



دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش: مخابرات

عنوان:

بررسی لایه MAC در رادیو شناختی

استاد راهنما: دکتر مصطفوی

نگارش: شیما پهلوانی شیما

زمستان 92

## فهرست مطالب:

۱- مقدمه ----- ۶

۲- قابلیت های رادیو شناختی ----- ۸

۳- کنترل توان انتقال ----- ۸

۴- دسترسی پویا به شبکه /سیستم ----- ۹

۵- مدل های اشتراک گذاری در طیف DSA ----- ۱۰

۶- شبکه کردن رادیوهای شناختی ----- ۱۱

۷- کنترل دسترسی به محیط انتقال مشترک ----- ۱۲

۸- MAC برای رادیو شناختی ----- ۱۲

۹- MAC مالی کانال ----- ۱۴

۱۰- توصیف کلی MAC مالی کانال ----- ۱۹

۱۱- پرهیز از برخورد چند لایه ----- ۲۳

۱۲- MAC مالی کانال مبتنی بر CSMA با انتخاب تصادفی ----- ۲۵

۱۳- پروتکل MAC مالی کانال CSMA غیر پایا با انتخاب تصادفی ----- ۲۷

۱۴- مذاکره دسترسی در MAC مالی کانال ----- ۳۰

۱۵- مکانیزم های مذاکره دسترسی ----- ۳۲

۱۶- تحلیل و مقایسه ----- ۴۱

۱۷- قابلیت تطبیق نرخ - فاصله ----- ۴۵

۱۸- مدل سیستم ----- ۴۷

۱۹- CSMA با AMC ----- ۵۸







## ۱- مقدمه

شبکه رادیو شناختی شبکه ای است که از فرکانس های خالی شبکه های دیگر برای ارتباط استفاده می کند، وظیفه لایه MAC در این شبکه ها مدیریت استفاده از این فرکانس های خالی می باشد. در این پروژه ساختار لایه MAC و روش های دسترسی چندگانه به کانال مورد استفاده در این لایه را بررسی می کنیم.

ساده ترین مفهوم برای توصیف عملکرد CR (دو لایه ی پایینی CRN)، تشخیص فرصت انتقال (مخبره) از طریق حس طیف و دسترسی پویا به طیف (که به عنوان DSA شناخته شده است) می باشد. در قسمت های اولیه به طور مختصر در مورد حس طیف کلی برای CRN بحث می کنیم و اطلاعات بیشتری را در مورد کنترل دسترسی محیط برای شبکه رادیو شناختی ارائه می دهیم، تا دسترسی های چند گانه را در محیط مشترک که به صورت فرصت طلبانه می باشند، در مقابل استفاده ساده طیفی برای مخبره ی فرست طلبانه در سطح لینک، هماهنگ کنیم.

در ادامه بجای بحث در مورد راه حل های نظری و ریاضی با برخی از دسترسی های محیط اساسی در CRN آشنا می شویم یعنی زمانی که عملکرد های چند گانه CR ها وجود دارند.

در بخش دوم MAC چند کانال را مورد بررسی قرار می دهیم و تلاش ها برای بدست آوردن کانال های متعدد توضیح داده می شود. در این بخش بحث در مورد مذاکره دسترسی پروتکل MAC چند کانال می باشد یعنی چگونه گره ها مذاکره دسترسی درستی را داشته باشند و این معادل با این است که گره ها چگونه همدیگر را می یابند. سپس با انواع مذاکره دسترسی باند محدود و باند پهن آشنا شده و روش ها و کاربرد های مربوط به هر کدام را فرا می گیریم. با یک فرستنده و گیرنده ی باند محدود ، باند فرکانسی مورد استفاده برای مخبره را می توان از پیش تعیین کرده یا به صورت پویا انتخاب کرد. با یک سیستم باند پهن ، فرستنده می تواند روی باند های فرکانسی متعددی که اشغال نشده تخصیص داده شده اند، عمل ارسال را انجام دهد. توجه شود که در سیستم های باند پهن ، هر تجهیز ممکن است به بیش از دو رادیو برای حصول مخبره ی موازی روی کانال / باندهای متعدد نیاز داشته باشد ، در حالی که در سیستم های باند محدود ممکن است کمتر از دو رادیو مورد نیاز باشد.

در بخش بعد مسأله جدید ترمینال مخفی را از MAC مالی کانال معرفی می کنیم که باید هنگام طراحی یک MAC مالی کانال حل شود ؛ سپس پروتکل های اخیر MAC مالی کانال را معرفی می کنیم.

پروتکل MAC در میان CR ها متعدد از DSA پشتیبانی می کند که این یک مسئله بسیار مهم

در شبکه رادیو شناختی می باشد. بعد از پرورش و آماده سازی ALOHA در لایه CRN، بررسی

پروتکل های CSMA کار ساده است، برای رسیدن به این هدف عمده پروتکل های دسترسی

چندگانه متعددی برای CRN پیشنهاد شده اند. در این میان CSMA نشان داده شده است که

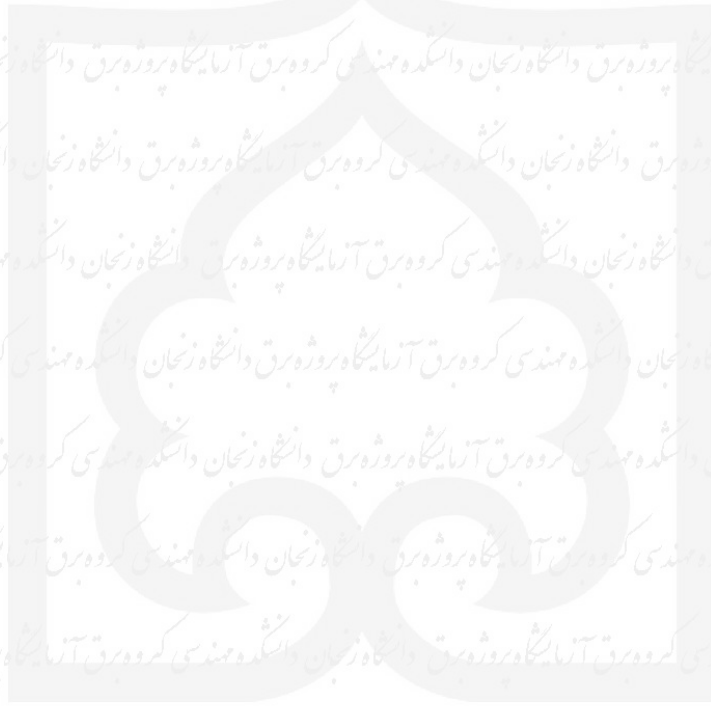
طرح دسترسی چندگانه ساده و موثری برای CRN در فراهم کردن توان عملیاتی بالا و بدون

چالش در مورد چگونگی اعمال استفاده مجدد فضایی می باشد.

در آخر طرح های دسترسی چندگانه با و بدون تنظیم نرخ-توان تطبیقی ایجاد می کنیم. سپس توان

های عملیاتی نظری و عملی چهار طرح دسترسی چندگانه برای مجاز داشتن ارزیابی ها و

مقایسه عملکردی مناسب توصیف می کنیم.



## ۲- قابلیت های رادیوشناختی

عبارتند از:

۱. قابلیت شناختی (یک رادیو شناختی می تواند محیط را حس کند) گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی
  ۲. قابلیت خود سازنده (اطلاعات حس شده را تحلیل کرده و یاد بگیرد) گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی
  ۳. قابلیت باز پیکربندی شونده (با محیط منطبق شود) گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی
- قابلیت شناختی را می توان به صورت های زیر خلاصه کرد:
۱. حس طیف (حفره های طیف را شناسایی می کند.) گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی
  ۲. شناسایی موقعیت (موقعیت خود و دیگر فرستنده ها را می یابد.) گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی
  ۳. کشف شبکه یا سیستم (یک ترمینال رادیو شناختی برای تعیین بهترین روش ارتباط، شبکه های در دسترس اطراف را کشف می کند.) گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی

قابلیت باز ترکیب پذیری عبارتند اند از:

۱. چالاکی<sup>۱</sup> (سرعت تغییر) فرکانس گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی
۲. انتخاب پویای فرکانس گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی
۳. کدینگ (مدولاسیون تطبیق) (AMC) گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی
۴. کنترل توان انتقال (TPC) گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی
۵. دسترسی پویا به شبکه / سیستم گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی

## ۳- کنترل توان انتقال

روشی است که دستگاه را قادر به سوئیچ کردن پویا بین سطوح متعدد توان انتقالی در فرآیند انتقال

داده می کند. این ویژگی به ما اجازه انتقال را در حد مجاز در صورت نیاز می دهد ولی توان انتقالی

را به سطحی پایین تر کاهش می دهد تا اشتراک گذاری بیشتری هنگامی که توان عملیاتی بالا،

مورد نیاز نیست مجاز دارد.

---

1.agility



#### ۴- دسترسی پویا به شبکه / سیستم

برای اینکه ترمینال رادیو شناختی به شبکه یا سیستم با ارتباط چند گانه که در پروتکل های مختلفی کار می کند دسترسی یابد قابلیت باز ترکیب پذیری برای سازگاری با این سیستم ها ضروری است. از این رو در محیط های مالتی رادیویی که به طور کامل و همزمان وجود دارند بهره برداری از شبکه بندی بی سیم ناهمگون به طور کامل مفید می باشد.

### مدیریت منابع رادیویی

۱. مدیریت منبع رادیو / طیف

۲. مدیریت ارتباط و حرکت

۳. مدیریت اعتماد / امنیت

#### ۱-۴ مدیریت منبع رادیو / طیف

یک طرح مدیریت طیف خوب برای مدیریت و سازمان دهی کارآمد اطلاعات حفره های طیف آرمایگاه پروژه برق دانشگاه زنجان هستند.

#### ۲-۴ مدیریت ارتباط و حرکت

به خاطر ناهمگون بودن CRN ها اطلاعات توپولوژیکی و روتینگ<sup>۲</sup> بیشتر و بیشتر پیچیده می شود. تحرک خوب و مدیریت ارتباط مناسب می تواند به کشف همسایه ها و دسترسی ها موجود به اینترنت کمک کند، که این خود کمکی به رادیو شناختی برای انتخاب مسیرها و شبکه ها می باشد.

#### ۳-۴ مدیریت اعتماد / امنیت

به خاطر ناهمگون بودن CRN ها مسائل امنیتی فراوانی ایجاد می شود. از این رو همواره ایجاد اعتماد و اطمینان پیش نیازی برای ایمن سازی عملیات در CRN ها است، تا عملکرد امنیتی در

محیط های پویا پشتیبانی شود.

1. Self-organised capability

2. routing

## ۵- مدل های اشتراک گذاری در طیف DSA

استراتژی های دسترسی طیفی پویا را می توان تحت سه مدل به طور گسترده دسته بندی کرد.

### ۵-۱ مدل پویای استفاده انحصاری (اختصاصی)

این مدل ساختار اصلی سیاست تنظیم طیف موجود را حفظ می کند. ایده اصلی این است که انعطاف پذیری را برای بهبود کارایی طیفی ارائه می دهیم. این مدل تحت دو روش صورت می گیرد:

روش اول: به صاحبان شبکه اجازه فروش و معامله و انتخاب آزاد تکنولوژی را می دهد از این رو اقتصاد و بازار نقش مهمی در حرکت به سوی بهترین سود آوری از منبع محدود دارند. اما توجه شود با وجود این که صاحبان حق اجازه دهی و اشتراک گذاری طیف را برای سودبری دارند اما چنین حالت اشتراک گذاری توسط سیاست تنظیم اختیار دهی نشده است.

روش دوم: توسط پروژه "درایو اروپایی" ایجاد شده هدفش بهبود کارایی طیف از طریق بهره برداری از آمار های ترافیک فضایی و زمانی سرویس های مختلف می باشد. به عبارت دیگر در یک ناحیه زمانی معین طیف برای استفاده اختصاصی سرویس ها تخصیص داده می شود بر مبنای این مدل، نمی تواند فضای سفید را در طیف که حاصل از طبیعت پراکنده ترافیک بی سیم می باشد حذف کرد.

### ۵-۲ مدل اشتراک گذاری آزاد OPEN

این مدل که به آن اشتراک های طیف هم گفته می شود. اشتراک گذاری آزاد در میان کاربران مبنایی برای مدیریت یک ناحیه طیفی به کار گرفته می شود.

### ۵-۳ مدل دسترسی سلسله مراتبی ۱

این مدل با کاربران اصلی و ثانویه به کار می رود. ایده اصلی این مدل آزاد کردن طیفی معتبر برای کاربران ثانویه است در حالی تداخل ایجاد شده توسط کاربران اصلی در نظر گرفته شده اند. دو روش برای ایجاد آن وجود دارد.

## 1. Hierarchical access model

روش اول (زیر پوشش طیف): در این حالت محدودیت های شدیدی روی توان انتقالی کاربران ثانویه تحمیل می کند، به گونه ای که زیر سطح کف نویز کاربران اصلی کار می کند. کاربران ثانویه با پراکنده کردن سیگنال های انتقال روی یک باند وسیع می توانند به طور بالقوه به نرخ انتقال داده بالا در محدوده کم با توان به شدت پایین دست پیدا کنند.

روش دوم (رو پوشش طیف): حالت رو پوشش طیف با روش اول متفاوت است و لزوما محدودیت های شدیدی را روی توان انتقالی کاربران ثانویه تحمیل نمی کند بلکه زمان و مکان انتقال آنها را محدود می کند اما در مقایسه مدل های استفاده پویا انحصاری و اشتراک گذاری آزاد این مدل با سیستم های بی سیم باز مانده و سیاست تنظیم طیف سازگاری بیشتری دارد به علاوه روش های رو پوشش طیف و زیر پوشش طیف را می توان همزمان برای بهبود بیشتر کارایی طیف مورد استفاده قرار داد.

## ۶- شبکه کردن رادیو های شناختی

**CRN** را می توان در معماری های مش، **Ad-Hock** توزیع یافته و شبکه مرکز را آرایش داد. همچنین کاربران **CRN** می توانند با یکدیگر به صورت چند حلقه ای ارتباط داشته باشند از این رو **CRN** ها سه نوع دسترسی متفاوت به صورت زیر دارند:

۱. دسترسی شبکه **CR**: کاربران **CR** می توانند به ایستگاه پایه خودشان رو باند ها معتبر و نا معتبر ارتباط بر قرار کنند.

۲. دسترسی **CR-Ad Hock**: کاربران **CR** می توانند با یکدیگر از طریق ارتباط **Ad-Hock** روی باند های معتبر و نا معتبر ارتباط برقرار کنند.

۳. دسترسی شبکه اصلی: کاربران **CR** می توانند به ایستگاه پایه اصلی از طریق یک باند معتبر دسترسی پیدا کنند.

در این صورت می توان کاربرد **CR** را از طیف به سه سناریو ممکن تقسیم کرد:

۱. CRN روی باند معتبر

۲. CRN روی باند نا معتبر

۳. CRN روی باند معتبر و نا معتبر

## ۷- کنترل دسترسی به محیط انتقال مشترک

ساده ترین مفهوم برای توصیف عملکرد CR (دو لایه ی پایینی CRN) ، تشخیص فرصت انتقال

(مخبره) از طریق حس طیف و دسترسی پویا به طیف ( که به عنوان DSA شناخته شده است)

می باشد. در بخش های اولیه در مورد حس طیف کلی برای CRN بحث کرده ایم، می خواهیم

اطلاعات بیشتری را در مورد کنترل دسترسی محیط (MAC) برای CRN ارائه دهیم، تا

دسترسی های چندگانه CR را در محیط مشترک که به صورت فرصت طلبانه می باشد، در مقابل

استفاده ی ساده ی طیفی برای مخبره فرصت طلبانه در سطح لینک هماهنگ کنیم.

## ۸- MAC برای رادیو های شناختی

ابتدا مدل ریاضی کلی را برای عملکرد MAC ارائه می دهیم؛ توجه شود که Gamal Jiang

Poor, Lai مشتقاتی از نظریه ی ارتباط آماری را برای حصول دسترسی بهینه به محیط ایجاد

کردند.

مجموعه ای از باند های فرکانسی را برای نمایش حالت کلی در نظر می گیریم. هر چند که منابع

رادیویی بیشتری را می توان در نظر گرفت. فرض کنید آن دسته از باند های فرکانسی که مطلوب

ما هستند (معمولاً PS در آن کار می کند ) مجموعه ای از باند های شماره دار باشند

$M = \{1, \dots, M\}$  . در لحظه ی  $t_n$  ، عملکرد CRN اجازه ی یک بروز رسانی از بهره برداری طیفی

را می دهد. آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق

دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه

زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

$n$  امین بازه ی زمانی مشاهده ( یا تخصیص ) برابر است با  $[t_n, t_{n+1}]$ . به خاطر ذات فرصت طلبانه

هر لینک ، باند فرکانسی به صورت زنجیره ی Markov مدل شده است،  $i$  امین باند فرکانسی با پیروی از فرآیند Bernoulli با احتمال در دسترس بودن  $\pi_i$ ، در دسترس و نا متغیر با زمان می باشد.

تابع شاخص زیر را همانند شاخص کانال خالی تعریف می کنیم :

$$I_i[n] = \begin{cases} 1, & \text{channel } i \text{ available in } [t_n, t_{n+1}) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

رابطه (۱)

برای حس کامل طیف ، می توانیم معادله ۱ را به روش قابل اعتماد تعریف کنیم. ولی ، هر حس طیفی نیز دارای برخی شرایط آسیب پذیر می باشد ، از این رو باید حالت های بیشتری را برای تعیین کنترل دسترسی محیط در نظر بگیریم. با پیروی از رابطه ۲، تابع جرم احتمال (pmf) متغیر تصادفی برنولی در  $i$  امین باند فرکانسی برابر است با

$$f_{I_i[n]}(x|\pi_i) = \pi_i^x + (1 - \pi_i)\delta(x)$$

رابطه (۲)

مستقل فرض کردن  $\{I_i[n]\}_{i=1}^M$  ،  $n=1, \dots, L$ ، فرض معقولی است که در آن  $L$  نشان گرگاه زنجار و  $M$  نشانگر گره های عمق بازه ی مشاهده می باشد. علامت گذاری زیر را در نظر بگیرید :

$$\pi = [\pi_1, \dots, \pi_m]$$

برای عملکرد قابل اطمینان CR ، حس طیف ضروری است ، طوری که CR-TX می تواند حاوی

اطلاعاتی در مورد در دسترس بودن هر باند فرکانسی باشد. ولی برای عملکرد های مشابه در بالای لینک های CR ، این استراتژی ، شدیداً مرتبط با  $\pi$  خواهد بود.

حالت ۱ :  $\pi$  معلوم است.

حالت ۲ :  $\pi$  مجهول است.

حالت ۳ :  $\pi$  را می توان از طریق برخی روش های پرتونگاری یا حس CRN تشخیص داده یا

تقریب زد. نمایانگر پرونده برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پرونده برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پرونده

زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پرونده برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پرونده برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پرونده برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پرونده

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه‌ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.

می‌رسد، در حالی که (i) طرح دسترسی چندگانه بدون استفاده‌ی مجدد مکانی تنها دارای توان عملیاتی ۰/۳۶ می‌باشد و (ii) طرح‌های دسترسی چندگانه بدون قابلیت‌های حس‌کریر یا استفاده‌ی مجدد مکانی تنها دارای توان‌های عملیاتی ۰/۱۸ تا ۰/۲۶ هستند. این CSMA-ST، با وجود اینکه مسأله ترمینال مخفی در CRN و ثابت‌سازی (پایدارسازی) CSMA-ST هنوز دو مسأله‌ی حل‌نشده هستند، توان عملیاتی را تقویت می‌کند.

### ۳۱- نتیجه‌گیری

✓ در شبکه رادیو شناختی می‌توان از فرکانس‌های خالی شبکه‌های دیگر برای ارتباط استفاده کرد و در این میان وظیفه لایه MAC در این شبکه‌ها مدیریت استفاده از

فرکانس‌های خالی می‌باشد.

فرکانس‌های خالی می‌باشد.

[1] M.A. Marsan, D. Roffinella, 'Multichannel Local Area Network Protocols'

[2] H. Okada, Y. Nomura, Y. Nakanishi, 'Multichannel CSMA/CD Method in Broadband-bus Local Area Networks'

[3] K.C. Chua, 'Performance Analysis of Multichannel CSMA/CD Network with Noisy Channels

[4] [Kwang-Cheng Chen, Ramjee Prasad]\_Cognitive\_radio\_(BookFi.org)