

خوشه بندی گره‌ها در شبکه‌های موردی بی‌سیم مبتنی بر الگوریتم KPP

حسین سالخورده کول^۱؛ محمدرضا میبیدی^۲

چکیده

در شبکه‌های موردی بی‌سیم، عملیات همه پخش پیام‌ها از طریق مکانیزم سیلاب سراسری صورت می‌گیرد، که بکارگیری این مکانیزم، هزینه بسیاری را از نظر ارسال مجدد پیام‌ها و محدودیت در انرژی گره‌ها، بر این شبکه‌ها تحمیل می‌نماید. یک مجموعه حاکم متصل ضعیف (WCDS) ساختاری را در شبکه‌های موردی ایجاد می‌کند که توسط آن می‌توان همه پخش پیام‌ها را از طریق خوشه‌بندی گره‌ها در این نوع شبکه‌ها، مدیریت نمود بطوریکه، فقط گره‌های موجود در مجموعه حاکم متصل ضعیف عمل ارسال بسته‌ها را انجام می‌دهند. مسأله مجموعه حاکم متصل ضعیف یک مسأله بغرنج بوده، که برای حل آن یکسری الگوریتم‌های تقریبی ارائه شده است. در این مقاله، ما الگوریتم متمرکز WCDS-KPP مبتنی بر اصل نزدیکی گره‌ها در گراف را، جهت یافتن یک مجموعه حاکم متصل ضعیف کمینه، پیشنهاد می‌نماییم.

در گام اول، از یک الگوریتم یافتن کوتاهترین مسیر، به منظور تعیین حداقل فاصله گره‌ها در گراف استفاده می‌گردد. سپس بوسیله الگوریتم (KPP) Key Player Problem، گره‌ها بر اساس فاصله نسبی آن‌ها با سایر گره‌ها در شبکه وزن دهی شده و گره‌های حاکم براساس وزن آن‌ها تعیین می‌شوند. نتایج حاصل از شبیه سازی روش پیشنهادی، با برخی از بهترین الگوریتم‌های موجود مورد مقایسه قرار گرفته که نتیجه این مقایسات، کارایی الگوریتم پیشنهادی را از نظر کمینه بودن تعداد گره‌های حاکم، نسبت به الگوریتم‌های ذکر شده نشان می‌دهد.

کلمات کلیدی

مجموعه حاکم متصل ضعیف، شبکه‌های موردی بی‌سیم، خوشه بندی، الگوریتم KPP.

۱. مقدمه

شبکه موردی بی‌سیم، یک شبکه ارتباطی بی‌سیم چندگانه^۳ است که قادر به پشتیبانی مجموعه‌ای از میزبان‌های متحرک می‌باشد. این شبکه‌ها فاقد یک زیرساخت شبکه ای ثابت و مدیریت مرکزی هستند که در این شبکه‌ها میزبان‌های متحرک می‌توانند یک زیر ساخت شبکه ای موقتی را در یک مدل موردی ایجاد کنند. در این شبکه‌ها دو میزبان در صورتی می‌توانند به طور مستقیم با یکدیگر ارتباط برقرار کنند که در محدوده ارسال یکدیگر قرار گیرند و به صورت غیرمستقیم از طریق میزبان‌های میانی با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند. هر میزبان نقش یک مسیریاب و انتقال دهنده بسته‌ها به سوی مقصد نهایی را ایفا می‌کند. ساده ترین راه به منظور پخش سراسری، انتشار کورکورانه بسته‌ها توسط گره‌های میزبان است در این حالت هر گره دریافت کننده بسته، مجدداً ارسال می‌نماید که این روش باعث افزایش برخورد میان بسته‌ها و همچنین تکرار ارسال غیرضروری بسته‌ها می‌گردد که به نوبه خود موجب اتلاف منابع انرژی و همچنین پهنای باند شبکه می‌گردد [۶]. از اینرو راهکارهای مختلفی به منظور پخش سراسری بسته‌ها پیشنهاد گردیده است، که ایجاد ستون فقرات از طریق تعیین مجموعه حاکم متصل کمینه از مهمترین

^۱. دانشجوی کارشناسی ارشد کامپیوتر، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه آزاد قزوین، h.salkhordeh@qiau.ac.ir

^۲. عضو هیأت علمی دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، mmeybodi@aut.ac.ir

^۳Multi-hop

این روش ها می باشد [۶]. محدودیت های شدید منبعی این نوع از شبکه ها، از قبیل محدودیت های پهنای باند و توان مصرفی، همچنین فقدان زیرساخت های شبکه ای ثابت و کارآمد و مدیریت متمرکز، مسیریابی و انتقال بسته ها در شبکه را با مشکل مواجه کرده و هزینه زیادی را بر شبکه تحمیل می کند، از اینرو برای حصول یک کارایی عالی در شبکه های موردی باید سربار میزبان ها را تا حد ممکن کاهش داد.

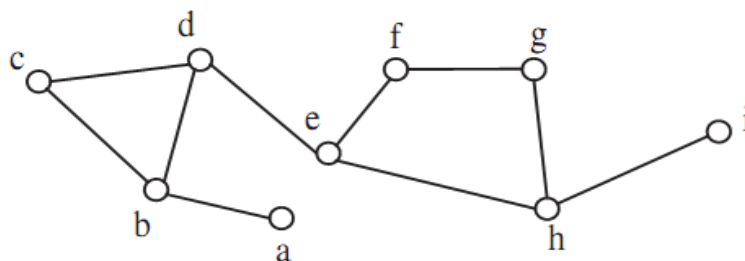
یک شبکه موردی را می توان به کمک گراف دیسکی واحد $G = (V, E)$ نشان داد که در آن، رئوس گراف معرف گره های میزبان بوده و هر یال از گراف، دو میزبان را که در محدوده ارسال یکدیگر قرار دارند متصل می نماید. مجموعه حاکم S ، زیر مجموعه ای از مجموعه V می باشد بطوری که هر گره در $V-S$ حداقل با یک گره از مجموعه S مجاور باشد. مجموعه حاکم متصل کمینه S ، یک مجموعه حاکم به صورت یک زیر گراف متصل از G با پایین ترین کاردینالیتی است [۱]. یافتن مجموعه حاکم متصل جزء مسائل بگرنج است [۸]، [۷]. از اینرو الگوریتم های متمرکز و توزیع شده بسیاری برای حل آن پیشنهاد شده است.

گوها و کاهلر [۲] دو الگوریتم اکتشافی حریصانه با تضمین دامنه کارایی ارائه داده اند که در الگوریتم اول، مجموعه حاکم متصل از یک گره شروع شده و به سمت گره های دیگر رشد می کند. در الگوریتم دوم، ابتدا یک مجموعه حاکم متصل ضعیف ایجاد شده، سپس گره های میانی برای ایجاد یک مجموعه حاکم متصل انتخاب می شوند. الذوبی و همکارانش [۵]، [۴] دو نسخه از یک الگوریتم را بمنظور ایجاد مجموعه حاکم در یک شبکه بی سیم فراهم کردند. در هر دو الگوریتم، از یک استراتژی برچسب زنی تکراری استفاده کردند تا گره های حاکم گراف را برپایه رتبه هایشان دسته بندی نمایند. چن و لیستمن [۳]، یک سری از الگوریتم های تقریبی را برای محاسبه مجموعه حاکم متصل ضعیف به منظور استفاده در خوشه بندی شبکه های موردی پیشنهاد دادند. فانک و همکارانش [۹] الگوریتمی را بر مبنای یک مکانیزم ساده رنگ آمیزی گراف به منظور ایجاد مجموعه حاکم متصل ضعیف ارائه داده اند. هان و همکارانش [۱۰] یک الگوریتم توزیع شده مبتنی بر ناحیه^۴ برای ایجاد مجموعه حاکم متصل ضعیف پیشنهاد داده اند که در این الگوریتم گره های شبکه به یکسری نواحی بخش بندی شده و از شرایط خاصی برای انتخاب گره های مجموعه حاکم متصل ضعیف در هر ناحیه استفاده می گردد. ترکستانی [۱۱] الگوریتم تقریبی متمرکزی مبتنی بر اتوماتای یادگیر توزیع شده^۵ به نام DLA-CC برای حل مسئله مجموعه حاکم متصل ضعیف در یک گراف ارائه داده است. در این الگوریتم ابتدا به هر گره در شبکه یک اتوماتای یادگیر نسبت داده می شود که هر یک مجموعه اعمال خود را دارند و همچنین می توانند این مجموعه اعمال را هرس نمایند، عمل هایی که حذف می شوند متناظر با گره های حاکم و همسایه های آن ها می باشد.

در این مقاله یک الگوریتم تقریبی به منظور خوشه بندی گره ها و همچنین ایجاد مجموعه حاکم متصل ضعیف در شبکه های موردی بی سیم ارائه می گردد. الگوریتم تقریبی پیشنهادی با یافتن مجموعه حاکم متصل با کاردینالیتی پایین برای گراف شبکه، ستون فقراتی را در سطح شبکه ایجاد می نماید. درگام اول، از یک الگوریتم یافتن کوتاهترین مسیر، به منظور تعیین حداقل فاصله گره ها در گراف استفاده می شود. سپس بوسیله الگوریتم Key Player Problem (KPP)، گره ها را بر اساس فاصله نسبی آن ها با سایر گره ها در شبکه وزن دهی کرده و گره های حاکم را براساس وزن آن ها تعیین می نماید. نتایج حاصل از شبیه سازی روش پیشنهادی، با برخی از بهترین الگوریتم های موجود مورد مقایسه قرار گرفته که نتیجه این مقایسه کارایی الگوریتم پیشنهادی را از نظر کمینه بودن تعداد گره های حاکم، نسبت به الگوریتم های ذکر شده نشان می دهد. در ادامه این مقاله و در بخش ۲ الگوریتم KPP به اختصار شرح داده شده سپس در بخش ۳ نیز الگوریتم پیشنهادی به تفصیل مورد بررسی قرار داده می شود. همچنین در بخش ۴ نتایج شبیه سازی های انجام شده و در بخش ۵ خلاصه و نتیجه گیری مقاله ارائه می گردد.

۲. الگوریتم KPP

این الگوریتم در پردازش زبان های طبیعی و همچنین شبکه های اجتماعی کاربرد دارد [۱۳]. در این الگوریتم گره ای از گراف اولویت بالاتری دارد که فاصله کمتری با سایر رئوس گراف داشته باشد [۱۲]:



^۴Unit Disk Graph(UDG)

^۵area

^۶Distributed Learning Automata

شکل ۱: گراف ایجاد شده از شبکه

$$KPP(v) = \frac{\sum_{u \in V: u \neq v} \frac{1}{d(u,v)}}{|V| - 1} \quad (۱)$$

بطوریکه صورت کسر مجموع معکوس کوتاهترین فاصله بین گره v و سایر گره های دیگر و همچنین مخرج کسر تعداد گره های موجود در گراف (شامل گره V) است. از اینرو KPP یک گره غیر متصل بر طبق معادله (۲) یک عدد ثابت کوچک است.

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{|V|} \quad (۲)$$

برای مثال، KPP گره های a و f در شکل ۱ برابر است با:

$$kpp(a) = \frac{1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \frac{1}{5}}{8} = 0.40$$

$$kpp(f) = \frac{1 + 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4}}{8} = 0.53$$

در نتیجه گره f به دلیل فاصله کمتر نسبت به سایر گره ها از اهمیت بیشتری برخوردار است.

۳. الگوریتم ایجاد مجموعه حاکم متصل ضعیف مبتنی بر الگوریتم KPP

فرض می شود که گره های میزبان از طریق یک کانال بی سیم همه پخشی عمومی و با استفاده از آنتن های همه جهته، که همگی از محدوده ارسال یکسانی برخوردارند، با یکدیگر ارتباط برقرار می نمایند. به عبارت دیگر، در طراحی و تحلیل الگوریتم پیشنهادی، گراف معادل شبکه، یک گراف دیسکی واحد در نظر گرفته می شود. هر گره درون شبکه یک شماره شناسایی منحصر به فرد داشته و از شماره شناسایی گره های مجاور خود آگاه است. هر دو گره از شبکه تنها در صورتی که یک کانال ارتباطی مستقیم دو سویه میان آنها برقرار باشد، به یکدیگر متصل می شوند. بنابراین، گراف حاصل گرافی غیر جهتدار در نظر گرفته می شود.

در ابتدا تعداد گام های هر گره با سایر گره ها محاسبه شده سپس با استفاده از الگوریتم KPP به هر یک از گره های گراف بر اساس فاصله آن گره با سایر گره ها وزنی تخصیص داده می شود، در آخرین مرحله گره های با بیشترین وزن به عنوان گره حاکم انتخاب می گردند. تشریح مراحل الگوریتم در ادامه آمده است.

گام ۱. در ابتدا با استفاده از الگوریتم فلوید کوتاهترین مسیر هر گره تا سایر گره ها بر اساس تعداد گام، محاسبه می گردد.

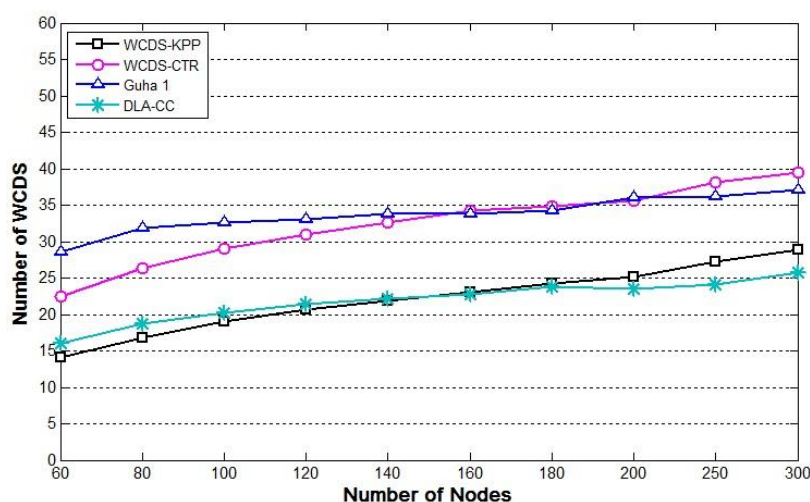
گام ۲. از طریق الگوریتم KPP و بر اساس فاصله محاسبه شده، به هر یک از گره ها وزنی تخصیص داده می شود. گره ای که کمترین فاصله را با گره های دیگر دارد، دارای بیشترین وزن است.

گام ۳. در این مرحله گره با بیشترین وزن به عنوان گره حاکم انتخاب می شود، سپس تمامی گره هایی که در همسایگی گره انتخاب شده قرار دارند از لیست گره های کاندید مجموعه حاکم حذف می گردند.

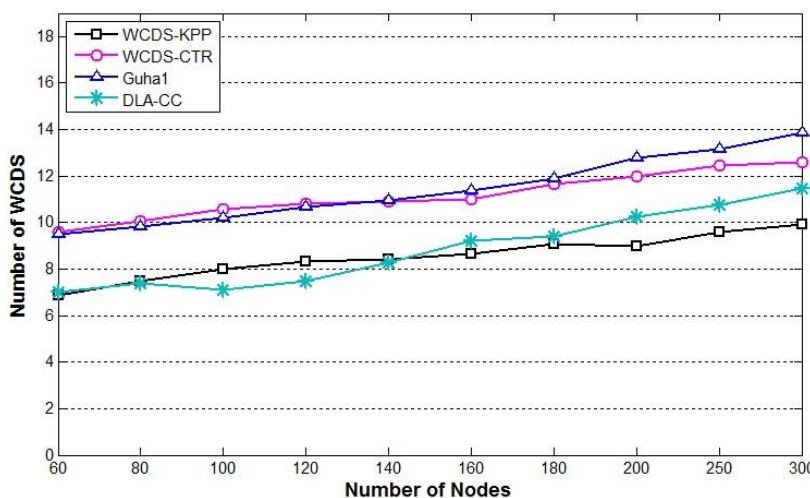
تا زمانی که تمامی گره های گراف پیمایش شوند، مرحله ۳ به صورت تکراری اجرا می شود.

۴. نتایج آزمایشات

در این بخش، به منظور ارزیابی عملکرد الگوریتم پیشنهادی، نتایج حاصل از شبیه سازی الگوریتم با نتایج برخی از الگوریتم های موجود به لحاظ اندازه مجموعه حاکم مقایسه می گردد. از جمله این الگوریتم ها، Guha I [۲]، WCDS-CTR [۳]، DLA-CC [۱۱] می باشند که برای مقایسه با نتایج بدست آمده توسط الگوریتم پیشنهادی انتخاب گردیده اند. در این آزمایشات، نرم افزار شبیه ساز، گراف های متصلی را از طریق توزیع تصادفی گره ها در یک ناحیه 100×100 تولید می نماید. فرض می شود که تمامی گره های میزبان از محدوده ارسال رادیویی یکسانی برخوردارند. گره های میزبانی که در شعاع ارسال یکدیگر قرار دارند قادرند تا بطور مستقیم با یکدیگر ارتباط برقرار نمایند. پس از توزیع تصادفی گره ها، بررسی می شود که گراف تولید شده متصل باشد. مجموعه حاکم متصل ضعیف بر روی گراف تولید شده ایجاد و اندازه آن تعیین می گردد. محدوده ارسال رادیویی گره ها و همچنین تعداد گره ها درون شبکه، دو پارامتر مهم هستند که اندازه مجموعه حاکم تولید شده را تحت تاثیر قرار می دهند. آزمایشات برای هر مقدار از پارامتر ها، ۱۰۰ مرتبه تکرار شده و فرض می شود که محدوده ارسال رادیویی هر گره میزبان ۱۵ و سپس ۳۰ می باشد. آزمایشات به ترتیب با تعداد گره های ۶۰ تا ۳۰۰ تکرار و نتایج در اشکال ۲ و ۳ آورده شده است. با مقایسه نمودارهای نشان داده شده در شکل ۳ می توان دریافت که با افزایش شعاع ارسال رادیویی گره های شبکه، اندازه مجموعه حاکم متصل کاهش یافت. علت این امر آنست که گره های حاکم با محدوده ارسال رادیویی بیشتر، قادرند تا تعداد گره های بیشتری را پوشش دهند و در نتیجه مجموعه حاکم با تعداد گره کمتری ایجاد می گردد.



شکل ۲: نتایج شبیه سازی با گره هایی با برد ۱۵



شکل ۳: نتایج شبیه سازی با گره هایی با برد ۳۰

مجموعه حاکم ایجاد شده توسط الگوریتم پیشنهادی ستون فقراتی را در شبکه ایجاد می کند، که کمترین تعداد گره های حاکم را در مقایسه با سایر روش های ذکر شده داراست.

۵. خلاصه و نتیجه گیری

در شبکه های موردی با توجه به محدودیت های پهنای باند و نیز انرژی گره ها، همه بخشی پیام ها و طوفان انتشار ناشی از آن، هزینه زیادی را بر شبکه تحمیل کرده و موجب افت کارایی شبکه می شود. یک مجموعه حاکم متصل، ستون فقراتی را در شبکه ایجاد می کند که نرخ ارسال مجدد پیام ها در شبکه و همچنین توان مصرفی گره ها را به حداقل می رساند. در الگوریتم پیشنهادی، از طریق وزن دهی گره های شبکه، مجموعه حاکم ایجاد می گردد. کارائی روش پیشنهادی در مقایسه با روش های ذکر شده، شبیه سازی و ارزیابی گردید و مشخص شد که مجموعه حاکم ایجاد شده توسط الگوریتم پیشنهادی دارای کمترین کاردینالیتی می باشد.

۶. مراجع

- [۱] J.Blum, M.Ding, A.Thaelerand X.Cheng, "Connected dominating set in sensor networks and manets", *Kluwer Academic Publishers*, pp. ۳۲۹-۳۶۹, ۲۰۰۴.
- [۲] S. Guhaand S.Khuller, "Approximation algorithms for connected dominating sets", *journal of Algorithmica*, Vol. ۲۰, No. ۴, pp.۳۷۴-۳۸۷, Apr ۱۹۹۸.
- [۳] Y. Chenand A. Liestman, "Approximating minimum size weakly-connected dominating sets for clustering mobile ad hoc networks", *ACM MobiHoc*, June ۲۰۰۲.
- [۴] M. Alzoubi, P.J. Wanand O. Frieder, "New distributed algorithm for connected dominating set in wireleess ad hoc networks", *Proceedings of the ۳۵th Hawaii International Conference on System Sciences*, Big Island, Hawaii, ۲۰۰۲.
- [۵] K.M. Alzoubi, P.J. Wanand O. Frieder, "Distributed heuristics for connected dominating sets in wireless ad hoc networks", *Journal of Communications and Networks*, Vol. ۴, No. ۱, Mar ۲۰۰۲.
- [۶] X. Cheng, "Routing issues in ad hoc wireless networks", *PhD Thesis, Department of Computer Science*, University of Minnesota, ۲۰۰۲.
- [۷] B. N. Clark, C. J. Colbourn, and D. S. Johnson, "Unit Disk Graphs," *Discrete Mathematics*, Vol. ۸۶, pp. ۱۶۵-۱۷۷. ۱۹۹۰.
- [۸] M.V. Marathe, H. Breu, H.B. Hunt III, S.S. Ravi, D.J. Rosenkrantz, "Simple Heuristics for Unit Disk Graphs," *Networks*, Vol. ۲۵, pp. ۵۹-۶۸, ۱۹۹۵.
- [۹] S. Funke, A. Kesselmany, U. Meyer and M. Segal, "A Simple Improved Distributed Algorithm CDS in Unit Disk Graphs", *IEEE International Conference on Wireless And Mobile Computing, Networking And Communications (WiMob'۲۰۰۵)*, Vol.۲, pp. ۲۲۰-۲۲۳.
- [۱۰] B. Han and W. Jia, "Efficient Construction of Weakly-Connected Dominating Set for Clustering Wireless Ad Hoc Networks", *GLOBECOM '۰۶. IEEE*, pp ۱-۵, ۲۰۰۶.
- [۱۱] J. R. Torkestani and M. R. Meybodi, "Clustering the wireless Ad-hoc Networks: A Distributed Learning Automata Approach ", *Journal of Parallel and Distributed Computing*, Vol ۷۰, pp. ۳۹۴-۴۰۵, ۲۰۱۰.
- [۱۲] S.P.Borgatti, "Identifying Sets of Key Players in a Network," *Proc.Conf.Integration of Knowledge Intensive Multi-Agent Systems*, pp.۱۲۷-۱۳۱, ۲۰۰۳.
- [۱۳] R. Navigli and M. Lapata, "Graph Connectivity Measures for Unsupervised Word Sense Disambiguation", *IJCAI-۰۷*, ۲۰۰۷.