

طراحی سلولی با استفاده از روش خوشه‌بندی FCM بر پایه مدل احتمالاتی حرکت کاربر سیار

حسام محمد حسینی	پیام امانی	رامین مهران	علیرضا فاتحی
دانشگاه تربیت مدرس	دانشگاه صنعتی	دانشگاه صنعتی	دانشگاه صنعتی
خواجه نصیرالدین طوسی	خواجه نصیرالدین طوسی	خواجه نصیرالدین طوسی	خواجه نصیرالدین طوسی
h_mhosseini@modares.ac.ir	p_amani@ieee.org	RMehran@kntu.ac.ir	fatehi@kntu.ac.ir

چکیده

جایابی بهینه آنتن‌ها در شبکه سلولی برای تامین برقراری ارتباط با کیفیت تضمین شده، بالابردن کارایی شبکه و مدیریت بهتر منابع شبکه از اهمیت زیادی برخوردار است. بدین منظور ابتدا از یک مدل احتمالی برای شبیه سازی حرکت کاربر سیار استفاده شده است. سپس با استفاده از روش خوشه‌بندی¹ FCM، روشی برای تعیین محل بهینه آنتن‌ها ارائه گردیده است. نتایج، همچنین برای طراحی الگوی آنتن در شبکه نیز مناسب می‌باشند.

کلمات کلیدی: مدل احتمالاتی حرکت کاربر سیار، طراحی سلولی، خوشه بندی، FCM

۱-مقدمه

در طراحی یک شبکه سلولی، یکی از مهم‌ترین موارد مورد توجه، جایابی بهینه آنتن‌ها می‌باشد. این امر با هدف دستیابی به کامل‌ترین سطح پوشش ارتباطی با QoS تضمین شده و نیز بالا بردن کارایی شبکه سلولی انجام می‌پذیرد [1]. یک شبکه سلولی با هدف مدیریت بهتر منابع، پیش‌بینی شرایط Handoff و Handover در شبکه و نیز افزایش QoS، لازم است بصورت مستمر از محل کاربرانش مطلع باشد [2]. لذا، پیش‌بینی حرکت کاربران در شبکه سلولی حائز اهمیت می‌باشد. مدل‌های حرکت کاربران به دو دسته مدل‌های کاربر مستقل و مدل گروهی تقسیم می‌شوند [3]. تعدادی از مدل‌های بکار رفته برای مدلسازی شبکه سلولی شامل مدل‌های قدم زدن تصادفی، جهت تصادفی، مدل‌های مبتنی بر حالت مانند مدل مارکوف و مدل تصادفی گوس مارکوف می‌گردند [4]، [5]، [6].

¹ Fuzzy C-Mean Clustering

در طراحی محل آنتنهای شبکه سلولی، بطور کلاسیک منطقه مورد نظر به تعدادی شش ضلعی تقسیم شده و آنتنها در مراکز این شش ضلعی ها قرار می گیرند [2].

در این مقاله، ابتدا یک مدل احتمالاتی برای حرکت کاربران در شبکه سلولی ساده شده مفروض بر اساس مدل مارکوف، طراحی می شود که جزئیات آن در بخش ۲ مطرح خواهد شد. در بخش ۳ به معرفی روش خوشه بندی FCM و بیان روش شبیه سازی آن می پردازیم. در بخش ۴ به بیان نتایج شبیه سازی ها با استفاده از FCM برای جایابی بهینه مکان و الگوی آنتن های شبکه پرداخته خواهد شد.

۲- معرفی مدل احتمالاتی حرکت کاربران

به منظور شبیه سازی حرکت کاربران سیار در یک شبکه سلولی از یک مدل احتمالاتی به شرح زیر استفاده گردید. شبکه سلولی مفروض، محیطی است به شکل مستطیل به طول ۲۰۰ گام و عرض ۱۰۰ گام که با مربع هائی به اندازه ضلع یک گام (به طور مثال فاصله دو تقاطع) پوشانده شده است. یک کاربر تنها می تواند بر روی اضلاع این مربع ها حرکت نماید.

برای شبیه سازی مدل احتمالاتی متناظر با حرکت کاربران فرض می کنیم کاربر در گام بعدی با احتمال 0.6 در جهت قبلی به حرکت خود ادامه می دهد، با احتمال 0.15 به سمت راست می پیچد، با احتمال 0.15 به سمت چپ می پیچد، با احتمال 0.05 در جای خود ثابت می ماند و با احتمال 0.05 به عقب تغییر مسیر می دهد.

تعداد کاربران حاضر در محیط ۴۰ کاربر بوده که هر کدام از نقطه شروعی که بصورت تصادفی انتخاب می شود ۳۰۰ گام در محیط مذکور با مدل احتمالاتی فوق طی می نمایند. شکل ۱ نشان دهنده مسیر طی شده توسط یک کاربر نمونه پس از برداشتن ۳۰۰ گام می باشد. در شکل محل شروع حرکت با فلش مشخص شده است. پس از اتمام شبیه سازی مختصات نقاط طی شده توسط کاربران به عنوان اطلاعات ورودی برای استفاده در روش FCM تلقی می شوند. شکل ۲ نشان دهنده توزیع نمونه این نقاط برای ۴۰ کاربر پس از طی ۳۰۰ گام مذکور می باشد.

همانگونه که انتظار می رفت تراکم عبور کاربران از بعضی نقاط محیط بطور متوسط، بیشتر از دیگر نقاط محیط تحت پوشش است که ضرورت استفاده از آنتن با ظرفیت بیشتر را در آن مناطق تأیید می نماید.

۳- روش خوشه بندی FCM

خوشه بندی یک روش آماری برای بررسی این موضوع است که آیا اجزاء یک اجتماع با انجام مقایسه های کمی به گروه های مجزا تقسیم می گردند یا نه و این گروه ها کدامند. روش خوشه بندی FCM یک روش خوشه بندی اطلاعات می باشد که در آن هر نقطه اطلاعات با یک درجه عضویت مشخص متعلق به یک خوشه می باشد. این روش ابتدا توسط Jim Bezdek [7] در سال ۱۹۸۱ به عنوان روشی برای بهسازی روش های خوشه بندی پیش از آن ارائه شد. FCM روشی را برای خوشه بندی اطلاعاتی از یک فضای چند بعدی، به چندین خوشه ارائه می دهد.

مراحل طی شده در روش FCM برای محاسبه مرکز خوشه ها به شرح زیر است. مراکز اولیه خوشه ها می تواند به طور تصادفی انتخاب گردد. با این وجود با توجه به اطلاعات موجود می توانیم محل تقریبی آنها را حدس زده و به عنوان مراکز اولیه استفاده نماییم. در اکثر موارد این فرض اولیه صحیح نمی باشد. در FCM به هر نقطه اطلاعات درجه عضویتی در هر خوشه نسبت داده می شود. با تازه سازی مکرر مراکز خوشه ها و درجه های عضویت برای تک تک نقاط اطلاعات، مراکز خوشه ها به تدریج به محل صحیح آنها نزدیک می شوند. این تکرار بر پایه کمینه سازی یک تابع هدف انجام می شود. این تابع نشانگر فاصله نقاط اطلاعات از مراکز خوشه ها می باشد، که بوسیله درجه عضویت نقاط اطلاعات

به خوشه‌های مذکور وزن دهی شده است. تعداد خوشه‌ها می‌بایست از قبل معلوم باشد. با فرض آنکه C_i ، i آمین خوشه، N ، تعداد نمونه‌ها و M تعداد خوشه‌ها باشد، برای خوشه‌ها می‌توان خواص زیر را برشمرد:

$$1- \bigcup_{i=1}^M C_i = U \quad \text{مجموع تمام خوشه‌ها کاملاً فضای نمونه‌ها را می‌پوشانند.}$$

$$2- \text{به ازاء هر } i \neq j, C_i \cap C_j = \emptyset \quad \text{خوشه‌ها همپوشانی ندارند.}$$

$$3- \emptyset \subset C_i \subset U \quad \text{هیچ خوشه‌ای نمی‌تواند تهی باشد و همچنین هر خوشه زیرمجموعه‌ای از مجموعه جهانی } U \text{ (شامل کل نمونه‌ها) می‌باشد.}$$

$$4- 2 \leq M \leq N \quad \text{حداقل تعداد خوشه‌ها ۲ و حداکثر برابر تعداد کل نمونه‌ها می‌باشد.}$$

درجه عضویت نقطه k ام به خوشه i ام از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$(1) \quad \mu_i(x_k) = \frac{1}{\sum_{j=1}^M \left(\frac{d_{ik}}{d_{jk}} \right)^{2/(q-1)}}$$

که در آن q نشانگر نمای فازی بوده و در اختیار طراح می‌باشد. همچنین d_{ik} فاصله نمونه k ام (x_k) از مرکز خوشه i ام (C_i) می‌باشد:

$$(2) \quad d_{ik} = \|x_k - c_i\|$$

تابع هدفی که در این روش می‌بایست کمینه گردد به شرح زیر است:

$$(3) \quad L = \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N [\mu_j(x_i)] \|x_i - c_j\|^2$$

کمینه سازی این تابع با توجه به محدودیت اشاره شده در معادله ۴، از روش ضرایب لاگرانژ صورت می‌پذیرد:

$$(4) \quad \sum_{j=1}^m \mu_j(x_i) = 1$$

بدین منظور عبارات زیر محاسبه می‌شوند.

$$(5) \quad \frac{\partial L}{\partial c_j} = 0; \quad \frac{\partial L}{\partial \mu_j} = 0$$

از معایب این روش، که از محدودیت بیان شده در معادله ۴ ناشی می‌شوند، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- عضویت یک نقطه به یک خوشه بصورت غیر مستقیم به تعداد خوشه‌ها وابسته است.

۲- به نقاط خارج از خوشه‌ها درجه عضویت نسبتاً زیادی تعلق می‌گیرد (شکل ۳).

۴- نتایج حاصل از FCM برای جایابی بهینه آنتن‌ها

نتایج بدست آمده پس از اعمال روش FCM بر روی اطلاعات حاصل از اجرای شبیه‌سازی مدل حرکت کاربر سیار، در شکل‌های ۴ تا ۷ نشان داده شده‌اند.

شکل ۴ نشانگر نتیجه خوشه‌بندی اطلاعات حاصل از حرکت ۴۰ کاربر سیار است که هرکدام ۳۰۰ گام بر اساس مدل احتمالاتی بخش ۲ برداشته‌اند. محل‌های بهینه آنتن‌ها در این شکل در هر خوشه مشخص شده‌اند. همانگونه که مشاهده می‌شود با قرار دادن آنتن‌ها در محل‌های مشخص شده با الگویی که بتوانند کل خوشه مربوطه را پوشش دهند، پوشش مناسب برای منطقه مورد نظر تامین خواهد شد.

شکل ۵ نشانگر مقادیر توابع هدف در تکرارهای متوالی می‌باشد. همانگونه که مشاهده می‌شود پس از حدود ۱۲ تکرار تغییر چندانی در تابع هدف مشاهده نمی‌شود و تقریباً به مقدار کمینه خود رسیده است.

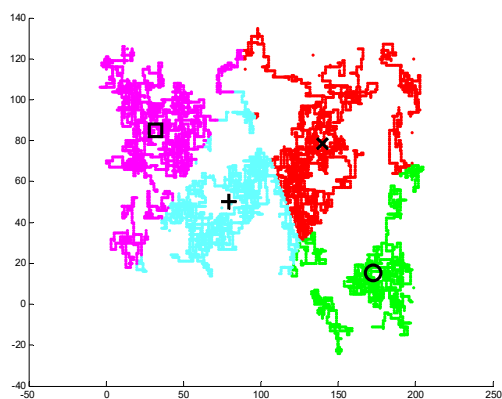
شکل ۶ نشانگر نتیجه خوشه‌بندی اطلاعات با همان شرایط برای کاربرانی است که در گام بعدی با احتمال ۰,۸ در جهت قبلی به حرکت خود ادامه می‌دهند، با احتمال ۰,۰۸ به سمت راست می‌پیچد، با احتمال ۰,۰۸ به سمت چپ می‌پیچد، با احتمال ۰,۰۲ در جای خود ثابت می‌ماند و با احتمال ۰,۰۲ به عقب تغییر مسیر می‌دهد.

شکل ۷ نشانگر مقادیر تابع هدف در تکرارهای متوالی روش FCM می‌باشد که همانگونه که ملاحظه می‌شود پس از حدود ۱۴ تکرار به مقدار کمینه خود می‌رسد و در آن ثابت می‌ماند.

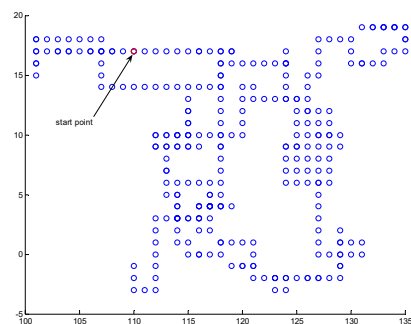
۵- نتیجه گیری

در این مقاله یک مدل احتمالاتی برای مدلسازی حرکت کاربر سیار ارائه شد. با استفاده از روش خوشه‌بندی FCM محل بهینه آنتن‌ها و الگوی^۱ مورد نیاز آنها برای دستیابی به بهترین پوشش مشخص گردید. نتایج شبیه‌سازی بهینه بودن این جایابی را تأیید می‌نمایند. تعداد خوشه‌ها در این مقاله در حقیقت نشانگر تعداد آنتنهایی است که پوشش شبکه با آنها تامین می‌شوند و نوع آنتن با توجه به خوشه‌بندی انجام شده تعیین می‌گردد. با توجه به اینکه در این طراحی خوشه بندی متغیر با زمان می‌باشد می‌توان از آنتنهای هوشمند برای تامین الگوی مورد نیاز استفاده نمود. کمینه شدن تابع هدف در هر تکرار نشانگر کمینه شدن توان مصرفی در شبکه می‌باشد که خود از پارامترهای مهم طراحی است. در شبیه‌سازی‌ها مشاهده شد که به ازای احتمال کمتر ادامه مسیر در همان جهت قبلی تعداد تکرارهای لازم برای کمینه شدن تابع هدف کمتر می‌باشد.

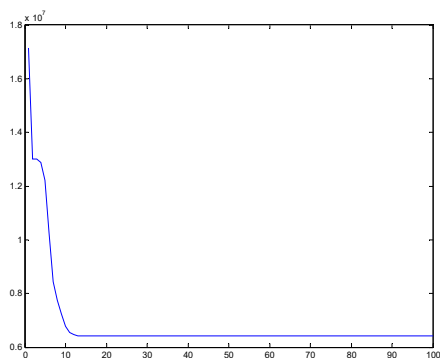
^۱ Pattern



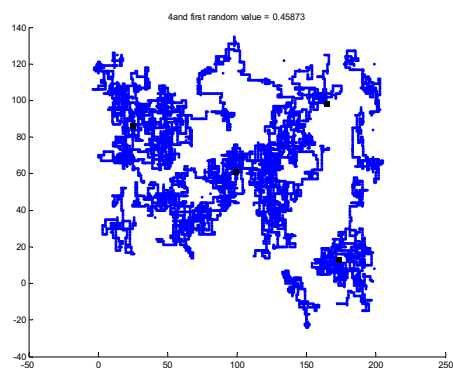
شکل ۴: خوشه‌بندی اطلاعات حاصل از حرکت ۴۰ کاربر سیار



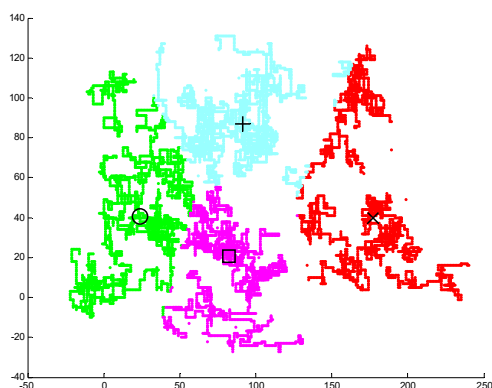
شکل ۱: مسیر طی شده توسط یک کاربر پس از ۳۰۰ گام



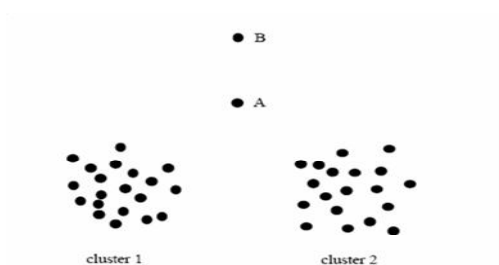
شکل ۵: تابع هدف؛ محور عمودی نشانگر مقدار تابع هدف و محور افقی نشانگر شماره تکرار می‌باشد.



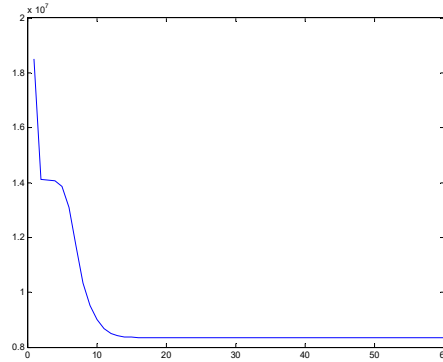
شکل ۲: توزیع این نقاط برای ۴۰ کاربر پس از طی بازه زمانی ۳۰۰ گام



شکل ۶: خوشه‌بندی اطلاعات برای کاربرانی که با احتمال ۰.۸ به حرکت خود در همان جهت قبلی ادامه می‌دهند.



شکل ۳: نقاط A و B دارای درجه عضویت بالا هستند.



شکل ۷: تابع هدف: محور عمودی نشانگر مقدار تابع هدف و محور افقی نشانگر شماره تکرار می‌باشد.

۶- مراجع

- [1] Bernhard H. Walke, *Mobile Radio Networks, Networking, Protocols and Traffic Performance*, Wiley, 2002.
- [2] T.S. Rappaport, *Wireless Communication: Principles and Practice*, Prentice-Hall, 1995.
- [3] Campos, C.A.V.; Otero, D.C.; de Moraes, L.F.M.; “Realistic individual mobility Markovian models for mobile ad hoc networks,” in *Wireless Communications and Networking Conference*, WCNC2004, Vol. 4, pp.1980 - 1985, March 2004.
- [4] Kuo-Hsing Chiang, and N. Shenoy, “A 2-D random-walk mobility model for location-management studies wireless networks,” in *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Volume 53, Issue 2, pp.413 – 424, March 2004.
- [5] S. Nousiainen, K. Kordibach, and P. Kemppi, “User Distribution and Mobility Model Framework for Cellular Network,” VTT Information Technology.
- [6] http://signl.cs.umass.edu/~liberato/wireless_background.html
- [7] J. C. Bezdek, C. Coray, R. Gunderson, and J. Watson, “Detection and Characterization of Cluster Substructure II. Fuzzy c-Varieties and Convex Combinations Thereof,” *SIAM J. Appl. Math.*, 40(2), 1981, pp. 358-372.