



دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش: الکترونیک

عنوان:

سنجش طیف در شبکه‌های رادیو شناختی

استاد راهنما:

دکتر محمد مصطفوی

نگارش:

مریم حسینی

سیده زهرا حسینی

تایستان ۹۱

چکیده

شبکه‌های بی‌سیم امروزی توسط سیاست تخصیص طیف ثابت، نظم‌بندی شده‌اند. طیف فرکانسی

توسط سازمان‌های دولتی نظم‌بندی و به دارندگان مجوز اختصاص داده می‌شود. در سال‌های اخیر،

افزایش روزافزون درخواست دسترسی به طیف محدود شده برای خدمات موبایل موجب ناموثر بودن

سیاست‌های طیفی سنتی شده است. محدودیت طیف در دسترس و غیر بهینه بودن استفاده از طیف،

نیاز به یک الگوی مخابراتی جدید با قابلیت بهره‌برداری بهینه از موقعیت‌های طیفی را ضروری می‌سازد.

برای حل این مشکل، مفهوم رادیوی شناختی برای افزایش بازدهی استفاده از طیف مطرح شده است.

رادیو شناختی الگویی برای مخابرات بی‌سیم می‌باشد که در آن یک شبکه و یا یک گره بی‌سیم،

پارامترهای ارسال و دریافت خود را برای ارتباط بهینه و بدون تداخل با کاربران دارای مجوز، تغییر می‌-

دهد. در این گزارش، مفاهیم بنیادی رادیو شناختی و ساختار فیزیکی آن را بررسی خواهیم کرد. سپس

ویژگی‌های رادیو شناختی و وظایف اصلی آن را با تأکید بر سنجش طیف، شرح خواهیم داد. در هر بخش

با بیان مشکلات و موانع موجود، سعی شده است که درک بهتری نسبت به موضوع ایجاد شود.

فهرست مطالب

| | |
|----|---|
| ج | فهرست علایم و نشانه‌ها..... |
| د | فهرست جدول‌ها..... |
| ه | فهرست شکل‌ها..... |
| ۱ | فصل ۱- مقدمه |
| ۵ | فصل ۲- رادیو شناختی |
| ۵ | ۱-۲- تعریف رادیو شناختی..... |
| ۶ | ۲-۲- ساختار فیزیکی رادیو شناختی..... |
| ۹ | ۳-۲- قابلیت شناختی..... |
| ۱۰ | ۴-۲- قابلیت شکل‌گیری دوباره..... |
| ۱۱ | فصل ۳- ساختار شبکه‌ی رادیو شناختی |
| ۱۱ | ۱-۳- ساختار کلی شبکه‌ی رادیو شناختی..... |
| ۱۲ | ۲-۳- عناصر شبکه‌ی رادیو شناختی..... |
| ۱۳ | ۳-۳- عملیات شبکه‌ی رادیو شناختی..... |
| ۱۳ | ۱-۳-۳- شبکه‌ی رادیو شناختی در باند مجوزدار..... |
| ۱۴ | ۲-۳-۳- شبکه‌ی رادیو شناختی در باند بدون مجوز..... |
| ۱۵ | ۴-۳- کاربردهای شبکه‌ی رادیو شناختی..... |
| ۱۶ | فصل ۴- سنجش طیف |
| ۱۶ | ۱-۴- فضای طیف چند بعدی..... |
| ۱۸ | ۲-۴- روش‌های سنجش طیف..... |
| ۱۹ | ۱-۲-۴- آشکارسازی فرستنده..... |
| ۱۹ | ۱-۱-۲-۴- آشکارساز فیلتر منطبق..... |
| ۱۹ | ۲-۱-۲-۴- آشکارساز انرژی..... |
| ۲۱ | ۳-۱-۲-۴- آشکارساز خاصیت ایستادن متناوب..... |
| ۲۲ | ۴-۱-۲-۴- سنجش طیف بر اساس شکل موج..... |
| ۲۳ | ۲-۲-۴- آشکارسازی مشارکتی..... |
| ۲۵ | ۱-۲-۲-۴- سنجش طیف مشارکتی متمرکز..... |
| ۲۵ | ۲-۲-۲-۴- سنجش طیف مشارکتی توزیع شده..... |
| ۲۶ | ۳-۲-۲-۴- سنجش طیف مشارکتی خارجی..... |
| ۲۶ | ۴-۲-۲-۴- تصمیم‌گیری در سنجش طیف مشارکتی..... |

| | |
|-------|----|
| ..... | ۲۷ |
| ..... | ۲۰ |
| ..... | ۳۱ |
| ..... | ۳۱ |
| ..... | ۳۱ |
| ..... | ۳۲ |
| ..... | ۳۳ |
| ..... | ۳۳ |
| ..... | ۳۴ |
| ..... | ۳۵ |
| ..... | ۳۵ |
| ..... | ۳۶ |
| ..... | ۳۶ |
| ..... | ۳۷ |
| ..... | ۳۷ |
| ..... | ۳۸ |
| ..... | ۳۹ |
| ..... | ۴۵ |
| ..... | ۴۶ |
| ..... | ۴۶ |

فهرست علایم و نشانه‌ها

Q_m

تابع Q مارکوف تعمیم یافته

$\Gamma(\cdot)$

$\Gamma(\cdot, \cdot)$

تابع گامای کامل

تابع گامای ناقص

فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۴ ۲۰

جدول ۲-۴ ۲۰

جدول ۳-۴ ۲۱

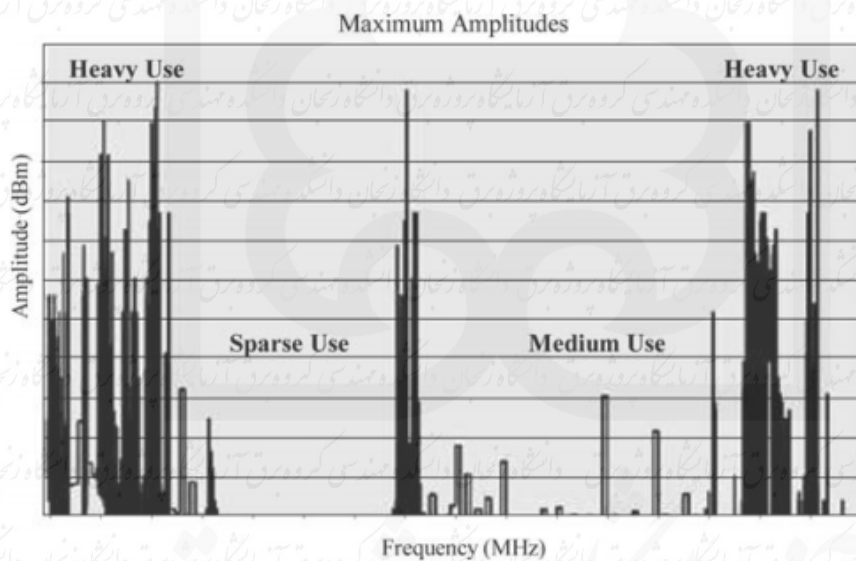
جدول ۴-۴ ۲۹

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱: نمایش میزان استفاده از طیف ۱
- شکل ۱-۲: نمودار تعداد تجهیزات تولید شده برای استفاده از طیف مجوزدار در سال‌های اخیر ۲
- شکل ۳-۱: عملیات مخابراتی در شبکه‌ی نسل آینده ۴
- شکل ۱-۲: حفره‌های طیفی ۶
- شکل ۲-۲: الف) فرستنده-گیرنده‌ی رادیو شناختی (ب) RF front-end آنالوگ باند وسیع ۷
- شکل ۳-۲: چرخه‌ی شناخت ۹
- شکل ۱-۳: ساختار شبکه‌ی رادیو شناختی ۱۱
- شکل ۲-۳: شبکه‌ی رادیو شناختی در باند مجوزدار ۱۳
- شکل ۳-۳: شبکه‌ی رادیو شناختی در باند بدون مجوز ۱۴
- شکل ۱-۴: فضای طیف چند بعدی ۱۷
- شکل ۲-۴: تقسیم‌بندی روش‌های سنجش طیف ۱۸
- شکل ۳-۴: آشکارساز انرژی ۲۰
- شکل ۴-۴: مقایسه‌ی چهار روش سنجش طیف ۲۲
- شکل ۵-۴: نامشخص بودن گیرنده‌ی اولیه در روش آشکارسازی فرستنده ۲۳
- شکل ۶-۴: نامشخص بودن گیرنده‌ی اولیه به دلیل پدیده‌ی سایه در روش آشکارسازی فرستنده ۲۴
- شکل ۷-۴: روش‌های سنجش طیف مشارکتی ۲۴
- شکل ۸-۴: سنجش طیف مشارکتی متمرکز ۲۵
- شکل ۹-۴: سنجش طیف مشارکتی توزیع‌شده ۲۶
- شکل ۱۰-۴: سنجش طیف گروهی متمرکز ۲۸
- شکل ۱۱-۴: سنجش طیف گروهی توزیع‌شده ۲۸
- شکل ۱۲-۴: چرخه‌ی سنجش طیف و انتخاب سرگروه ۲۹
- شکل ۱۳-۴: مدل تداخل دمایی ۳۰
- شکل ۱-۷: دسته‌بندی روش‌های تسهیم طیف در شبکه‌های رادیو شناختی ۳۶
- شکل ۱-۸: مقایسه‌ی استاندارد IEEE 802.22 با سایر استانداردها ۳۹
- شکل ۲-۸: سنجش طیف دو مرحله‌ای در استاندارد IEEE 802.22 ۴۰
- شکل ۱-۹: نمودار منحنی مشخصات عملیاتی گیرنده در نسبت سیگنال به نویز مختلف و $n = 10$ ۴۳
- شکل ۲-۹: نمودار p های بهینه به ازای نسبت سیگنال به نویز و n های مختلف ۴۴
- شکل ۳-۹: نمودار p های بهینه به ازای احتمال هشدار خطا، آشکارسازی صحیح و n های مختلف ۴۴

فصل ۱ - مقدمه

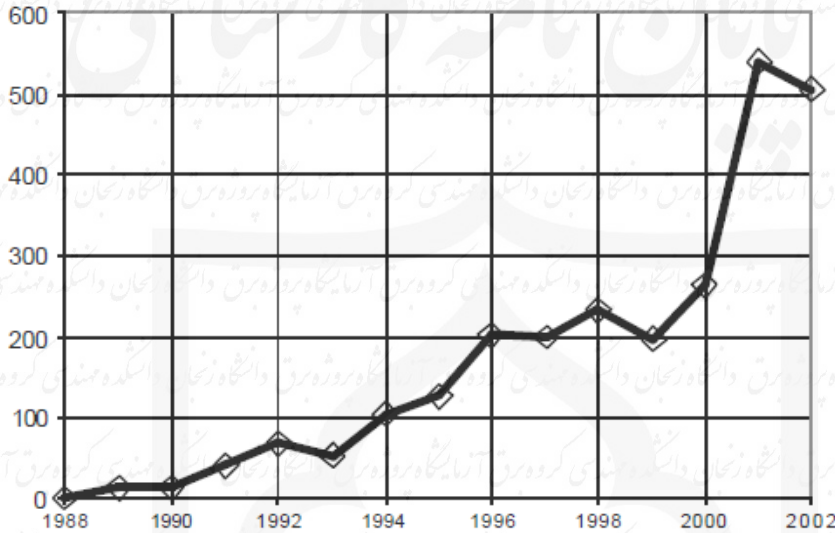
شبکه‌های بی‌سیم امروزی توسط سیاست تخصیص طیف ثابت، نظم‌بندی شده‌اند. به عبارت دیگر، طیف توسط سازمان‌های دولتی نظم‌بندی شده و به دارندگان مجوز اختصاص داده می‌شود. علاوه بر این، بخش عمده‌ای از طیف اختصاص داده شده به طور پراکنده مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به گزارش‌های منتشر شده در سال‌های اخیر مشخص می‌شود که استفاده از طیف بر روی بخش‌های مشخصی از طیف متمرکز شده است در حالی که بخش قابل توجهی از طیف، بدون استفاده باقی مانده است. بر طبق نظر کمیته‌ی مخابرات فدرال ایالات متحده‌ی آمریکا^۱، تغییرات زمانی و جغرافیایی در استفاده از طیف واگذار شده، بین ۱۵٪ تا ۸۵٪ می‌باشد [۱]. در شکل ۱-۱، میزان استفاده از یک طیف فرکانسی بی‌سیم مجوزدار در یک بازه‌ی زمانی مشخص، نشان داده شده است:



شکل ۱-۱: نمایش میزان استفاده از طیف [۱]

¹Federal Communications Commission (FCC)

اگر چه سیاست تخصیص طیف ثابت در گذشته به خوبی ایفای نقش کرده است، ولی در سال‌های اخیر، با افزایش درخواست دسترسی به طیف محدود شده برای خدمات موبایل، ناموتر بودن سیستم‌های طیفی سنتی آشکار شده است. در شکل ۱-۲، نشان داده شده است که با افزایش محدودیت‌های طیفی، از سال ۱۹۸۸ میلادی یک حرکت رو به رشد برای ساخت تجهیزات جدیدی که قابلیت کار در باندهای فرکانسی مجوزدار را داشته باشند، آغاز شده است [۱۱].



شکل ۱-۲: نمودار تعداد تجهیزات تولید شده برای استفاده از طیف مجوزدار در سال‌های اخیر [۱۱]

محدودیت طیف در دسترس و غیر بهینه بودن استفاده از طیف، نیاز به یک الگوی مخابراتی جدید با قابلیت شناسایی و بهره‌برداری از موقعیت‌های طیفی را ضروری می‌سازد. مفهوم رادیو شناختی^۲ برای افزایش بازدهی استفاده از طیف فرکانسی مطرح شده است. هنگامی که طیف اختصاص یافته به کاربران اولیه مورد استفاده قرار نمی‌گیرد، کاربران اولیه فرصت می‌یابند تا موقعیت‌های طیفی خود را با کاربران ثانویه تسهیم نمایند. بنابراین نیاز به هم‌زیستی مسالمت آمیز بین کاربران دارای مجوز و کاربران بدون مجوز موجب می‌گردد که تسهیم پویای طیف به عنوان یک مسأله‌ی پرچالش در شبکه‌های رادیو شناختی، مطرح شود.

² Cognitive Radio

رادیو شناختی، الگویی برای مخابرات بی سیم می باشد که در آن یک شبکه و یا یک گرهی بی سیم پارامترهای ارسال و دریافت خود را برای ارتباط بهینه و بدون تداخل با کاربران دارای مجوز یا بدون مجوز تغییر می دهد. این تغییر پارامترها بر مبنای مشاهده و بررسی فعال چندین عامل مختلف در محیط های رادیویی مانند طیف فرکانسی، رفتار کاربر و وضعیت شبکه صورت می گیرد. مهم ترین هدف رادیوی شناختی، کسب بهترین طیف در دسترس از طریق توانایی شناختی و شکل گیری دوباره می باشد.

تکنولوژی رادیو شناختی کاربران را قادر می سازد تا:

(۱) بخش های از طیف در دسترس را تخمین زده و حضور کاربران مجوزدار را در باند دارای مجوز آشکار کنند. (سنجش طیف^۳)

(۲) بهترین کانال در دسترس را انتخاب کنند. (مدیریت طیف^۴)

(۳) دسترسی به این کانال را با کاربران دیگر هماهنگ سازند. (تسهیم طیف^۵)

(۴) هنگامی که کاربر دارای مجوز آشکار می شود، طیف را رها سازند. (تحرک پذیری طیف^۶)

این عملیات، توانایی استفاده از قراردادهای^۷ ارتباطی طیف را برای شبکه های رادیو شناختی یا در اصطلاح شبکه های نسل آینده^۸، فراهم می سازد. با این وجود، قراردادهای ارتباطی شبکه های رادیو شناختی که بر اساس استفاده ی پویا از طیف ایجاد شده اند، تأثیر نامطلوبی در عملکرد قراردادهای ارتباطی مرسوم که برای ایجاد ارتباط در یک باند فرکانسی ثابت سازمان دهی شده اند، می گذارند [۱].

³ Spectrum Sensing

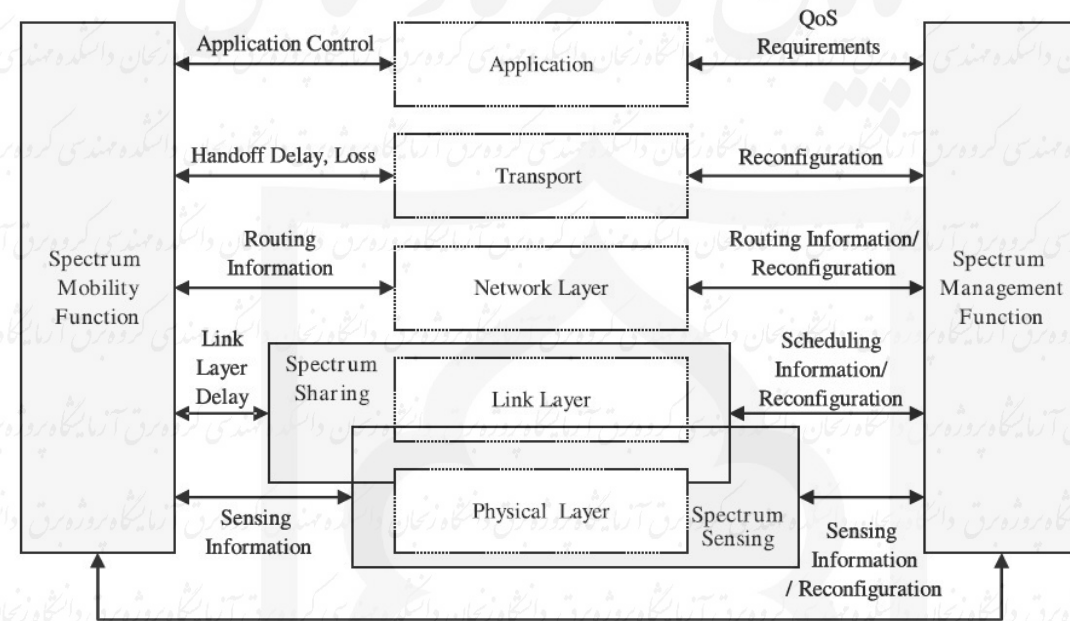
⁴ Spectrum Management

⁵ Spectrum Sharing

⁶ Spectrum Mobility

⁷ Protocols

⁸ Next Generation Networks



شکل ۳-۱: عملیات مخابراتی در شبکه‌ی نسل آینده [۲]

فصل ۱۰ - نتیجه گیری

طیف، یک منبع بسیار با ارزش در سیستم‌های مخابرات بی‌سیم محسوب می‌شود. به دلیل محدودیت طیف در دسترس و عدم استفاده‌ی مؤثر از طیف، شبکه‌های ثانویه به عنوان راه‌کاری برای مشکلات کنونی شبکه‌های بی‌سیم بوجود آمده‌اند. این شبکه‌ها به قابلیت‌های ذاتی رادیو شناختی مجهز بوده و یک الگوی ارتباطی آگاه از طیف فرکانسی، در شبکه‌های بی‌سیم فراهم می‌سازند. در این گزارش، ویژگی‌های ذاتی و عملیات اصلی در رادیو شناختی ارائه شد. سپس ساختار شبکه‌های ثانویه مورد بررسی قرار گرفت. تأکید اصلی در این گزارش بر روی سنجش طیف بود که یکی از مهم‌ترین موضوعات در شبکه‌ی رادیو شناختی می‌باشد. هم‌چنین چالش‌های موجود در سنجش طیف بررسی گردید.

شبکه‌های عصبی که از ساختار سیستم عصبی مغز انسان الگوبرداری شده‌اند، از الگوریتم‌های پرکاربرد در علوم مختلف می‌باشند. شبکه‌های عصبی دارای ویژگی‌های مختلفی می‌باشند که توانایی یادگیری از مهم‌ترین آن‌ها محسوب می‌شود. با توجه به این که دقت آشکارسازی و زمان مورد نیاز برای سنجش طیف، از چالش‌های اساسی در شبکه‌های رادیو شناختی می‌باشند، به نظر می‌رسد که استفاده از الگوریتم‌های شبکه‌ی عصبی در سنجش طیف مشارکتی، ایده‌ی مناسبی برای افزایش دقت آشکارسازی و کاهش زمان سنجش طیف بوده و باعث ایجاد مفهوم شبکه‌های رادیو شناختی هوشمند می‌شوند. با استفاده از توانایی یادگیری الگوریتم‌های شبکه‌ی عصبی، در سنجش طیف مشارکتی، مرکز ترکیب (در روش متمرکز) یا کاربر ثانویه (در روش توزیع‌شده) قادر خواهند بود که با گذشت زمان، مکان گره‌های مخرب که باعث تصمیم‌گیری نادرست در رابطه با وضعیت طیف می‌شوند را شناسایی کرده و آن‌ها را از مشارکت خارج کنند. بنابراین، با این راه‌کار، بازدهی استفاده از طیف افزایش می‌یابد.

فهرست مراجع

[1] Ian F. Akyildiz, Won-Yeol Lee, Mehmet C. Vuran, Shantidev Mohanty, "Next Generation/Dynamic Spectrum Access/Cognitive Radio Wireless Network: A Survey," Computer Networks Journal, Vol.50, pp. 2127-59, September 2006.

[2] Ian F. Akyildiz, Won-Yeol Lee, Mehmet C. Vuran, Shantidev Mohanty, "A Survey on Spectrum Management in Cognitive Radio Networks," IEEE Communications Magazine, pp. 40-48, April 2008.

[3] Tevfik Yucek and Huseyin Arslan, "A Survey of Spectrum Sensing Algorithms for Cognitive Radio Applications," IEEE Communications Surveys & Tutorial, Vol. 11, No. 1, first quarter 2009.

[4] Sattar Hussain, Xavier Fernando, "Spectrum Sensing in Cognitive Radio Networks: Up-to-Date Technique And Future Challenges," Conference on TIC-STH, pp. 736-741, April 2009.

[5] Munehiro Matsui, Hiroyuki Shiba, Kazunori Akabane, and Kazuhiro Uehara, "A Novel Cooperative Sensing Technique for Cognitive Radio," The 18th Annual IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2007.

[6] Carlos Cordeiro, Kiran Challapali, and Dagnachew Birru, "IEEE 802.22: An Introduction to the First Wireless Standard Based on Cognitive Radios," Journal of Communications, Vol. 1, pp. 38-47, April 2006.

[7] Zhi Quan, Shuguang Cui, Ali H. Sayed and H. Vincent Poor, "Optimal Multiband Joint Detection for Spectrum Sensing in Cognitive Radio Networks," IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing, Vol. 57, No. 3, pp. 1128-1140, March 2009.

[8] Zhi Quan, Shuguang Cui, H. Vincent Poor, and Ali H. Sayed, "Collaborative Wideband Sensing for Cognitive Radios," IEEE Signal Processing Magazine, Vol. 25, No.6, pp. 60-73, November 2008.

[9] Amir Ghasemi and Elvino S. Sousa, "Collaborative Spectrum Sensing for Opportunistic Access in Fading Environments," in Proc. IEEE Symp. New Frontiers in Dynamic Spectrum Access Networks (DySPAN), Baltimore, MD, pp. 131-136, November 2005.

[10] Chunhua Sun, Wei Zhang, and Khaled Ben Letaief, "Cluster-Based Cooperative Spectrum Sensing in Cognitive Radio Systems," Proc. IEEE International Conference on Communications, ICC'07, Glasgow, UK, pp. 2511 - 2515, June 2007.

[11] Federal Communications Commission, Spectrum Policy Task Force, "Report of the Unlicensed Devices and Experimental Licenses Working Group," November 15, 2002.

[12] Zhi Quan, Shuguang Cui, Ali H. Sayed, "Optimal Linear Cooperation for Spectrum Sensing in Cognitive Radio Networks," IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing, Vol. 2, No.1, pp. 28-40, February 2008.

[13] Yunfei Chen, "Improved Energy Detector for Random Signals in Gaussian Noise," IEEE Transactions on Wireless Communication, Vol. 9, No.2, pp. 558-563, February 2010.

پایان نامه کارشناسی

