوریتم زمان‌بندی استفاده نمی‌شود، میانگین مقدار انرژی مصرفی با در نظر گرفتن تعداد گره‌های دوربین‌دار بین ۳۵ عدد تا ۱۱۰ عدد، به ترتیب ۴۷/۳۵ و ۴۰/۵۳ درصد بیشتر از روش قطعی و الگوریتم ارائه شده است. با در نظر گرفتن نتایج بدست آمده، تکیه بر روش‌های زمان‌بندی، جهت کاهش انرژی مصرفی در گره‌های حسگر دوربین‌دار برای مسئله پوشش چند جانبه از هدف ضروری می‌باشد.



شکل (۱۲): میانگین انرژی مصرفی در گره‌های فعال

۴-۶- تعداد پیام‌های کنترلی

در این بخش الگوریتم ارائه شده و الگوریتم قطعی را از لحاظ تعداد پیام‌های کنترلی که جهت انتخاب گره‌های فعال، در شبکه رد و بدل می‌نمایند، با یکدیگر مورد مقایسه قرار می‌گیرد. برای مشخص شدن تعداد پیام‌های کنترلی رد و بدل شده، هدف ظاهر شونده ۳۰۰ بار به صورت تصادفی در محیط تحت نظارت قرار گرفته و در هر بار قرارگیری هدف، تعداد پیام‌های کنترلی رد و بدل شده جهت مشخص شدن گره‌های فعال را در الگوریتم‌های مذکور، بدست

وضعیت فعال را مشخص می‌نماید و نیازی به کنترل کننده مرکزی و جمع شدن اطلاعات در یک مکان متمرکز نیست. بنابراین تأخیر ناشی از ارسال اطلاعات به مکان متمرکز و برگشت جواب از آن مکان به گره‌های منتخب، مرتفع می‌گردد.

نتایج حاصل از شبیه‌سازی الگوریتم ارائه شده و مقایسه آن با نتایج بدست آمده از الگوریتم قطعی که به صورت متمرکز در ایستگاه مرکزی اجرا می‌شود نشان دادند که الگوریتم ارائه شده همانند روش قطعی بیشترین پوشش چند جانبه از هدف را فراهم نموده و از لحاظ تأخیر نیز ۷۴/۳۶ درصد کارایی بهتری را بدست آورده است. اما با توجه به توزیع شده بودن الگوریتم ارائه شده، این الگوریتم از لحاظ کاهش میزان هم‌پوشانی زاویه‌ای، به طور میانگین ۲۹/۲۸ درصد عملکرد ضعیف‌تری نسبت به روش قطعی داشته است. به هر حال با توجه به تحرک اهداف ظاهر شونده در محیط تحت نظارت، تحمل ۲۹/۲۸ درصد هم‌پوشانی زاویه‌ای بیشتر، در مقابل بدست آوردن ۷۴/۳۶ درصد تأخیر کمتر، که منجر به پوشش به موقع از هدف و در نتیجه کسب اطلاعات دقیق‌تر از آن می‌شود، قابل قبول می‌باشد.

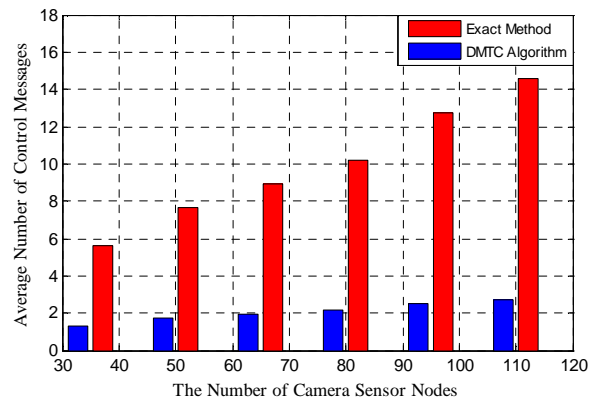
نتایج شبیه‌سازی‌های مربوط به انرژی مصرفی نیز نشان دادند که تکیه بر الگوریتم‌های زمان‌بندی می‌تواند تا حد زیادی انرژی مصرفی را کاهش دهد. علاوه بر این، الگوریتم ارائه شده به طور میانگین تنها ۴/۵۹ درصد عملکرد ضعیفی در مقایسه با انرژی مصرفی در روش قطعی را داشت، که مقدار قابل قبولی می‌باشد. در انتها نیز مشخص شد که میانگین تعداد پیام‌های کنترلی تولید شده در الگوریتم ارائه شده، بسیار کمتر از روش قطعی است.

مراجع

- [1] I. F. Akyildiz, T. Melodia, K. R. Chowdhury, "A survey on wireless multimedia sensor networks", Computer Networks, Vol. 51, No. 4, pp. 921-960, 2007.
- [2] S. Soro, and W. Heinzelman, "A Survey of Visual Sensor Networks", Advances in Multimedia, Vol. 2009, 21 pages, 2009.
- [3] Y. Charfi, N. Wakamiya, M. Murata, "Challenging issues in visual sensor networks", IEEE Wireless Communications, Vol. 16, No. 2, pp. 44-49, 2009.
- [4] I. F. Akyildiz, T. Melodia, K. R. Chowdhury, "Wireless multimedia sensor networks: applications and testbeds", Proc. of the IEEE, Vol. 96, No. 10, pp. 1588-1605, 2008.
- [5] M. A. Guvensan and A. G. Yavuz, "On coverage issues in directional sensor networks: A survey", Ad Hoc Networks, Vol. 9, No. 7, pp. 1238-1255, 2011.
- [6] D. G. Costa, and L. A. Guedes, "The Coverage Problem in Video-Based Wireless Sensor Networks: A Survey", Sensors, Vol. 10, No. 9, pp. 8215-8247, 2010.
- [7] C. Liang, C. Tsai, M. He, "On Area Coverage Problems in Directional Sensor Networks", International Conference on Information Networking, pp. 182-187, 2011.
- [8] N. Tezcan and W. Wang, "Self-orienting wireless multimedia sensor networks for occlusion-free viewpoints", Ad Hoc Networks, Vol. 52, No. 13, pp. 2558-2567, 2008.

می‌آوریم. سپس با میانگین گرفتن از نتایج بدست آمده، میانگین تعداد پیام‌های کنترلی رد و بدل شده برای هر کدام از الگوریتم‌ها، مشخص می‌شوند.

در روش ارائه شده، منظور از پیام‌های کنترلی، همان پیام‌های فعال‌سازی می‌باشند که تنها توسط گره‌های فعال و در برد رادیویی به شبکه تزریق می‌شوند. اما با توجه به اجرای متمرکز روش قطعی در ایستگاه مرکزی، تعداد کل پیام‌های کنترلی در این روش شامل مجموع پیام‌های ارسال شده به ایستگاه مرکزی، از طرف تمامی گره‌هایی که هدف در دید آن‌ها قرار دارد و همچنین شامل مجموع پیام‌های ارسال شده از ایستگاه مرکزی به گره‌های منتخب، جهت قرار گیری در وضعیت فعال می‌باشد. با توجه به توضیحات مذکور، نتایج بدست آمده از شبیه‌سازی‌ها در شکل ۱۳ نشان می‌دهد که برای تعداد گره‌های دوربین دار بین ۳۵ عدد تا ۱۱۰ عدد، به طور میانگین الگوریتم ارائه شده در مقایسه با الگوریتم قطعی ۷۸/۷ درصد پیام کمتری را به شبکه تزریق می‌نماید.



شکل (۱۳): میانگین تعداد پیام‌های کنترلی

۵- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این مقاله ابتدا مسئله پوشش چند-جانبه از هدف که آرمان اصلی آن انتخاب گره‌های حسگر دوربین دار و قرار دادن آن‌ها در وضعیت فعال به طوری که پوشش چند جانبه از هدف با حداقل هم‌پوشانی زاویه‌ای فراهم شود، مطرح گردید. در ادامه بررسی راهکارهای ارائه شده در زمینه مسئله پوشش چند-جانبه از هدف نشان دادند که در آن‌ها از روش‌های متمرکز برای حل این مسئله بهره گرفته شده است. از آنجایی که در بسیاری از کاربردها اهداف ظاهر شونده، متحرک می‌باشند، تأخیر ناشی از ارسال اطلاعات و جمع‌آوری آن‌ها در مکان متمرکز مانند ایستگاه مرکزی و برگرداندن جواب به گره‌های منتخب، در روش‌های متمرکز، نمی‌تواند برای این کاربردها راضی کننده باشد. بنابراین جهت کاهش تأخیر، الگوریتم غیرمتمرکز با نام پوشش چند-جانبه از هدف توزیع شده ارائه شد. با به‌کارگیری الگوریتم ارائه شده، هر گره حسگر دوربین دار تنها با توجه به اطلاعات محلی بدست آمده از گره‌های همسایه، قرار گرفتن یا نگرگرفتن در

- [25] T. H. Cormen, C. E. Leiserson, R. L. Rivest, C. Stein, *Introduction to Algorithms (third edition edition)*, MIT Press, 2009.
- [26] R. Neapolitan and K. Naimipour, *Foundations of Algorithms (Fourth Edition)*, Jones and Bartlett Publishers, 2009.
- [27] H. Oztarak, K. Akkaya, A. Yazici, "Lightweight Object Localization with a Single Camera in Wireless Multimedia Sensor Networks", IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM), pp. 1-6, 2009.
- [28] IEEE Std 802.15.4, *IEEE Standard for Local and metropolitan area networks-Part 15.4: Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs)*, pp. 1-314, 2011.
- [29] W. Guifeng, W. Yong, T. Xiaoling, "An Ant Colony Clustering Routing Algorithm for Wireless Sensor Networks", 3rd International Conference on Genetic and Evolutionary Computing (WGEC), pp. 670-673, 2009.
- [9] Y. Jiang, J. Yang, W. Chen, W. Wang, "A Coverage Enhancement Method of Directional Sensor Network Based on Genetic Algorithm for Occlusion-Free Surveillance", International Conference on Computational Aspects of Social Networks, pp. 311-314, 2010.
- [10] C. Kandoth and S. Chellappan, "Angular mobility assisted coverage in directional sensor networks", In Proceedings of the international conference on network-based information systems, pp. 376-379, 2009.
- [11] H. S. Aghdasi, P. Bisadi, M. E. Moghaddam, M. Abbaspour, "High-Resolution Images with Minimum Energy Dissipation and Maximum Field-of-View in Camera-Based Wireless Multimedia Sensor Networks", Sensors, Vol. 9, No. 8, pp. 6385-6410, 2009.
- [12] Y. Morsly, N. Aouf, M. S. Djouadi, M. Richardson, "Particle Swarm Optimization Inspired Probability Algorithm for Optimal Camera Network Placement", IEEE Sensors Journal, Vol. 12, No. 5, pp. 1402-1412, 2012.
- [13] H. Yang, D. Li, H. Chen, "Coverage Quality based Target-Oriented Scheduling in Directional Sensor Networks", IEEE ICC, pp. 1-5, 2010.
- [14] Y. Cai, W. Lou, M. Li, X. Y. Li, "Energy Efficient Target-Oriented Scheduling in Directional Sensor Networks", IEEE Transactions on Computers, Vol. 58, No. 9, pp. 1259-1274, 2009.
- [15] J. Wen, L. Fang, J. Jiang, W. Dou, "Coverage Optimizing and Node Scheduling in Directional Wireless Sensor Networks", IEEE WiCom, pp. 1-4, 2008.
- [16] W. You-Chiun, C. Yung-Fu, T. Yu-Chee, "Using Rotatable and Directional (R&D) Sensors to Achieve Temporal Coverage of Objects and Its Surveillance Application", IEEE Transactions on Mobile Computing, Vol. 11, No. 8, pp. 1358-1371, 2012.
- [17] J. Ai, A.A. Abouzeid, "Coverage by directional sensors in randomly deployed wireless sensor networks," Journal of Combinatorial Optimization, Vol. 11, No. 1, pp. 21-41, 2006.
- [18] A. Newell, K. Akkaya, E. Yildiz, "Providing multi-perspective event coverage in wireless multimedia sensor networks". LCN, pp. 464-471, 2010.
- [19] S. A. Mostafavi and M. Dehghan, "Optimal visual sensor placement for coverage based on target location profile", Ad Hoc Networks, Vol. 9, No. 4, pp. 528-541, 2011.
- [20] E. Yildiz, K. Akkaya, E. Sisikoglu, M. Sir, I. Guneydas, "Camera Deployment for Video Panorama Generation in Wireless Visual Sensor Networks", IEEE International Symposium on Multimedia (ISM), pp. 595-600, 2011.
- [21] S. M. Hoseini, M. Dehghan, H. Pedram, "Sensor selection using circular target model in Visual Sensor Networks", International Symposium on Computer Networks and Distributed Systems (CNDS), pp. 164-169, 2011.
- [22] S. M. Hoseini, M. Dehghan, H. Pedram, "Full angle coverage in visual sensor networks", 2nd International Conference on Computer and Knowledge Engineering (ICCCKE), pp. 260-265, 2012.
- [23] K.Y. Chow, K.S. Lui, E.Y. Lam, "Maximizing Angle Coverage in Visual Sensor Networks," IEEE International Conference on Communication (ICC'07), pp. 3516- 3521, 2007.
- [24] K.Y. Chow, K.S. Lui, E.Y. Lam, "Wireless sensor networks scheduling for full angle coverage," Multidim Syst Sign Process, Vol. 20, No. 2, pp.101-119, 2009.

زیر نویس ها

- ¹ Camera Sensor Nodes
- ² Visual Sensor Networks
- ³ Environment Surveillance
- ⁴ Battlefield Monitoring
- ⁵ Area Coverage
- ⁶ Target Coverage
- ⁷ Active Mode
- ⁸ Particle Swarm Optimization
- ⁹ Binary Integer Programming
- ¹⁰ Occurred Targets
- ¹¹ Multi-Perspective Target Coverage
- ¹² Tracking
- ¹³ Base Station (Sink)
- ¹⁴ Distributed Multi-perspective Target Coverage
- ¹⁵ Exact Method
- ¹⁶ Dynamic Programming
- ¹⁷ Field-of-View
- ¹⁸ Waiting Time Slots
- ¹⁹ Activation Message
- ²⁰ Outdoor Applications