بسم الله الرحمن الرحیم

دانشکده مهندسی برق و رباتیک

گرایش مخابرات سیستم

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

کاهش تداخل در شبکه های وسیله به وسیله با استفاده از نظریه ی بازی ها

نگارنده:

بهنام محمدی

استاد راهنما :

جناب دکتر سید مسعود میر رضائی

جناب دکتر امید رضا معروضی

تیر ۹۷

تقدیم به:

روح بزرگ شهدای مدافع حرم که از خودگذشتند تا ما در آرامش و آسایش

در جهت کسب علم و معرفت بکوشیم باشد که راهشان پر رهرو باد، و

همسر عزیزم که در تمام مراحل پشتیبان من بود و همچنین

چشمه های جوشان محبت

جلوه های مهر و عطوفت الهی

لبخندهای پر مهر زندگی ام

پدر و مادر عزیزم

که در تمام مراحل زندگی، به من راه و رسم درست زیستن

را آموختند.

تقدیر و تشکر:

«من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق»

منت خدای را عزّ و جلّ که طاعتش موجب قربت است و به شکر اندرش مزید نعمت. هر نفسی که فرو می‌رود ممد حیات است و چون بر می‌آید مفرح ذات. پس در هر نفسی دو نعمت موجود است و بر هر نعمتی شکری واجب.

با سلام و صلوات بر پیامبر اعظم حضرت محمد مصطفی(ص) و ائمه معصومین(ع) و با سپاس و حمد بی‌همتای خداوند متعال که انسان را خلق کرد و به‌وسیله قلم، تعلیم نمود و به انسان آنچه را که نمی‌دانست آموخت.

حال که به یاری و نصرت حضرت حق‌تعالی، این پایان‌نامه به اتمام رسیده است، بر خود واجب دانستم تا از تلاش صادقانه و خستگی‌ناپذیر اساتید ارجمند، جناب آقای دکتر سید مسعود میررضایی و جناب آقای دکتر امیدرضا معروضی که به عنوان استاد راهنما در جهت هدایت و راهبری این پایان‌نامه متحمل زحمات زیاد شدند و با پیگیری‌های مسئولانه خویش موجب تکمیل این پایان‌نامه گردیدند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

بدین وسیله از همه بزرگوارانی که با کمک‌های ارزشمند خویش در آماده‌سازی این پژوهش به بنده یاری رساندند، مراتب سپاس و تشکر صمیمانه خود را تقدیم می‌نمایم و از درگاه خداوند سبحان برای تمامی این عزیزان موفقیت و سلامتی خواستارم.

در نهایت مراتب تشکر صمیمانه خود را به همسرم و اعضاء خانواده‌ام که در طول دوران تحصیل و در مدت تهیه پایان‌نامه مشکلات و سختی‌های گوناگونی را با آغوش باز پذیرا شدند و محیطی آرام را رقم زدند، ابراز می‌کنم.

تعهــد نامه

این قلم وام دار خیل این عزیزان بزرگوار است و از درگاه خداوند سبحان برای تمامی این عزیزان آرزوی موفقیت و سلامتی روزافزون خواستارم. **بهنام محمدی**

اینجانب **بهنام محمدی** دانشجوی دوره کارشناسی‌ارشد رشته مهندسی برق مخابرات دانشکده مهندسی برق و رباتیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان‌نامه « **کاهش تداخل در شبکه های وسیله به وسیله با استفاده از نظریه ی بازی ها** » تحت راهنمایی دکتر مسعود میررضائی و دکتر امیدرضا معروضی متعهد می‌شوم:

- تحقیقات در این پایان‌نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام «دانشگاه صنعتی شاهرود» و یا «Shahrood University of Technology» به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان‌نامه تأثیرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از پایان‌نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا چینی‌جاهای آن‌ها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ:

امضای دانشجو :

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم‌افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده فارسی:

ارتباطات D2D در شبکه های سلولی دارای مزیت های مهمی مانند کاهش مصرف توان، کاهش تداخل و افزایش نرخ انتقال داده میباشند. در این پایان نامه با استفاده از نظریه تئوری بازی ها در شبکه های سلولی با ارتباط وسیله به وسیله سعی در کاهش تداخل و افزایش بازدهی خواهیم نمود. با توجه به اینکه مساله تداخل و کنترل آن بستگی زیادی به کنترل توان و انتخاب حالت بهینه در این گونه شبکه ها دارد، برای رسیدن به کاهش تداخل کافیست کنترل توان و انتخاب حالت ارتباطی کابر(توسط ایستگاه پایه و بصورت سلولی یا ارتباط مستقیم D2D) را به خوبی مورد بررسی قرار دهیم. در این پایاننامه ابتدا با استفاده از روش های تکرار (الگوریتم DTPC کنترل توان توزیع شده در شبکه های سلولی) و بسط الگوریتم DTPC برای شبکه های سلولی مجهز به ارتباط وسیله به وسیله (EDTPC) برتری نرخ انتقال داده و بازدهی بالاتر در شبکه های D2D را نسبت به شبکه های سلولی خالص نشان خواهیم داد. سپس با هدف بهینه سازی شبکه کاربرد ارتباط وسیله به وسیله در شبکه های سلولی به نحوه استفاده از تئوری بازی ها در کاهش تداخل و افزایش بازدهی طیفی و نرخ انتقال داده در این شبکه ها پرداخته میگردد. در تئوری بازی ها، لینک های ارتباطی بعنوان بازیکن در نظر گرفته میشوند و این بازیکن ها طوری ارتباطشان و توان هر زیرباند فرکانسی شان را انتخاب میکنند که در مجموع هدف نهایی که بازدهی طیفی بالاتر و کاهش توان کل مصرفی است(در جهت هدف ثانویه و مستتر کاهش تداخل) را نتیجه بدهند.در فصل چهارم مشاهده می شود که انتخاب لینک های ارتباطی وسیله به وسیله با استفاده از نظریه ی بازی ها منجر به کاهش توان مصرفی شبکه و کاهش تداخل بین کاربران در شبکه های مخابراتی مورد نظر می گردد.

کلمات کلیدی: شبکه سلولی، ارتباط وسیله به وسیله ، تئوری بازی، تداخل ، افزایش بازدهی ، کنترل توان

فهرست مطالب

فصل اول	۱
مقدمه	۱
۱-۱-مقدمه	۲
۱-۲-تئوری بازی	۳
۱-۳- بیان مساله	۶
۱-۴- اهداف پایان نامه	۹
۱-۵- ساختار پایان نامه	۹
فصل دوم	۱۱
پیشینه تحقیقات	۱۱
۲-۱- مقدمه	۱۲
۲-۲- شبکه های بی سیم	۱۳
۲-۲-۱- ویژگی های محیط های بی سیم	۱۳
۲-۲-۲- ساختار شبکه های بی سیم	۱۴
۲-۳- دسته بندی شبکه های بی سیم از لحاظ گستردگی	۱۶
۲-۳-۱- شبکه های بی سیم وسیع(WWAN)	۱۶
۲-۳-۲- شبکه های بی سیم وسیع شهری (WMANS)	۱۷
۲-۳-۳- شبکه های بی سیم شخصی(WPAN)	۱۸
۲-۳-۴- شبکه های بی سیم محلی (WLAN)	۱۸
۲-۴-تقسیم بندی شبکه های بی سیم غیر سلولی	۱۹
۲-۵- نسل چهارم شبکه های سلولی(LTE,LTE-A)	۲۰
۲-۵-۱-طیف در عصر نسل ۴	۲۵
۲-۵-۲-معماری ساختار LTE	۲۵
۲-۶- معرفی فن آوری کاربر به کاربر	۲۹
۲-۷- تئوری بازی ها	۳۳
۲-۷-۱- تعادل نش	۳۵
۲-۷-۲- انواع بازیها	۳۷
۲-۸- پیشینه ای از تحقیقات ارتباط وسیله به وسیله	۳۸
۲-۹- جمع بندی	۴۵
فصل سوم	۴۷
روش تکرار و تئوری بازی ها در ارتباطات D2D	۴۷
۳-۱- مقدمه	۴۸
۳-۲-سیگنال به نویز و تداخل(SINR)	۴۹

۳-۲-۱-نویز ۴۹
۳-۲-۲-تداخل ۵۰
۳-۳- کاهش تداخل با استفاده از مدیریت توان، انتخاب حالت و تخصیص طیف فرکانسی ۵۱
۳-۴- الگوریتم توزیعی کنترل توان و انتخاب حالت کلاسیک برای شبکه های سلولی با قابلیت ۵۴
۳-۴-۱-مدل سیستمی ۵۵
۳-۴-۲-بیان مسئله ۵۷
۳-۴-۳-الگوریتم کلاسیک توزیعی انتخاب حالت و کنترل توان برای شبکه هایD2D ۵۹
۳-۵- الگوریتم پیشنهادی کنترل توان و انتخاب حالت مبتنی بر تئوری بازی ها ۶۰
۳-۵-۱-مدل سیستم پیشنهادی و فرضیات سناریو در نظر گرفته شده ۶۳
۳-۵-۲-مدل بازی ائتلافی ۶۴
۳-۶- جمع بندی ۶۹
فصل چهارم ۷۱
شبیه سازی روش های پیشنهادی d2d ۷۱
۴-۱- مقدمه ۷۲
۴-۲- شبیه سازی ارتباطات کاربر به کاربر با روش تکرار EDTPC ۷۲
۴-۳- شبیه سازی ارتباطات کاربر به کاربر با استفاده از تئوری بازی ها ۷۹
۴-۴- نمودارسیگنال به تداخل میانگین کل به ازای تعداد کاربرانD2D مختلف ۸۷
۴-۵- جمع بندی ۸۹
فصل پنجم ۹۱
نتیجه گیری ۹۱
۵-۱- مقدمه ۹۲
۵-۲- نتیجه گیری ۹۲
۵-۳- پیشنهادات ۹۳
مراجع ۹۴

فهرست شکل‌ها

شکل۱-۱ ارتباطات D2D ۳
شکل۲-۱ ارتباطات D2D در شبکه سلولی. ۷
شکل ۲-۲ : معماری سیستم هایبرید مناسب برای ماموریت های انتشار متقابل و دو طرفه ۲۸
شکل ۲-۳ همگرایی گذردهی کل سیستم در الگوریتم پیشنهادی EDTPC به ازای مقادیر مختلف پارامتر ۴۱
شکل ۲-۴- متوسط گذردهی کل سیستم در الگوریتم EDTPC به ازای نسبت های کاربران مستعد ارتباطD2D .. ۴۲
شکل ۲-۵- الگوریتمهای پیشنهادی مرجع[۱۸]..... ۴۳
شکل ۲-۶- افزایش توان ارسالی بر حسب شعاع خوشه در سلولی به شعاعKM ۱ ..... ۴۴
شکل ۲-۷- افزایش نرخ حاصله بر حسب شعاع خوشه در سلولی به شعاعKM ۱ [۱۸] ۴۴
شکل ۳-۱-اثر تداخل ناشی از توان سیگنال تابشی فرستنده غیرهدف ۵۰
شکل ۳-۲-اثر تداخل ناشی از سلول های مجاور در شبکه ۵۳
شکل۳-۳ -لینکهای سلولی و D2D در مدهای مختلف درون یک سلول ۶۲
شکل۴-۱-تچیدمان سناریوی طراحی برای ۸ کاربر که ۴ کاربر D2Dدارد ودر یک سلول با شعاع ۳۰۰..... ۷۳
شکل۴-۲-توان انتقالی هریک از ۸ کاربردرحداقل سیگنال به تداخل ۰,۰۱ در شبکه سلولی ۸ کاربری با۴کاربرD2D ۷۳
شکل۴-۳-توان انتقالی هریک از ۸ کاربر در حداقل سیگنال به تداخل ۰,۰۱ در شبکه سلولی ۸ کاربری بدون D2D. ۷۴
شکل۴-۴-نرخ سیگنال به تداخل هر کاربر در رسیدن به حداقل ۰,۰۱ در شبکه سلولی ۸ کاربری با ۴ کاربر D2D.. ۷۵
شکل۴-۵- نرخ سیگنال به تداخل هرکاربر در رسیدن به حداقل ۰,۰۱ در شبکه سلولی ۸ کاربری بدون D2D ۷۵
شکل۴-۶- اسناریوی تشکیل ائتلاف توسط بازیکنان ۸۱
شکل۴-۷- الگوریتم فرم دهی مشارکت های توزیع شده با استفاده از تئوری بازی ها ۸۲
شکل۴-۸- ائتلاف های پایدار به دست آمده در الگوریتم پیشنهادی براساس تئوری بازی ها..... ۸۳
شکل۴-۹- زیرکانال های اشغال شده در الگوریتم پیشنهادی براساس تئوری بازی ها ۸۴
شکل۴-۱۰- ائتلاف های پایدار به دست آمده در الگوریتم پیشنهادی براساس تئوری بازی ها ۸۵
شکل۴-۱۱- ائتلاف های پایدار به دست آمده برای ۱۲لینک در الگوریتم پیشنهادی براساس تئوری بازی ها ۸۵
شکل۴-۱۲-سیگنال به تداخل و نویز بر حسب میانگین توان کل انتقالی شبکه در تعداد کاربرانD2D ۸۸

فهرست جدول‌ها

جدول ۲-۱ مقایسه نسل های مختلف شبکه های سلولی ۲۲

جدول ۴-۱-مقایسه ورودی های شبکه سلولی خالص با شبکهD2Dاز نظر تعداد تکرارومدانتخابی هرکاربر وبردارتوان۷۷

جدول ۴-۲- مقایسه خروجیهای شبکه سلولی خالص با شبکهD2Dاز نظر سیگنال به تداخل وگذردهی کل سیستم ۷۸

جدول ۴-۳- تابع هزینه و میانگین توان انتقال هر لینک ۸۴

جدول ۴-۴- تابع هزینه و میانگین توان انتقال ۸ لینک و۱۲ لینک ۸۴

جدول ۴-۵- تابع هزینه و میانگین توان انتقال ۱۶ لینک ۸۴

فهرست اختصارات

AMPS
Advance Mobile Phone Service

BB
Broade Band

CDMA
Code Division Multiple Access

EDGE
Enhance Data rate for Global Evolution

ETSI
European Telecommunication Standard Institute

FDMA
Frequency Division Multiple Access

GSM
Global System for Mobile

GPRS
General Packet Radio Service

HSCSD
Kigh Speed Circuit Switched Data

HSPA
High Speed Packet Access

IMT
International Mobile Telecommunication

IP
Internet Protocol

IT
Information Technology

ITU
International Telecommunication Union

LOS
Line Of Side

LTE
Long Term Evolution

MAC
Media Access Control

MIMO
Multiple Input-Multiple Output

NMT
Nordic Mobile Telephone

OFDM
Orthogonal Frequency Division Multiplexing

OPC
Opportunistic Power Control

OSI
Open System Interconnection

SNR
Signal to Noise Ratio

TACS
Total Access Communication System

TCP
Transmission Control Protocol

VOIP
Voice Over Internet Protocol

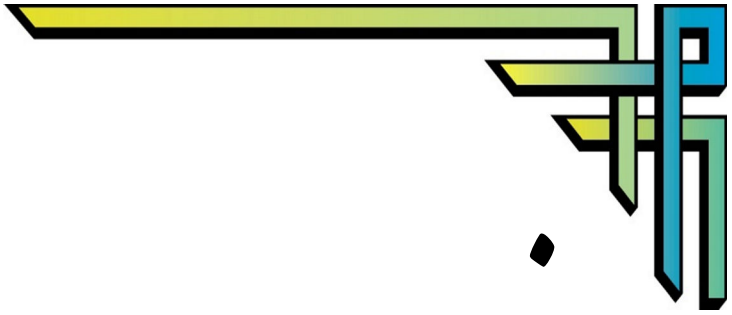
WCDMA
Wideband Code Division Multiplexing Access

WIMAX
Woridwide Interoperability for Microwave Access

WLAN
Wireless Local Area Network

WPAN
Wireless Personal Area Network

WWAN
Wireless Wide Area Network



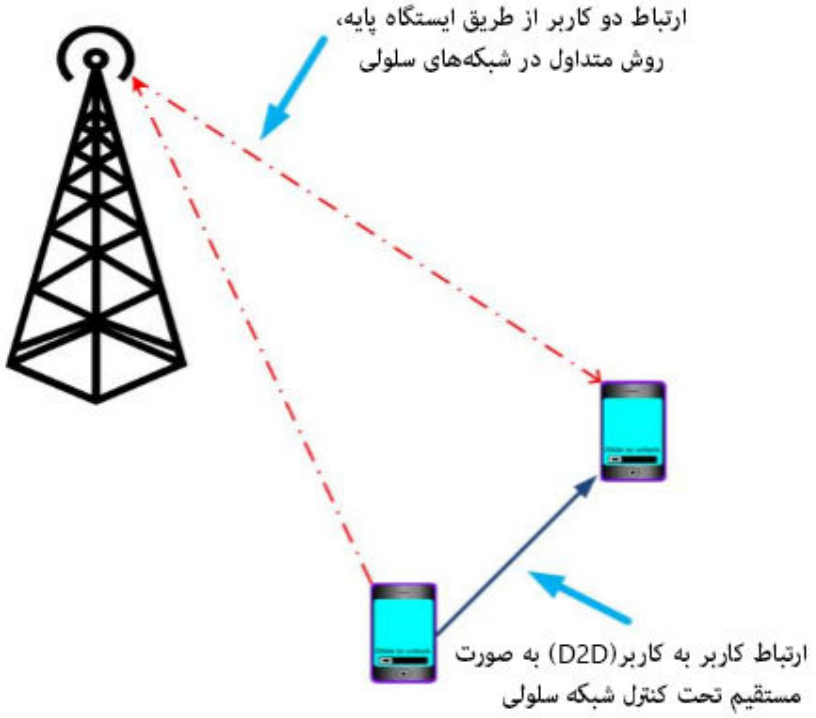
فصل اول

مقدمه

۱-۱-مقدمه

در دنیای امروز ارتباطات از انچه که در نظر ماست پا را فراتر گذاشته است، چنانکه رشد فناوری ارتباطات روز به روز در حال افزایش است و برای ذهن ما قابل پیش بینی نیست، با همه گیر شدن اینترنت اشیا که ظرف کمتر از پنج سال آینده رخ خواهد داد تقریبا هر وسیله ای قابلیت اتصال به شبکه اعم از اینترنت و اینترانت را خواهد داشت و این امر بیم ها و امیدهای فراوانی را به همراه آورده است. این روزها بحث و تبادل نظر در مورد نسل بعدی اینترنت موسوم به اینترنت اشیا در محافل علمی و فناوری بالا گرفته است. انچه که مورد بحث ما می باشد زیر مجموعه ای از اینترنت اشیا بنام شبکه های وسیله به وسیله می باشد، که طرفداران زیادی از سوی مراکز بزرگ تکنولوژی در جهان دارد. عدم استفاده از ایستگاه پایه، ارتباط بیسیم، تشکیل بر حسب تقاضا، مسیریابی چند پرشی، خودکار بودن (بی نیاز بودن از زیر ساخت) و قابلیت تحرک در گره ها از مزایای قابل توجه در شبکه های وسیله به وسیله می باشد[۱]. استفاده از ارتباطات دستگاه به دستگاه در شبکه های تلفن همراه به طور قابل توجهی می تواند به بهبود بهره وری کمک کند. حجم ترافیک در شبکه های بی‌سیم/ سلولی با رشد انفجارآمیزی مواجه است و پیش‌بینی می‌شود نسل چهار شبکه‌های سلولی (مانند LTE) با وجود پروتکل‌های پیشرفته‌ای که در آن مورد استفاده قرار گرفته است، پاسخگوی تقاضای کاربران نباشد. قسمت عمده ترافیک در سطح شبکه های مخابراتی ناشی از سرویس های چند رسانه‌ای است. با توجه به اینکه پهنای باند منبع با ارزش و کمیابی است، اختصاص پهنای باند بیشتر به شبکه‌های سلولی را نمی‌توان راه‌حل مناسبی برای پاسخگویی قلمداد کرد. این امر محققان را بر آن داشته است تا با استفاده از افزونه‌هایی همچون ارتباط وسیله به وسیله در صدد پاسخگویی به نیاز رو به رشد کاربران برآیند. ارتباط کاربر به کاربر مبتنی بر زیر ساخت (D2D)، فناوری جدیدی است که به اپراتورها و سرویس‌دهندگان این امکان

را می‌دهد که بر مبنای زیرساخت از قبل طراحی شده نسل چهارم کیفیت شبکه‌های سلولی را در ابعاد مختلف بهبود دهند. در شبکه های سلولی، ارتباط D2D در شکل ۱-۱ به تصویرکشیده شده است.



شکل۱-۱ ارتباطات D2D

۱-۲-تئوری بازی

یک بازی شامل مجموعه‌ای از بازیکنان، مجموعه‌ای از حرکت‌ها یا راه بردها و نتیجه مشخصی برای هر ترکیب از راه بردها می‌باشد. پیروزی در هر بازی تنها تابع شانس نیست بلکه اصول و قوانینِ ویژه خود را دارد و هر بازیکن در طی بازی سعی می‌کند با به‌کارگیری آن اصول، خود را به بُرد نزدیک کند. رقابتِ دو کشور برای دست‌یابی به انرژی هسته‌ای، سازوکار حاکم بر روابط بین دو کشور در حلِ یک مناقشه بین‌المللی، رقابتِ دو شرکتِ تجاری در بازار بورس کالا نمونه‌هایی از بازی‌ها هستند. تئوری بازی یک شاخه از ریاضیات کاربردی است که در علوم اقتصاد، زیست شناسی و علوم مهندسی مورد استفاده قرار میگیرد. نظریه بازیها در تلاش است که توسط ریاضیات، رفتار افراد را در زمانی که موفقیت یک فرد

وابسته به انتخاب های دیگران میباشد، را بدست آورد. در ابتدا، تئوری بازی به این منظور گسترش یافت تا در آن هر بازیکن بتواند هزینه ی مجموع بازیکن ها را بهبود بخشد، ولی کم کم برای یک گستره وسیعی از رفتارها بکار گرفته شد. در بیشتر کاربردهای تئوری بازی، تلاش میشود تا تعادل بازی بدست آید. در نقطه تعادل بازی، هر بازیکن به یک حرکتی دست یافته است که هیچ تمایلی به تغییر آن ندارد. نقاط تعادل زیادی برای حل یک بازی معرفی شده اند که از این بین راه حل تعادل نش از معروفترین آن ها میباشد.

درسال ۱۹۲۱ یک ریاضیدان فرانسوی به نام امیل برل[۱]برای نخستین بار به مطالعه تعدادی از بازیهای رایج پرداخت و تعدادی مقاله در مورد آنها نوشت.او در این مقاله ها بر قابل پیش بینی بودن نتایج این نوع بازیها به طریق منطقی، تاکید کرده بود. اگرچه برل نخستین کسی بود که به طور جدی به موضوع بازیها پرداخت، به دلیل آن که تلاش پیگیری برای گسترش و توسعه ایده های خود انجام نداد، بسیاری از مورخین ایجاد نظریه بازی را نه به او، بلکه به جان ون نویمن[۲]ریاضیدان مجارستانی نسبت داده اند. آن چه نویمن را به توسعه نظریه بازیها ترغیب کرد، توجه ویژه او به یک بازی با ورق بود. او دریافته بود که نتیجه این بازی صرفاً با تئوری احتمالات تعیین نمیشود. او شیوه بلوف زدن در این بازی را فرمولبندی کرد[۱۴]. بلوف زدن در بازی به معنای راهکار فریب دادن سایر بازیکنان و پنهان کردن اطلاعات از آنهاست. در سال ۱۹۲۸ او به همراه اسکار مورگنسترن[۳]که اقتصاد دانی اتریشی بود، کتاب تئوری بازیها و رفتار اقتصادی را به رشته تحریر در آوردند[۱۵]. اگر چه این کتاب صرفاً برای اقتصاددانان نوشته شده بود، کاربردهای آن در در روانشناسی، جامعه شناسی، سیاست، جنگ، بازیهای تفریحی و بسیاری زمینه های دیگر به زودی آشکار شد. نویمن بر اساس راهبردهای موجود در یک بازی ویژه شبیه شطرنج توانست کنشهای میان دو کشور ایالات متحده و اتحاد جماهیر شوروی را در خلال جنگ سرد، با در

---

[۱] Borel- Emile

[۲] John Von Neumann

[۳] Oskar Mongenstern

نظر گرفتن آنها به عنوان دو بازیکن در یک بازی مدلسازی کند[۱۵] از آن پس پیشرفت این دانش با سرعت بیشتری در زمینه های مختلف پی گرفته شد. در حوالی سال ۱۹۵۰ ، جان نش[۴] یک معیار برای پایدار متقابل ما بین استراتژی بازیکن ها ارائه کرد که آن به عنوان تعادل نش معروف میباشد[۱۵]. این تعادل برای بسیاری از بازی ها مورد استفاده قرارگرفت. این تعادل برای آنالیز بازیهای مشارکتی و غیرمشارکتی بکار گرفته میشود. در سال ۲۰۰۵ توماس شوینگ با کار روی مدلهای دینامیکی، تئوری بازی تکاملی را مطرح کرد[۱۴].

نظریه بازی در مطالعه طیف گسترده‌ای از موضوعات کاربرد دارد. از جمله نحوه تعامل تصمیم گیرندگان در محیط رقابتی به شکلی که نتایج تصمیم هر عامل مؤثر بر نتایج کسب شده سایر عوامل می‌باشد. در واقع ساختار اصلی نظریه بازی‌ها در بیشتر تحلیل ها شامل ماتریسی چند بعدی است که در هر بعد مجموعه‌ای از گزینه‌ها قرار گرفته‌اند که در آرایه‌های این ماتریس نتایج کسب شده برای عوامل در ازاء ترکیب‌های مختلف از گزینه‌های مورد انتظار است. هر بازی از سه بخشِ اساسی تشکیل شده است: بازیکن‌ها، کُنش‌ها و ترجیحات.

بازیکن‌ها:

بازیکن‌ها در اصل همان تصمیم گیرندگان بازی می‌باشند. بازیکن می‌تواند شخص، شرکت، دولت و ... باشد.

کُنش‌ها:

مجموعه‌ای است از تصمیمات و اقداماتی که هر بازیکن می‌تواند انجام دهد.

نمایه عمل:

هر زیر مجموعه‌ای از مجموعه اعمال ممکن را یک نمایه گوییم.

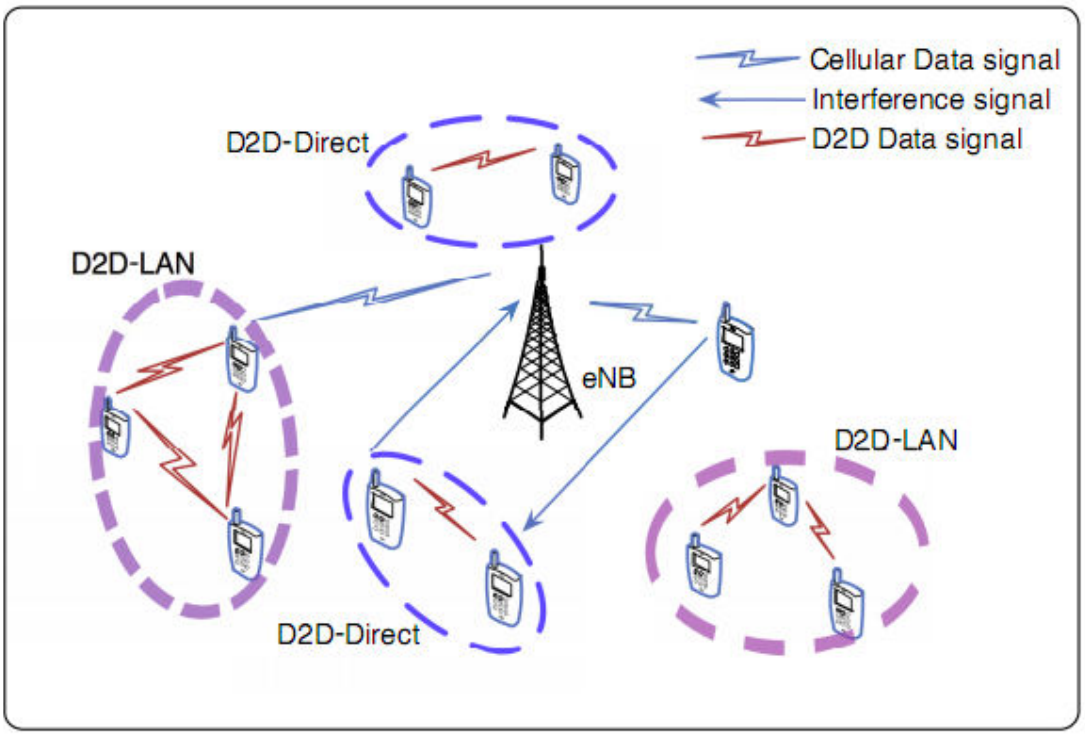
[۴] John Nash

تابع منفعت:

اولویت‌های یک بازیکن در اصل مشوق‌های بازیکن برای گرفتن یا نگرفتن تصمیمی می‌باشد به عبارت دیگر بیان گر نتیجه و امتیاز بازیکن در صورت گرفتن تصمیم متناظر با آن می‌باشد[۸].

۱-۳- بیان مساله

یکی از موارد گنجانده شده در استاندارد LTE_A ، امکان ارتباط مستقیم دو دستگاه در صورت نزدیک بودن به یکدیگر است. این ارتباطات که انتظار می رود در شبکه های 4G LTE_A یا 5G پیاده سازی شوند، اصطلاحا ارتباطات دستگاه به دستگاه یا به اختصار (Device to Device) D2D نامیده می شود[2]. یکی از فازهای مهم شکل گیری ارتباطات D2D ، انتخاب حالت است. در این فاز تصمیم گرفته می شود که آیا ارسال داده ، مستقیما به کاربر گیرنده و بدون دخالت ایستگاه پایه انجام شود یا به صورت غیر مستقیم و از طریق ایستگاه پایه انجام گیرد[۳]. انتخاب مناسب حالت می تواند به انتخاب مناسب توان در فاز کنترل توان کمک کرده و مصرف بهینه توان برای یک کاربر و کاهش تداخل برای سایر کاربران را به دنبال داشته باشد[۴]و[۱۰]ناحیه تحت پوشش BS ، با استفاده از ارتباط D2D گسترده تر گردیده است. ارتباطات D2D می توانند بر روی باند فرکانسی که اپراتورها هم اکنون با پرداخت هزینه در اختیار گرفته اند و یا بر روی یک باند فرکانسی مجزا برقرار شوند که به ترتیب ارتباطات D2D زیرلایه و دو لایه نامیده می شوند[۵]. در شکل ۱-۲ معماری یک شبکه ارتباطی سلولی با تکنولوژی D2D به نمایش درآمده است. سیگنال های تداخلی و مزاحم در این سناریو به تصویر کشیده شده است.



شکل ۱-۲ارتباطات D2D در شبکه سلولی[۸].

در این پایان نامه به ارتباطات D2D زیر لایه پرداخته می شود و با Wifi و بلوتوث (فرکانس رایگان) متفاوت است. یکی از پیشنهادات گنجانده شده در LTE_A به منظور افزایش نرخ داده، استفاده از ارتباط D2D زیر لایه است. از طرفی گاهی برای کاهش تداخل و بارکاری شبکه سلولی بهتر است ارتباط دو دستگاه نزدیک به هم ولو با نرخ داده کم را به صورت مستقیم دستگاه به دستگاه برقرار کرد. به عبارت دیگر باید به نوعی مسیر انتقال داده بین دو دستگاه فرستنده و گیرنده را به وسیله برقراری ارتباط مستقیم بین دو دستگاه کاهش داد[۴].

در استاندارد LTE_A که ملزومات سیستم های IMT_A را رعایت نموده است ، ارتباطات D2D به عنوان یک افزونه قابل اعتماد بخشی از نیاز های مربوط به افزایش نرخ داده را پوشش دهد. به همین دلیل مقرر شده است که این ارتباطات در LTE ، Release 12 که توسط 3GPP که در یک چهارم دوم سال ۲۰۱۴ منتشر شده است ، گنجانده شده است [۶]. در ادامه برخی از مراحل لازم برای شکل گیری یک ارتباط D2D همراه با معرفی مختصر هر یک ، به ترتیب آورده شده اند. هر یک از این فاز

ها یک چالش برای برقراری ارتباطات D2D هستند.

کشف جفت دستگاه های مستعد ارتباط D2D : اولین فاز شکل گیری یک ارتباط D2D که در آن دستگاه ها و یا BS ها ، جفت دستگاه های فرستنده –گیرنده ای را شناسایی می کنند که احتمال دارد از برقراری ارتباط با هم و در حالت D2D بهره قابل توجهی ببرند.

تخصیص منابع فرکانسی : در این فاز منابع فرکانسی قابل تخصیص به هریک از حالت های D2D یک ارتباط مستعد D2D توصیف می شود.

کنترل توان دستگاه های D2D : در این فاز ، توان کاربر فرستنده از هر ارتباط مستعد D2D ، کنترل می گردد.

انتخاب حالت D2D ، در این فاز تشخیص داده می شود که برای هر ارتباط D2D ، در هر لحظه آیا این ارتباط مستقیم با کاربر گیرنده برقرار شود و یا غیر مستقیم و از طریق BS برقرار گردد. همچنین ممکن است با توجه به نوع شبکه ، علاوه بر تصمیم گیری در مورد مستقیم یا غیر مستقیم بودن ارتباط، لازم باشد که در مورد استفاده ارتباط از منابع فرکانسی مشترک با کاربران سلولی و یا منابع فرکانسی اختصاصی و جدا از کاربران سلولی نیز تصمیم گیری شود. با توجه به مقالات موجود ، تخمین فاصله مستقیم فیزیکی دو کاربر، معمولا در فاز کشف جفت دستگاه های مستعد ارتباط D2D انجام می شود و انجام آن در فاز انتخاب حالت لزومی ندارد. مگر آن که همراه یک روش خاص ارائه شده برای انتخاب حالت به طور توام انجام گیرد[۷].

تمرکز این پایان نامه بر روی مساله انتخاب حالت و کنترل توان خواهد بود. ما فرض می کنیم که یک شبکه سلولی بی سیم و تعدادی کاربر داریم تعدادی از کاربران پتانسیل برقراری ارتباط D2D را دارند . یک مسئله انتخاب حالت و کنترل همزمان توان ، یک مسئله انتخاب حالت برای کاربران D2D و کنترل توان برای کابران D2Dو سلولی است به نحوی که یک تابع هدف بهینه شود.

۱-۴- اهداف پایان نامه

هدف اصلی تحقیق بررسی و شبیه سازی فن اوری کاربر به کاربر و استفاده از تئوری بازی ها برای رسیدن به شرایط بهینه که در آن تداخل به مینیمم مقدار ممکن برسد و بررسی زیرساخت لازم برای ایجاد این تکنولوژی می باشد که اهداف ضمنی زیر در این راستا محقق خواهد شد.

- ✓ سرعت انتقال بالای داده به علت فاصله کمتر و احتمالا نسبت SINR بهتر
- ✓ استفاده مجدد مکانی بهتر از باند فرکانسی
- ✓ کاهش مصرف باتری کاربران به علت توان ارسالی کمتر
- ✓ افزایش پوشش سرویس برای کاربران که در مرز سلول قرار دارند.
- ✓ کاهش تداخل در ارتباطات بین کاربران.

ما در این پایان نامه با استفاده از تبدیل هریک از انتخاب های حالت ارتباط(ارتباط وسیله با وسیله یا حالت ارتباط با ایستگاه پایه شبکه سلولی) به یک بازی و بهره گیری از تئوری بازی ها، سعی در رفع تداخل های بیجا و بالابردن بازدهی انرژی و کاهش مصرف توان در اینگونه شبکه ها خواهیم نمود.

۱-۵- ساختار پایان نامه

در ادامه فصل های ارائه شده در پایان نامه به شرح زیر است:

در فصل دوم این پایان نامه به معرفی شبکه های بیسیم می پردازیم، تئوری بازی ها و کاربرد آن در ارتباطات بالاخص شبکه های سلولی با ارتباط وسیله به وسیله را شرح خواهیم داد و تحقیقات انجام شده در مراجع اخیر درارتباط با انتقال اطلاعات بوسیله تکنولوژی ارتباطی وسیله به وسیله و تئوری بازی ها در این ارتباطات را بررسی می نماییم. درفصل سوم پایان نامه به معرفی راهکار پیشنهادی در این تحقیق پرداخته و سعی در تعریف یک سناریو از شبکه سلولی با ارتباطات وسیله به وسیله و استفاده از تئوری بازی ها در آن مینماییم و تئوری مساله را بصورت مبسوط شرح خواهیم داد. در فصل چهارم

سناریو و شبکه تعریف شده در فصل سوم را در نرم افزار متلب شبیه سازی و نتایج شبیه سازی را تجزیه و تحلیل میکنیم و نشان خواهیم داد که استفاده از تکنولوژی وسیله به وسیله میتوان مصرف انرژی در شبکه های سلولی را کاهش داده و تداخل سیگنال ها را به حداقل ممکن رساند.

در فصل پنجم، از کل تحقیق به یک جمع بندی کلی خواهیم رسید وپیشنهاداتی در رابطه با ادامه تحقیقات توسط دیگر محققین علاقمند ارائه میکنیم و مشکلات و چالش‌های موجود را عنوان می نماییم.

فصل دوم

پیشینه تحقیقات

۲-۱- مقدمه

ارتباطات وسیله به وسیله(D2D)عبارت است از هرگونه ارتباطی که طی آن دو یا چند شیء بر بستر یک شبکه ارتباطی ثابت یا همراه به یکدیگر متصل می شوند این فناوری به تجهیزات موجود در هر شبکه این امکان را می‌دهد تا بدون نیاز به دخالت عامل انسانی با یکدیگر انتقال و تبادل اطلاعات داشته باشند. ارتباطات وسیله به وسیله به عنوان یک سرویس پایه ارتباطی در صنایع مختلف کاربرد دارد که از مهمترین آنها می توان به مواردی چون دورسنجی، انبارگردانی، کنترل از راه دور، مدیریت خدمات شهری ، روباتیک، سرویس‌های پشتیبانی، مدیریت زنجیره عرضه، مدیریت ترافیک و حمل و نقل و مکان یابی و رهگیری و نیز پزشکی از راه دور اشاره کرد. این سامانه علاوه بر ارایه خدمات و بستر ارتباطی ، این امکان را به شرکت ها می دهد تا برنامه های کاربردی خود را بر روی این سامانه پیاده سازی نموده و از خدمات متمرکز آن استفاده نماید. در سالهای اخیر رشد روزافزون تکنولوژی ارتباطات بیسیم و کاربرد آن در توسعه سرویسهای داده جدید، چالشهای جدیدی را در حوزه ارتباطات و شبکه های داده پیش روی محققان قرار داده است. ارتباطات و فناوریهای بیسیم به سرعت به جایگاه و محبوبیت ویژهای در امور تجاری و صنایع کامپیوتری دست یافته است. دلیل رشد چشمگیر شبکه های بیسیم، انعطاف پذیری و قابلیت جابجایی بسیار بالاتر آنها در مقایسه با شبکه های سیمی می باشد. برخلاف شبکه های سنتی سیمی که کاربران برای اتصال دستگاه خود به شبکه به کابل مخصوصی نیاز دارند، فناوری بیسیم کاربران را قادر میسازد که بدون محدودیت مکانی، به اطلاعات موجود در شبکه دست یابند. ارتباط مستقیم کاربران (D2D) یکی از راه حل هایی است که جهت افزایش کارایی در شبکه های سلولی مطرح شده است. در این ارتباط، دستگاه هایی که در نزدیکی یکدیگر قرار دارند، میتوانند به طور مستقیم و بدون اتصال به ایستگاه پایه به مبادله اطلاعات بپردازند. این توانایی مزایای بسیاری مانند کاهش توان ارسالی و زمان مورد نیاز برای ارسال اطلاعات را موجب می شود. علاوه بر آن، کاربران D2D میتوانند با استفاده مجدد از طیف کاربران سلولی کارایی طیفی را بهبود دهند. در این راستا نظریه بازی ها به عنوان ابزاری کارآمد در مدلسازی و حل مسا ئل مربوط به ارتباطات شناخته

شده است. در این روش موقعیتهای قابل انتخاب در سیستم در قالب یکی از انواع بازیهای تعریف شده مدل میشود و با استفاده از ابزار ریاضی رفتار بازیکنان در هر مرحله از بازی و مقدار هزینه و منفعت آن ها پیش بینی میشود. در این روش هر بازیکن میتواند با به کار گرفتن اصول علم نظریه بازیها خود را به برد نزدیک کند و منفعت خود را به حداکثر ممکن برساند. لازم به ذکر است که طراحی مکانیسم دفاعی با رویکرد نظریه بازیها یک مزیت مجزا بر روش های بهینه سازی داده دارد، زیرا در این رویکرد رفتار مهاجم به طور صریح در مدل گنجانده شده است. درحالیکه در روش های بهینه سازی ساده، عمل بهینه سازی تنها روی پارامترهای مدافع صورت گرفته و مهاجم در نظر گرفته نشده است. حتی در این روش به دلیل ماهیت چند بازیکنی میتواند رفتار مهاجم پیش بینی شود[۹]. در این فصل مقدماتی در مورد شبکه های بی سیم و همچنین کاربرد تئوری بازی ها در ارتباطات گفته میشود و فن آوری وسیله به وسیله معرفی و بیان میگردد و مزایا و معایب آن عنوان میشود. سپس ضمن مرور آخرین تحقیقات انجام شده پیرامون این ارتباطات، سعی در تشریح کامل آن از زوایای گوناگون میکنیم.

۲-۲-شبکه های بی سیم

شبکه های بی سیم یکی از تکنولوژی های جذابی هستند که توانسته اند توجه بسیاری را به سوی خود جلب نمایند و عده ای را نیز مسحور خود نموده اند. هرچند این تکنولوژی جذابیت و موارد کاربرد بالایی دارد ولی مهمترین مرحله ای که تعیین کننده میزان رضایت از آن خواهد بود، ارزیابی نیازها و توقعات و مقایسه آن با امکانات و قابلیت های این تکنولوژی است. نادیده گرفتن حقایق، امکانات فنی و موارد کاربرد این تکنولوژی نتیجه ای جز شکست و عدم رضایت نخواهد داشت .

افزایش کاربران موبایل که تقاضای شبکه های بی سیم را دارند، باعث ایجاد این نوع شبکه ها شده است. تکنولوژی بی سیم پرهزینه بوده و برای مشاغلی که نیاز به ارتباط بی سیم دارند و یا امکان کابل کشی در آن محیط غیرعملی باشد، به کار گرفته میشود.

۲-۲-۱ویژگی های محیط های بی سیم

محیط های بیسیم دارای خصوصیات و ویژگی های منحصر به فردی می باشند که در مقایسه با شبکه های محلی سیمی جایگاه خاصی را به این گونه شبکه ها می بخشد.

به طور مشخص ویژگی های فیزیکی یک شبکه محلی بیسیم موجب محدودیتهای فاصله، افزایش نرخ خطا و کاهش قابلیت اطمینان رسانه، همبندیهای پویا و متغیر، تداخل امواج و عدم وجود یک ارتباط قابل اطمینان و پایدار در مقایسه با اتصال سیمی می شود. این محدودیتها، استاندارد شبکه های محلی بی سیم را وا میدارد که فرضیات خود را بر پایه یک ارتباط محلی و با برد کوتاه بنا نهد. پوششهای جغرافیایی وسیعتر از طریق اتصال شبکه های محلی بی سیم کوچک برپا میشود، که در حکم عناصر ساختمانی شبکه گسترده هستند. سیّار بودن ایستگاه های کاری بی سیم نیز از دیگر ویژگیهای مهم شبکه های محلی بی سیم است. در حقیقت اگر در یک شبکه محلی بیسیم ایستگاههای کاری قادر نباشند در یک محدوده عملیاتی قابل قبول و همچنین میان سایر شبکه های بی سیم تحرک داشته باشد، استفاده از شبکه های محلی بی سیم توجیه کاربردی مناسبی نخواهد داشت .

از سوی دیگر به منظور حفظ سازگاری و توانایی تطابق و همکاری با سایر استانداردها، لایه دسترسی به رسانه در استاندارد ۸۰۲,۱۱ می بایست از دید لایه های بالاتر مشابه یک شبکه محلی مبتنی بر استاندارد ۸۰۲,۱۱ عمل (MAC)در این استاندارد مجبور است که سیّاربودن ایستگاههای کاری را به گونه ای شفاف MAC کند. بدین خاطر لایه در MAC پوشش دهد که از دید لایه های بالاتر استاندارد، این سیّار بودن احساس نشود. این نکته سبب میشود که لایه این استاندارد وظایفی رابرعهده بگیرد که معمولاً توسط لایه های بالاترشبکه انجام میشوند[۷]. در واقع این استاندارد اضافه میکند و به طور مشخص لایه فیزیکی جدید از OSI لایه های فیزیکی و پیوند داده جدیدی به مدل مرجع فرکانسهای رادیویی به عنوان رسانه انتقال بهره میبرد.

۲-۲-۲-ساختار شبکه های بی سیم

وقتی از شبکه اطلاع رسانی سخن به میان می آید، اغلب کابل شبکه به عنوان وسیله انتقال داده در نظر گرفته می شود در حالی که چندین سال است که استفاده از شبکه سازی بی سیم در دنیا آغازگردیده است. تا همین اواخر یک شبکه محلی بی سیم، با سرعت انتقال پایین و خدمات غیرقابل اعتماد مترادف بود. اما هم اکنون تکنولوژی های بی سیم خدمات قابل قبولی را با سرعتی که برای کاربران معمولی شبکه پذیرفته شده می باشد فراهم می کنند. امروزه از شبکه های بدون سیم در ابعاد متفاوت و با اهداف مختلف استفاده میشود،به عنوان مثال:

- برقراری یک تماس از طریق دستگاه موبایل
- دریافت نامهه ای الکترونیکی از طریق یک دستگاه PDA
- ارسال و دریافت داده اطلاعاتی

در تمامی موارد فوق داده و یا صوت از طریق یک شبکه بدون کابل در اختیار سرویس گیرندگان قرار میگیرد. در صورتی که یک کاربر، برنامه و یا سازمان تمایل به ایجاد قابلیت حمل داده را داشته باشد، میتواند از شبکه های بدون کابل استفاده نماید. یک شبکه بدون کابل علاوه بر صرفه جوئی در زمان و هزینه کابل کشی، امکان بروز مسائل مرتبط با یک شبکه کابلی را نخواهد داشت.

از شبکه های بدون کابل میتوان در مکان های عمومی، کتابخانه ها، هتلها، رستورانها و مدارس استفاده نمود. درتمامی مکانهای فوق با استفاده از شبکه بی سیم میتوان امکان دستیابی به اینترنت را به راحتی فراهم نمود. یکی از چالشهای اصلی اینترنت بدون کابل، کیفیت سرویس(QoS) است. در صورتی که به هر دلیلی بر روی خط پارازیت ایجاد گردد، ممکن است ارتباط ایجاد شده قطع و یا امکان استفاده مطلوب از آن وجود نداشته باشد.

شبکه های بیسیم به دو ساختار کلی تقسیم بندی میشوند:

- ✓ شبکه های بیسیم سلولی
- ✓ شبکه های بیسیم غیرسلولی

۲-۳-دسته بندی شبکه های بی سیم از لحاظ گستردگی

شبکه های بی سیم با توجه به گستردگی ناحیه هایی ازشبکه که تحت پوشش خود قرار میدهند، به چهار دسته عمده تقسیم میشوند:

- شبکه های بی سیم وسیع
- شبکه های بی سیم شهری
- شبکه های بی سیم محلی
- شبکه های بی سیم شخصی

۲-۳-۱-شبکه های بی سیم وسیع(WWAN)

در این شبکه ها، امکان ارتباط بین شهرها و یا حتی کشورها با استفاده از سیستمهای ماهوارهای متفاوت فراهم میگردد.شبکه های فوق به سیستمهای نسل دوم شناخته شده هستند و در کل شبکه هایی با پوشش بی سیم بالا می باشند. نمونهای از این شبکه ها، ساختار بی سیم سلولی مورد استفاده در شبکه های تلفن همراه است. در این شبکه ها به واسطه ساختار شبکه و فناوری دسترسی کاربران به شبکه، ناحیه وسیعی تحت پوشش آنها قرار می گیرد. از جمله این فناوری ها میتوان به AMPS شبکه های سلولی دیجیتال نسل دوم همانندGSM در اروپا، شبکه های سلولی PDC در ژاپن و شبکه های سلولی نسل سوم همانند UMTS اشاره نمود.

شبکه های سلولی نسل دوم دارای نرخ ارسال و دریافت دادهkbps ۹,۶ می باشند که با ظهور شبکه های نسل ۲,۵ این نرخ بهkbps ۳۴۸ رسید. این در حالی است که در شبکه های نسل سوم، نرخ ارسال داده از kbps ۱۴۴ تا Mbps ۲ متغیر میباشند.

۲-۳-۲-شبکه های بی سیم وسیع شهری(WMANS)

در این شبکه ها، امکان ارتباط بین چندین شبکه موجود در یک شهر بزرگ فراهم میگردد. از شبکه های فوق، اغلب به عنوان شبکه های backup کابلی (مسی ، فیبر نوری) استفاده میگردد. شبکه های WMAN، شبکه هایی هستند که ناحیه تحت پوشش آن ها در حد ناحیه شهری می باشد. از جمله استانداردهای این شبکه میتوان به استاندارد۸۰۲,۱۶ IEEE (WiMAX) اشاره نمود. این استاندارد در دسامبر۲۰۰۱ به ثبت رسید.در سال ۲۰۰۵ نیز نسخه اصلاح شده این استاندارد تحت عنوان استاندارد ۸۰۲,۱۶ eبه اتمام رسید.برای برآورده کردن انواع نیازهای دسترسی کاربران به شبکه، بر اساس دو نسخه موجود از استاندارد ۸۰۲,۱۶ IEEE دو نسخه در WiMAX تعریف شده است. اولی WiMAX ثابت است که برای بی سیم ثابت بهینه شده است و بر اساس استاندارد ۸۰۲,۱۶-۲۰۰۴ است .

اولین محصولات شرکت های تولیدکننده تجهیزات WiMAX بر اساس این استاندارد استوار بوده و در حال حاضر نیز سرمایه گذاری زیادی برای افزایش کیفیت، کاهش هزینه ها و شاید از همه مهمتر طراحی و ساخت تراشه ارزان قیمت WiMAX به منظور تعبیه در کامپیوترهای قابل حمل انجام شده است .

نسخه دوم WiMAX بر اساس استاندارد ۸۰۲,۱۶ eدر حمایت از قابلیت حمل و تحرک پذیری طراحی شده که به WiMAX سیار مشهور است. افزوده شدن خاصیت تحرک پذیری به WiMAXو قابلیت ارائه سرویس های سیار توسط آن چهره ای متفاوت از دیگر فناوری های باند وسیع ۱۱ به آن داده و زمینه شکل گیری رقیبی قدرتمند برای شبکه های تلفن همراه را ایجاد نموده است .

محدوده فرکانسی استاندارد ۸۰۲,۱۶ از ۲ GHz تا ۶۶ GHZ می باشد ودارای پهنای باند ۱,۵MHz تا ۲۰MHz است .WiMAX میتواند دستیابی بی سیم باند وسیع ۱۲ را به کاربران خود ارائه دهد که تا ۵۰ کیلومتر برای ایستگاههای ثابت و۵ تا ۱۵ کیلومتر برای ایستگاه های سیار را پوشش میدهد.

۲-۳-۳-شبکه های بی سیم شخصی(WPAN)

در این شبکه ها، امکان ارتباط بین دستگاه های شخصی نظیر کامپیوتر دستی در یک ناحیه محدود (حدود ۹۱۴ سانتی متر) فراهم میگردد. در این نوع شبکه ها از دو تکنولوژی متداول IR و Bluetooth با استاندارد (IEEE 802.15) استفاده می گردد. از سوی دیگر شبکه های WPAN در دسته ی شبکه هایAdHoc نیز قرار می گیرند. شبکه های بیسیم WPAN که دارای حوزه ارتباطی حدود ۱۰ متر میباشند، به منظور ساده تر نمودن ارتباطات میان کامپیوترها، موبایلها و PDA ها به وجود آمده اند. بهترین فناوری شناخته شده برای شبکه های WPAN بلوتوث میباشد. این استاندارد همانند استاندارد b ۸۰۲,۱۱ در باند فرکانسی ۴/۲ گیگاهرتز کار می کند ، تبادل پیام های کنترلی و همچنین دسترسی به شبکه به گونه ای است که توان کمی از وسایلی که در این استاندارد کار می کنند، هدر میرود. تفاوتهای عملیاتی عمده میان بلوتوث و استاندارد ۸۰۲,۱۱b یکی پهنای باند ۱ Mbps بلوتوث در مقایسه با ۱۱ Mbps استاندارد ۸۰۲,۱۱b و دیگری حوزه دید ۱۰ متری بلوتوث در مقایسه با محدوده ۱۰۰ متری b ۸۰۲,۱۱ می باشد.

۲-۳-۴-شبکه های بی سیم محلی(WLAN)

این شبکه ها امکان دستیابی کاربران ساکن در یک منطقه محدود نظیر محوطه یک دانشگاه و یا کتابخانه را به شبکه و یااینترنت فراهم مینمایند. شبکه های بیسیم محلی در مقایسه با شبکه های محلی سیمی، قابلیت انعطاف و جابجایی بالاتری را به کاربران شبکه ارائه میکنند .

در اینگونه شبکه ها، کاربران با برقراری ارتباط بیسیم با دستگاهی به نام نقطه دسترسی، به شبکه متصل شده و از امکانات آن بهره مند میشوند. استاندارد IEEE ۸۰۲,۱۱ یکی از استانداردهای مطرح در شبکه های بیسیم محلی است که نرخ انتقال داده ای از حدود ۱ Mbps تا ۱۰۰ Mbps را در دو باند فرکانسی ۵ و ۲,۴ گیگاهرتز برای کاربران شبکه فراهم میکند .

استاندارد مطرح دیگر در شبکه های محلی بی سیم، استاندارد Hiperlan میباشد. این استاندارد در باند فرکانسی ۵ گیگاهرتز کار میکند Hiperlan1.دارای نرخ انتقال داده ای به اندازه ۱۹ مگابایت بر ثانیه و استاندارد HiperLan2 دارای نرخ انتقالی به اندازه ۵۴ مگابیت برثانیه میباشد و از "کیفیت سرویس دهی" نیز پشتیبانی مینماید .

در میان استانداردهای شبکه محلی بیسیم، استاندارد a۸۰۲,۱۱ از نرخ انتقال و سرعت جابجایی بالاتری در مقایسه با استانداردهای دیگر پشتیبانی میکند. از سوی دیگر مشخص است که عموماً شبکه های سلولی به کاربران خود، سرعت جابجایی بالاتری را عرضه میکنند.

۲-۴-تقسیم بندی شبکه های بی سیم غیرسلولی

از دیدگاه دیگر، شبکه های بی سیم به دو دسته ساختارگرا و اقتضایی تقسیم میشوند. در شبکه های ساختارگرا،کاربران شبکه مستقیماً به گره ثابتی در شبکه که به نام نقطه دسترسی (AP)با ایستگاه (BS)مشهور است متصل میشوند. وظیفه این گره، برقراری ارتباط گره های انتهایی شبکه (کاربران) با سایر گره های موجود در شبکه میباشد .

اما در شبکه های اقتضایی، گره های شبکه با واسطه گره های دیگر موجود در شبکه، با یکدیگر ارتباط برقرار مینمایند. مزیتی که اینگونه شبکه ها در قیاس با شبکه های ساختارگرا دارند آن است که آنها میتوانند به سرعت در هر مکانی وبدون نیاز به ساختارِ از قبل طراحی شده ای پیاده سازی شوند. در شبکه های بیسیم جدید همانند شبکه های دسترسی یا شبکه های تلفیقی ، اجتماعی از دو شبکه ی اقتضایی و ساختارگرا مشاهده میشود .

شبکه های بیسیم شهری(WiMAX) و شبکههای بیسیم مبتنی بر Mobile IP را میتوان در زمره شبکه های بیسیم ساختارگرا طبقه بندی کرد. همچنین، شبکه های بیسیم اقتضایی و شبکه های بلوتوث از جمله شبکه های بیسیم اقتضایی محسوب میشوند. شبکه های محلی بیسیم (WLAN) در هر دو مود

ساختارگرا و اقتضایی عمل میکنند و در حقیقت میتوان آن ها را به عنوان زادگاه شبکه های بیسیم اقتضایی در نظر گرفت.

۲-۵- نسل چهارم شبکه های سلولی(LTE,LTE-A)

نسل اول سیستم های سلولی موبایل در دهه ۱۹۸۰ به وجود آمدند. شبکه موبایل سلولی، ناحیه پوشش به سلول های کوچک تقسیم می شوند و به این ترتیب یک فرکانس می تواند چندین بار در شبکه استفاده شود بدون آنکه تداخلی ایجاد شود این باعث افزایش ظرفیت سیستم می شود. نسل اول از تکنیک انتقال آنالوگ برای حمل ترافیک که غالباً به صورت صوت بود، استفاده کرد. موفق ترین استانداردهای آن عبارتند از :NMT, TACS, AMPS

خصوصیات نسل اول موبایل : ظرفیت محدود، سرویس محدود، کیفیت صدا ضعیف، تجهیزات سنگین، گران، حجیم، تکنیک انتقال آنالوگ برای حمل سرویس های صوتی و استفاده از تکنیک FDMA

سیستم های موبایل نسل دوم به صورت دیجیتال مطرح گردیدند. مهمترین استاندارد این سیستم GSM است خصوصیات نسل دوم موبایل: انتقال رادیویی دیجیتال، افزایش ظرفیت سیستم، پهنای باند زیاد، پیشرفت در تکنولوژی نیمه رسانا و عناصر مایکروویوی، استفاده از تکنیک TDMA

سیستم های نسل ۲/۵ موبایل (G 2.5) شامل تکنولوژیHSCSD, GPRS, EDGE می باشد. خصوصیات سیستم های موبایل نسل ۲/۵ عبارت از تکنولوژی سرویس های صوت و مالتی مدیای موبایل با حجم زیاد میباشد.

با افزایش تقاضای سرویس های مختلف در شبکه موبایل سیستمهای نسل سوم (third generation) مطرح شدند. سیستمهای G ۳ نسل جدید تکنولوژی مخابرات سیار مولتی مدیای باند پهن هستند که برای فراهم کردن موبیلیتی جهانی با رنج وسیعی از سرویس های از جمله سرویس های تلفنی: پیچینگ، پیام، اینترنت، دیتا سرعت بالا، نسل سوم سرویس های چند رسانه ای را نیز پشتیبانی می کند. ارسال

سرویس های با نرخ بالا امکان پذیر می کند. TTU استاندارد نسل سوم موبایل با نام (International mobile telecommunication) معرفی کرد. هدف TTU این بود که فقط استاندارد ۳G داشته باشد ولی به دلایل تکنیکی و سیاسی میسر نشد، چون استانداردهای مختلف نسل دوم موبایل روند تکاملی مختلفی برای رسیدن به IMT-2000 طی می کنند. این اختلاف اصولاً در تکنیک های کدینگ و روش های دسترسی مختلف استفاده شده در نسل دوم می باشد. ITU توسط IMT-2000 نیازهایی را که باید توسط سیستم ارتباطات نسل دوم استاندارد برآورد شود را مشخص کرده است که جواب اروپا در این رابطه UMTS بوده.

ITU استانداردهای نسل سوم موبایل را به نام IMT-2000 معرفی کرده است که عبارتند از:

در اروپا ETSI مسئول استانداردسازی ۳G است که سیستم UMTS را معرفی کرده UMTS اساساً برای کشورهای با شبکه GSM توسعه یافت. UMTS علاوه بر فراهم کردن سرعت دسترسی بالا، ظرفیت بیشتری را در یک طیف مشخص شده ارائه می دهد.

جدول ۲-۱ مقایسه نسل های مختلف شبکه های سلولی

	نسل دوم 2G	نسل سوم 3G	نسل چهارم 4G	نسل پنجم 5G
فناوری ها	GSM GPRS IS-95	UMTS HSPA HSPA+	LTE LTE-A WiMAX2	?
روش دسترسی چندگانه	TDMA	CDMA	OFDMA	NOMA
پهنای باند	200KHz	5MHz	20-100MHz	>100MHz
نرخ داده	9.6-200Kbps	2-42 Mbps	300-1000 Mbps	1-10 Gbps
تاخیر	150 ms	50 ms	10ms	<5ms
بستر انتقال	TDM سیم مسی و رادیو	TDM سیم مسی و رادیو	IP/MPLS فیبر و رادیو	IP/MPLS فیبر، رادیو موج میلیمتری
نوع هسته	CS	CS & PS	All IP	All IP – NFV - SDN
سرویسها	صوت - SMS	صوت – داده چندرسانه ای	صوت IP – دیتا اینترنت سیار، D2D	صوت IP دیتا (HD, 3D) تلویزیون
باند فرکانسی	باند L دارای مجوز	باند L دارای مجوز	باند L و S دارای مجوز	باندهای میلیمتری دارای مجوز و آزاد اشتراک طیفی

www.mobilebroadband.ir

تکنولوژی های ارتباطی جدید مانند WiMAX، LTE، LTE-A و ... از طرح های چندحاملی برای ارائه نرخ های داده بالا و QoS استفاده می کنند.

LTE قدم بعدی در سرویس های سلولی نسل سوم است. LTE استاندارد ۳GPP است که سرعتی معادل ۵۰Mbps در لینک بالا رونده و ۱۰۰Mbps در لینک پایین رونده ایجاد می کند. LTE فواید تکنیکی زیادی را برای شبکه های سلولی خواهد آورد از جمله پهنای باند انعطاف پذیر از ۱,۲۵Mhz تا ۲۰Mhz، که همین امر نیازمندی های بسیاری از اپراتورها را که می خواهند پهنای باند متفاوتی را تخصیص دهند، تامین می کند، همچنین این موضوع به اپراتورها اجازه می دهد که سرویسهای متنوعی را متناسب با پهنای باند ارائه دهند. از LTE انتظار می رود راندمان طیف را در شبکه های ۳G بهبود دهد که این امر به حامل ها اجازه حمل اطلاعات بیشتر و سرویسهای صدا با نرخ بالاتر را روی همان پهنای باند داده شده را می دهد.

شبکه LTE به منظور بهره گیری بهینه از پهنای باند تخصیص یافته و گذر دهی بالاتر، سیستم های دسترسی بی سیم مقاوم در محیط هایی با ویژگی چند مسیرگی، مدولاسیون و کدینگ وفقی و تکنولوژی MIMO را به کار می گیرد و دقیقا به همین دلیل است که نسبت نرخ داده در واحد ثانیه و واحد فرکانس در مقایسه با دیگر تکنولوژی های موجود نتایج بهتری را نشان می دهد[۸].

با توجه به کم اهمیت بودن جنبه ی علمی شبکه های بی سیم نسبت به جنبه ی تجاری آن در. گذشته و گسترش روز افزون این شبکه ها و بحث پیوستن آنها به شبکه های بی سیم بزرگتر در نسل آینده ی مخابرات بی سیم نیاز برای بررسی این شبکه ها از نظر روش های طراحی بهینه به صورت جدی وجود دارد. بحث طراحی دو جنبه دارد: یکی جنبه ی IT و دیگری طراحی رادیویی.

در شبکه های بی سیم، مسیردهی وکنترل گذار بهینه ی داده به ظرفیت لینک ها وابسته است و ظرفیت لینک ها به منابع تخصیص یافته به آن ها مثل توان و پهنای باند بستگی دارد. در نتیجه عملکرد بهینه ی شبکه می تواند توسط بهینه سازی همزمان مسیردهی داده، کنترل گذار و تخصیص منابع انجام گیرد. از آنجایی که منابع رادیویی از دارایی های ارزشمند هستند و به ندرت در دسترس خواهند بود، بنابراین، استفاده بهینه از این منابع ضروری خواهد بود. تخصیص منابع رادیویی در شبکه های سلولی چالش بسیار بزرگی است که همیشه مورد بحث بوده است، زیرا با افزایش کاربرهای موبایل و کاربردهای وسیع بی سیم، تخصیص منابع رادیویی برای کاربران یک فاکتور محدود کننده برای موثر بودن طیف فرکانسی می شود. توزیع و تخصیص بهینه منابع رادیویی همواره یکی از اساسی ترین مشکلات بر سر طراحی شبکه های بی سیم بوده است. تخصیص بهینه منابع در یک شبکه عبارتست از تخصیص بهینه ی توان، نرخ داده و زیر حامل ها به کاربران با در نظر گرفتن قیود محدودیت توان، حداقل نرخ داده مورد انتظار کاربران با توجه به شرایط کانال مخابراتی و رعایت انصاف.

در توزیع منابع الگوریتم های پویای تخصیص منابع به دو دسته ی کلی متمرکز و غیر متمرکز تقسیم می گردند. روش های غیرمتمرکز علاوه بر داشتن مزایایی نظیر کاهش بار محاسباتی در ایستگاه مرکزی

BS، معایبی نظیر اشغال قسمتی از طیف و منابع به علت وجود سربار ارتباطی بین ایستگاه مرکزی و کاربران را ندارد. با این وجود الگوریتم های متمرکز به علت سادگی پیاده سازی و مدیریت بهتر کاربران مورد توجه می باشند.

با توجه به مطالب فوق هدف اصلی از این پایان نامه بررسی تخصیص منابع رادیویی در شبکه های سلولار پیشرفته LTE باارتباطات D2D جهت بهبود تخصیص منابع و بهبود تداخل طیفی است.

حداقل‌های لازم برای اطلاق نسل چهارم موبایل به یک خدمت موبایل عبارتند از:

- ✓ شبکه نسل چهارم باید کاملاً مبتنی بر پروتکل اینترنت(IP) باشد.
- ✓ کاربر باید هنگام تحرک بالا (در ماشین و قطارهای تندرو) حداقل به اینترنتی با سرعت ۱۰۰ مگابیت بر ثانیه دسترسی داشته باشد و هنگام تحرک پایین (هنگام پیاده‌روی و در منزل) به سرعتی معادل یک گیگابیت بر ثانیه دسترسی داشته باشد.

نسل چهارم، یک راه‌حل جامع بر مبنای IP برای انتقال صدا، تصویر و داده استفاده می‌کند و بر پایه اصل «هرجا و هر زمان» داده‌ها را با سرعتی بسیار بالاتر از نسل‌های قبل در اختیار کاربر قرار می‌دهد. از لحاظ تکنیکی در نگاه ساده سرعت بارگذاری و بارگیری در LTE نسبت به نسل‌های قبل بسیار بالاتر است. البته جدای از نرخ داده بالا، تأخیر کمتر در ارسال بسته‌ها که منجر به کیفیت فوق‌العاده VoIP، ویدئو کنفرانس و سرویس‌های هم‌زمان می‌شود و هم‌چنین از دید یک اپراتور پهنای باند با کانال‌های متغیر که در محدوده ۱,۲۵-۲۰ MHz است. مهم‌ترین ویژگی برجسته LTE این است که تمامی زیرساخت آن بر اساس IP است، به عبارت بهتر بخش هسته شبکه کاملاً همگام با پروتکل‌های TCP/IP است و از سیگنالینگ معمولی که در شبکه‌های قدیمی‌تر به خصوص GSM استفاده می‌شد خبری نیست. نرخ انتقال داده در این فناوری ۳۲۶ مگابیت در ثانیه برای بارگیری و ۸۶ مگابیت در ثانیه برای بارگذاری در طیف فرکانسی ۲۰ مگاهرتز است که در این شرایط حدود ۴۰۰ کاربر به‌صورت همزمان در

یک سلول می‌توانند فعال و در عین حال متحرک باشند. در شبکه نسل سوم پیشرفته یا HSPA تأخیر در حدود ۴۰ تا ۵۰ میلی‌ثانیه است که در LTE به حدود ۱۰ میلی‌ثانیه کاهش می‌یابد.

۲-۵-۱-طیف در عصر نسل ۴

سیستم های نسل ۴ باید به ارائه ی پیشرفت های مهم در ظرفیت سلولی بپردازند تا با تقاضاهای بسرعت رو به افزایش ترافیک انطباق یابند. گرچه نسل ۴ دسته ای از فناوری های جدید معرفی خواهند کرد که شبکه ها و دستگاه ها را فعال می سازند تا استفاده ی بهتری از منابع کمیاب طیف ببرند، اما استفاده کارامد تر از منابع کنونی طیف برای همراه شدن با افزایش استفاده داده های تلفن همراه کافی نیست. انتظار می رود سیستم های نسل ۴ نرخ های داده ها را در هرجایی و هر زمانی برطبق گیگابایت بر ثانیه ارائه دهند. این تنها با طیفی بسیار بیشتر از آنچه اخیرا از طریق فرایند اتحاد مخابرات بین المللی (ITU) در اختیار سیستم های IMT قرار می گیرد باشد.

امروزه باندهای بسامد مورد استفاده ی سیستم های IMT با درجات مختلف دسترسی و مقادیر مختلف پهنای باند در باندها، کشورها و مناطق تکه تکه شده است، که منجر به مشکلاتی نظیر رومینگ، پیچیدگی دستگاه، کمبود اقتصاد مقیاس، و تداخل مضر می شود. برخی فناوری ها برای ادغام باندهای IMT ایجاد شده اند اما دارای محدودیت هایی از نظر رفع نیازهای پهنای باند بیشتر سیستم های آینده هستند. بنابراین برای ارائه ی خدمات نرخ داده های گیگابایت در آینده نیاز به باندهای بسامد پیوسته و بزرگتر داریم. تمام طیف های دردسترس سیستم های تلفن همراه سلولی امروزی، شامل IMT، متمرکز بر باندهای زیر 6 GHz هستند آنهم بخاطر شرایط انتشار مطلوب در چنین باندهایی. به همین دلیل این بسامدها مورد تقتضای شدید سایر خدمات، شامل ارتباطات ثابت، رادیو تلویزیونی و ماهواره ای، هستند. در نتیجه این باندها بشدت شلوغ شده اند و انتظار قطعات بزرگ طیف جدید برای IMT زیر 6 GHz مطلوب نیست.

۲-۵-۲-معماری ساختار LTE

معماری ساختار نسل چهارم را بصورت زیر میتوان شرح داد.

✓ ترمینال های کاربر و کاربردهای مورد انتظار

سه دسته ترمینال برای ایجاد امکان برقراری ارتباطی کاربر موبایل پیش بینی شده است: گوشی تلفن،[5] خودرویی[6] و کوچ گرانه.[7] ترمینال گوشی تلفن نسبتا ارزان در نظر گرفته شده است (معمولا دستی) و کاربرد آن با موبیلیته محدود (چند km/h) مشخص می شود؛ مشارکت کاربر[8] تحت پوشش ماهواره ای برای حصول اطمینان از دریافت شبه-LOS (خط دید[9]) مورد انتظار است. ترمینال های کوچ گرانه ترمینال های گرانی هستند که در موقع برقرای ارتباط ثابت می باشند و لزوما در دست نگه داشته نمی شوند؛ مشارکت کاربر فرض شده است بدین معنی که موقعیت استقرار ترمینال و نیز جهت آن به دقت انتخاب شده است. ترمینال های خودرویی ترمینال های گرانی هستند که با موبیلیته بالا مشخص شده اند (تا 140 km/h)؛ مشارکت کاربر مورد انتظار نیست.

✓ بحث در مورد باندهای فرکانسی برای MSS

برای مقابله با محدودیت های ضریب شکل[10] در ترمینال ها، باندهای فرکانسی زیر GHz 6-۴، معمولا باند های MSS موجود در باند L یا S ، ترجیح داده شده اند. این دومی گزینه خوبی برای پشتیبانی از استقرار سیستم هایبرید می باشد چرا که مجوز طیف CGC قبلا رزرو شده است و آماده واگذاری است. باندهای فرکانسی متناظر برابر با Mhz 2170-2200 (فضا به زمین) و MHz 1980-2010 (زمین به فضا) می باشند. محدودیت سختی از لحاظ چگالی شار توان زمینی[11] (GPFD) وجود ندارد اما یک آستانه هماهنگی قرار گرفته است. دومی برابر $-136\ dB(W/m^2/4\ kHz)$ یا $-118\ dB(W/m^2/1$

---

[5] handset

[6] Vehicular

[7] nomadic

[8] user cooperation

[9] Line-Of-Sight

[10] form-factor

[11] Ground Power Flux Density

(MHz است. توجه داشته باشید که این طیف 30-MHz باید به وسیله اپراتورهای ماهواره تسهیم شود.

✓ بحث در مورد رابط های هوایی

رابط های هوایی باز مناسب تر به نظر می آیند چرا که روش چند- تامینی[۲]فراهم می کند. برای ارتباطات دو طرفه، اپراتور ماهواره ممکن است بین راه حل های ماهواره ای موجود، برای مثال سری GMR کاملا ثابت شده ، و محصول فرعی رابط های هوایی مطلوب 4G زمینی، برای مثال WiMAX یا سیر تکامل بلند مدت 3GPP ، مردد شود. GMR-1 استقرار میان مدت را ممکن می سازد و تکنولوژی جدید کدینگ کانال را نمایان می کند اما ممکن است به علت کانال بندی باریک و تکنولوژی مبتنی بر مدار آن در مقابل تعییراتی که در آینده ممکن است اتفاق بیافتد، کارا نباشد. علاوه بر این، انتظار می رود هزینه ترمینال 4G تحت تاثیر زنجیره پردازشی باند پایه قرار بگیرد. این به منظور محدود کردن هزینه اضافیِ ترمینال دارای MSS ، از استفاده دوباره از رابط های هوایی مطلوب 4G پشتیبانی می کند. با این حال، به منظور سازگاری با محدودیت های ماهواره (دریافت با نسبت سیگنال به نویز پایین، تاخیر زیاد رفت و برگشت، پراکندگی بالا، مسائل تنظیمی و غیره)، استفاده دوباره نیاز به انطباق لایه های فیزیکی و دسترسی دارد. این، فرآیند مشابه S-UMTS برای 3G و GMR برای 2G را تداوم می بخشد.

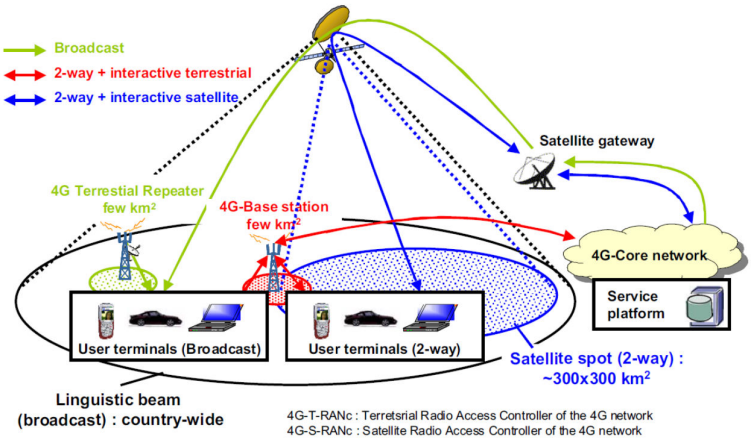
مانند ماموریت انتشار، نسخه های MBMS برای WiMAX و 3GPP LTE گزینه های خوبی هستند به شرط آنکه تطبیق هایی با ماهواره انجام شده باشد. DVB-SH نیز برای لینک ارسال ماموریت انتشار در نظر گرفته شده است چرا که در مقابل تعییراتی که در آینده ممکن است اتفاق بیافتد، کارا می باشد و برای سیستم هایبرید (ماهواره و زمین) به خوبی طراحی شده است.

✓ معماری شبکه هایبرید مناسب

[1] multi-vendor approach

[2]

شکل ۲-۲ معماری شبکه هایبرید مناسب برای ماموریت های انتشار متقابل و دو طرفه را نشان می دهد.



شکل ۲-۲ : معماری سیستم هایبرید مناسب برای ماموریت های انتشار متقابل و دو طرفه

در مناطق حومه شهری و روستاییِ پراکنده (٪۹۹ کل پوشش در فرانسه را تشکیل می دهد)، ارتباطات از طریق بخش فضایی اداره شده است. دومی از طریق مسیر اختصاصی برای پشتیبانی از الحاق آن به شبکه هایبرید از نظر مدیریت موبیلیته، مدیریت طیف، سندیت، مجوز و محاسبه به شبکه مرکزی 4G وصل شده است. در مناطق حومه شهری و شهری متراکم، ارتباطات از طریق بخش مکمل زمینی اداره شده است. دومی تحت کنترل ارتباطات ۲ طرفه و نیز لینک برگشت متقابل ماموریت انتشار، تشکیل شده است از ۱) تعدادی تکرارکننده[۱۳]زمینی که محتوای انتشار یافته را به ترمینال ها ارسال می کند و ۲) تعدادی ایستگاه پایه[۱۴]که متعلق به شبکه 4G زمینی است. تکرارکننده های زمینی و ایستگاه های پایه معمولا با هم مستقر می شوند. توجه داشته باشید که تکرارکننده های زمینی ممکن است در باند Ku و Ka به وسیله بخش فضایی معمولی تغذیه شوند. در این حالت تبدیل فرکانسی از باند Ku/Ka به باند S انجام می دهند.

13 repeaters

14 base stations

برای ماموریت انتشار، ماهواره و تکرار کننده های زمینی می توانند از فرکانس یکسانی مشترکا استفاده کنند بدین معنی که شبکه تک فرکانس[۵](SFN) تشکیل می دهند. تکرار کننده های زمینی نیز می توانند محتویات محلی را با استفاده از کانال های فرکانسی مختلف منتشر کنند. همانند ماموریت دو طرفه، ماهواره و ایستگاه های پایه نمی توانند شبکه دسترسی رادیویی[۶]را مشترکا استفاده کنند اما مدیریت طیف می تواند برای به حداقل رساندن تداخلات[۱۷]بین بیم های ماهواره و سلول های زمینی هماهنگ شود. جابجایی بین بیم های های ماهواره از یک طرف و بین بیم های های ماهواره و سلول های زمینی از طرف دیگر به منظور تامین تداوم سرویس و بهبود تجربه کاربر باید تضمین شود.

۲-۶- معرفی فن آوری کاربر به کاربر

انفجار تقاضا برای کاربردهای آینده بر اساس نرخ داده و راندمان طیفی بالا باعث راه اندازی استانداردهای پروژه مشارکتی نسل سوم (GPP۳)و فناوری تکامل بلند مدت (LTE)شده است. از طرفی بهبود ارتباط مستقیم (D2D) کاربران به صورت زمینه ای در شبکه های سلولی نسل چهارم (G۴) می تواند بدون نیاز به طیف اضافی و با تشریک طیف سلولی بین کاربران سلولی و زوج های ارتباط مستقیم، ظرفیت شبکه را افزایش دهد. در این نوع ارتباط کاربرانی که در نزدیکی یکدیگر قرار دارند، به کمک زیرساخت شبکه سلولی و با استفاده مجدد از طیف سلولی، یک پیوند مستقیم تشکیل می دهند و ترافیک خود را به جای عبور از ایستگاه پایه و شبکه سلولی، مستقیماً از این پیوند عبور می دهند. به منظور بهره برداری از این نوع ارتباط در شبکه های سلولی، باید تداخل ناشی از تشریک طیف بین کاربران سلولی و ارتباط مستقیم با تخصیص درست منابع (کانال و توان ارسال) مدیریت شود. در شبکه های سلولی نسل چهارم و پنجم، ارتباطات دستگاه به دستگاه (D2D)که امکان برقراری ارتباط مستقیم میان دو دستگاه نزدیک به هم درپهنای باند مجوزدار اپراتور را فراهم میسازند، به علت پتانسیلی که در

---

1 Single-Frequency Network

1 Radio Access Network

1 interferences

5

6

7

استفادهی مجدد از فرکانس و در عین حال فراهم کردن ارتباطات پرسرعت با تأخیرکم دارند، بسیار مورد توجه قرار گرفته اند.

- ✓ **مزایای افزودن فن آوری ارتباط کاربر به کاربر به شبکه سلولی**

به علت فاصله کم بین کاربران D2D سرعت بالا و کاهش تاخیر در ارسال اطلاعات

صرفه‌جویی در مصرف منابع شبکه

بهبود بهره‌وری طیفی

کاهش مصرف انرژی

افزایش پوشش شبکه سلولی

انتقال ترافیک شبکه سلولی

کمک در جهت رفع تراکم در شبکه

ایجاد بستر مناسب جهت ایجاد سرویس‌های جدید

در کنار تمامی مزایا، استفاده از ارتباطات D2D در شبکه های سلولی، چالشهای زیادی را نیز به همراه دارد و اگرچه ارتباطات D2D بازدهی طیفی را بهبود و ظرفیت سیستم را افزایش می‌دهند، ولی به دلیل استفاده مجدد از طیف فرکانسی شبکه سلولی، باعث ایجاد تداخل بر ارتباطات سلولی می شوند. چالش هایی نیز وجود دارند که پیاده سازیD2D را با مشکل مواجه می کنند.

اولین چالش مدیریت تداخل است که در [۱۰-۱۲]مطرح شده است. در [۱۲]یک ناحیه تداخل هر برای هر D2D محدود معرفی شده است و پیشنهاد میکند که D2D ها اجازه استفاده مجدد از طیف کاربران سلولی موجود در ناحیه تداخل خود را نداشته باشند. از دیگر مسائل مطرح در این زمینه انتخاب شیوه مناسب است. به این معنا که فرستنده ارتباط مستقیم (Transmiter D2D)، کدامیک از روشهای زیر را برای برقراری ارتباط با گیرنده نظیرش (Reciever D2D) استفاده کند:

شیوه زمینه ایی: در این روش، برقراری ارتباط در میان DT و DR با استفاده مجدد از طیف کاربران سلولی، انجام می شود.

شیوه رویه ایی:

در روش رویه ایی یک کانال خالی به جفت D2D اختصاص داده می شود.

شیوه سلولی:

در این شیوه جفتهای D2D از طریق BS به انتقال اطلاعات می پردازند.

به منظور کاهش تداخل میتوان، انتخاب شیوه را بر اساس مقایسه ی کیفیت کانال های DT به DR و کانال DT به BS انجام داد که در [۱۳]بررسی شده است.

- ✓ **چالش های افزودن ارتباط کاربر به کاربر به شبکه سلولی**

نحوه تشخیص دو کاربر مناسب برای ارتباط D2D

مدیریت سربار سیگنالینگی که برقرای هر لینک D2D به شبکه سلولی تحمیل می‌کند.

نحوه تخصیص منابع شبکه سلولی به کاربران D2D

تضمین امنیت ارسال برای کاربران D2D

نحوه محاسبه تعرفه ها

در شبکه های سلولی سنتی، تمامی ارتباطات باید از طریق ایستگاه پایه انجام پذیرند، حتی اگر طرفین ارتباط در نزدیکی هم واقع شده باشند. با توجه به افزایش تقاضای کاربران برای ارائه ی انواع سرویسها با نرخ انتقال بااال، یکی از تمهیدات درنظرگرفته شده برای شبکه های سلولی نسل چهارم و پنجم، ارتباطات دستگاه به دستگاه (D2D) است. ارتباطات D2D که امکان برقراری ارتباط مستقیم میان دو دستگاه نزدیک به هم در پهنای باند مجوزدار اپراتور را فراهم میسازند، به علت پتانسیلی که در استفاده ی مجدد از فرکانس و در عین حال فراهم کردن ارتباطات پرسرعت با تأخیر کم دارند، بسیار مورد توجه

قرار گرفته اند. در واقع با استفاده از این نوع ارتباطات، با توجه به کاهش فاصله ی بین فرستنده ها و گیرنده ها، ارسال ها با توان پایینتر امکانپذیر میشوند؛ در نتیجه توان مصرفی دستگاهها و تأخیر انتقال، کاهش یافته و استفاده ی بهتر از پهنای باند صورت میگیرد. در کنار تمامی مزایای ذکر شده، استفاده از ارتباطات D2D در شبکه های سلولی، چالشهای زیادی از جمله کشف دستگاههای مستعد استفاده از ارتباطات D2D ،کنترل توان، انتخاب حالت و تخصیص منابع را نیز به همراه دارد. به طور کلی، استفاده از ارتباطات D2D،مستلزم گذراندن دو فاز اصلی است. در فاز اول، یعنی فازکشف و شناسایی، جفت کاربرهایی که در نزدیکی هم واقع هستند و پتانسیل بهره بردن از ارتباط D2D را دارند، کشف میشوند. علی رغم اینکه فاز کشف و شناسایی، نقش بسیار مهمی در شکل گیری ارتباطات D2D دارد، در این رساله مورد بررسی قرار نخواهد گرفت و فرض بر این است که این فاز با موفقیت توسط زیرساخت شبکه به انجام رسیده است. فاز دوم، فاز برقراری ارتباط است که تمامی فرآیندهایی که باید پس از کشف دستگاهها انجام شود، شامل کنترل توان، انتخاب حالت، تخصیص منابع و ارسال اطلاعات به مقصد، در این فاز صورت میپذیرند. تمرکز ما بر فرآیندهای کنترل توان و انتخاب حالت در فاز برقراری ارتباط خواهد بود .در اکثر مطالعات انجام شده، به منظور استفاده بهتر از پهنای باند موجود، منابع رادیویی میان لینکهای سلولی(ارتباط از طریق ایستگاه پایه) وD2D (ارتباط مستقیم) به صورت مشترک مورد استفاده قرار میگیرند. تداخل حاصل از استفاده ی اشتراکی منابع، یکی از مشکالت اصلی حضور لینکهای D2D در شبکه های سلولی است که در صورت عدم مدیریت این تداخل، کارایی ارتباطات D2Dمطابق با انتظار نخواهد بود. در نتیجه، کنترل توان به عنوان مکانیزمی برای مدیریت تداخل در ارتباطات D2D محسوب میشود. علاوه بر کنترل توان، انتخاب حالت نیز، یک مسئله ی مهم در شبکه های سلولی با قابلیت ارتباطات D2D است .منظور از انتخاب حالت، فرآیند تصمیم گیری و انتخاب میان استفاده از لینکهای D2D و یا لینکهای سلولی است؛ چراکه همواره استفاده از ارتباطات مستقیم D2Dمیان طرفین ارتباط، تصمیم بهینه ای نیست و در شرایطی ممکن است گیرنده ی متناظر با ارتباط D2D دارای تداخل بیشتری در مقایسه با ایستگاه پایه باشد.

۲-۷- تئوری بازی ها

تئوری بازی زیرمجموعه‌ای از علم ریاضیات است که می‌کوشد با استفاده از طراحی و تحلیل سناریو، رفتارها و نتایج تصمیم گیری موجوداتی را که حق انتخاب دارند، در تعامل با یکدیگر پیش بینی کند.

بعید است بتوانید مثالی کلاسیک‌تر و ساده‌تر از بازی سنگ، کاغذ، قیچی پیدا کنید که مصداقی شناخته شده از این نوع فضای تعاملی باشد (چند بازیگر، چند قانون، حق انتخاب و نتایج مشخص برای هر وضعیت).

نظریه بازی با استفاده از مدل‌های ریاضی به تحلیل روشهای همکاری یا رقابت موجودات منطقی و هوشمند می‌پردازد. نظریه بازی، شاخه‌ای ازریاضیات کاربردی است که در علوم اجتماعی و به ویژه در اقتصاد، زیست‌شناسی، مهندسی، علوم سیاسی، روابط بین‌الملل، علوم رایانه، بازاریابی،فلسفه و پوکر مورد استفاده قرار می‌گیرد. نظریه بازی در تلاش است تا بوسیله ریاضیات، رفتار را در شرایطِ راهبردی یا در یک بازی که در آنها موفقیتِ فرد در انتخاب کردن، وابسته به انتخاب دیگران می‌باشد، برآورد کند. نظریه بازی تلاش می‌کند تا رفتار ریاضی حاکم بر یک موقعیت استراتژیک (تضارب منافع) را مدل‌سازی کند .این موقعیت، زمانی پدید می‌آید که موفقیتِ یک فرد وابسته به راه بردهایی است که دیگران انتخاب می‌کنند. هدفِ نهاییِ این دانش، یافتنِ راه‌بردِ بهینه برای بازیکنان است. در ابتدا نظریه بازی معادل با بازی مجموع-صفر بود، که در آن سود (یا زیان) یک شرکت کننده، دقیقاً متعادل با زیان‌های (یا سودهای) سایر شرکت کنندگان می‌باشد و بازیکن‌ها چیزی را به دست می‌آورند که بازیکن دیگری آنرا از دست داده باشد. امروزه نظریه بازی یک واژه مادر برای علومی که به تحلیل رفتار منطقی متقابل انسان‌ها، حیوانات و رایانه‌ها می‌پردازند می‌باشد.

یک بازی شامل مجموعه‌ای از بازیکنان، مجموعه‌ای از حرکت‌ها یا راه بردها و نتیجه مشخصی برای هر ترکیب از راه بردها می‌باشد. پیروزی در هر بازی تنها تابع شانس نیست بلکه اصول و قوانینِ ویژه خود را دارد و هر بازیکن در طی بازی سعی می‌کند با به‌کارگیری آن اصول، خود را به بُرد نزدیک کند. نظریه

بازی در مطالعه طیف گسترده‌ای از موضوعات کاربرد دارد. از جمله نحوه تعامل تصمیم گیرندگان در محیط رقابتی به شکلی که نتایج تصمیم هر عامل مؤثر بر نتایج کسب شده سایر عوامل می‌باشد. در واقع ساختار اصلی نظریه بازی‌ها در بیشتر تحلیلها شامل ماتریسی چند بعدی است که در هر بعد مجموعه‌ای از گزینه‌ها قرار گرفته‌اند که در آرایه‌های این ماتریس نتایج کسب شده برای عوامل در ازاء ترکیب‌های مختلف از گزینه‌های مورد انتظار است. یکی از اصلی‌ترین شرایط بکارگیری این نظریه در تحلیل محیط‌های رقابتی، وفاداری عوامل متعامل در رعایت منطق بازی است. در صورتی که این پیش شرط به هر دلیل رعایت نگردد، یا بایستی در انتظار نوزایی ساختار جدید دیگری از منطق تحلیلی بازیگران متعامل بود یا به دلیل عدم پیش بینی نتایج بازی یا گزینه‌های مورد انتظار سیستم تصمیم گیرنده به سراغ سایر روش‌های تحلیل در یک چنین محیط‌های تصمیم‌گیری رفت. هر چه قدر توان پیش بینی گزینه‌ها و نتایج حاصل از انتخاب آنها بیشتر باشد، عدم قطعیت در این تکنیک کاهش می‌یابد. نوعی از بازی نیز وجود دارد که به دلیل اینکه امکان برآورد احتمال وقوع نتایج در آنها وجود ندارد به بازی‌های ابهام شهرت دارند.

با توجه به تعریفی که ارائه شد، هر جا که منابع محدود، گزینه های مختلف تصمیم گیری، دستاوردهای متفاوت در اثر انتخابهای متفاوت و امکان همکاری یا رقابت بین بازیگران وجود داشته باشد می‌توان از نظریه بازی ها برای درک و تحلیل بهتر شرایط موجود استفاده کرد [۱۴].

موارد زیر تنها نمونه هایی از کاربردهای نظریه بازی ها هستند:

- معاملات بورس اوراق بهادار و واکنش ها و تصمیم های سرمایه گذاران در مقابل تحولات بازار بورس و رفتارها و تصمیم های سایر سرمایه گذاران
- تصمیم کشورهای عضو اوپک در مورد تغییر میزان استخراج و فروش نفت و میزان متابعت یا عدم متابعت آنها از سهمیه بندی های انجام شده و توافق شده(Quotas)
- رفتار شرکتها در مورد قیمت گذاری محصول در شرایط انحصار یا بازارهای رقابت چندجانبه

- تعامل حیوانات با یکدیگر در زندگی اجتماعی (در مورد شکار کردن یا تقسیم دستاوردها و یا حمایت از یکدیگر)
- ارتباطات در شبکه های کامپیوتری/مخابراتی

۲-۷-۱- تعادل نش

شرایط یک رقابت یا بازی در قاعده علمی آن (نه بازی به عنوان سرگرمی)، نیازمند وجود تعداد معدودی شرکت کننده است که در این نظریه به عنوان بازیکن معرفی میشوند، مانند اتحادیه های کارگری در مقابل اتحادیه کارفرمایان یا شرکتهای معدود در یک بازار و... . هنگامی که تعداد شرکت کنندگان در یک هماوردی معدود باشد، آنگاه تصمیم استراتژیک معنی می یابد. در تئوری بازیها، رفتار استراتژیک مربوط به شرایطی است که تصمیم یک فرد یا یک شرکت، به اتخاذ تصمیمی توسط طرف مقابل منجر میشود که آن نیز بر تصمیم طرف اول تأثیر میگذارد. به این ترتیب، تصمیم استراتژیک تصمیمی است که بر اساس بررسی و محاسبه نتایج تصمیم، اثر آن بر چگونگی تصمیم گیری فرد اولی بر دومی و متعاقبا اثر آن بر چگونگی تصمیم گیری فرد اول مبتنی است[۱۴].

تعادل به معنای آن است که چیزها توازن یا پایداری دارند و پایداری به ایده ای اساسی برای درک بسیاری از فرایندهای طبیعی تبدیل شده است. سیستم های زیستی، شیمیایی و فیزیکی، حتی سیستم های اجتماعی همگی در جست وجوی پایداری هستند. بنابراین تشخیص این که پایداری چگونه به دست می آید نقشی کلیدی در پیش بینی آینده دارد. اگر وضعیتی ناپایدار باشد (همچنان که بسیاری از وضعیت ها هستند)، می توانید مسیر وقایع آینده را پیش بینی کنید؛ با محاسبه‌ی ضرورت هایی که برای رسیدن به پایداری به آن نیاز دارید. درک پایداری راهی است برای شناختن جایی که چیزها به سوی آن می روند. ساده ترین مثال، تخته سنگی است که تعادلش را نوک قله‌ی کوهی حفظ کرده است. این وضعیت خیلی پایدار نیست و مطمئناً می توانید آینده اش را پیش بینی کنید. تخته سنگ از روی کوه غلت می خورد و در دره ای به نقطه‌ی تعادل می رسد. نمونه‌ی دیگری از تعادل وقتی است

که سعی می کنید مقدار زیادی شکر را در لیوانِ چای سرد حل کنید. توده ای از شکر در لیوان چای ته نشین می شود. وقتی محلول به حد اشباع می رسد، مولکول های توده‌ی شکر به حل شدن ادامه می دهند، اما مولکول های شکر دیگری از محلول چای جدا می شوند و به توده‌ی شکر می پیوندند. در این حالت چای در وضعیت پایداری قرار دارد و مقدار شیرینی اش ثابت می ماند. وقتی نش به پایداری در نظریه‌ی بازی ها می اندیشید، این نوع تعادل فیزیکی را در ذهن خود داشت. او در پایان نامه اش به قانون عمل جرم به عنوان تعبیری از تعادل اشاره می کند و می نویسد وقتی بازیکن ها «اطلاعات تجربی» درباره‌ی هزینه های استراتژی شان جمع کنند، بازی به چنین تعادلی نزدیک می شود. وقتی واکنش شیمیایی به تعادل می رسد، دیگر مقدار مواد شیمیایی تغییر نمی کند. وقتی بازی به تعادل می رسد، هیچ کس تمایلی به تغییر استراتژی ها ندارد. بنابراین انتخاب استراتژی ها ثابت می ماند (به عبارت دیگر وضعیت بازی پایدار می شود). همه‌ی بازیکن ها باید از استراتژی اتخاذ شده راضی باشند؛ بدان معنی که هیچ استراتژی بهتری وجود ندارد تا وقتی که کسی استراتژی دیگری انتخاب نکرده است. پایداری در موقعیت های اجتماعی نیز به معنای آن است که هر کس از موقعیتش راضی باشد. ممکن است شکل فعلی چیزها را دوست نداشته باشید، اما تغییر آن ها فقط وضعیت را بدتر می کند. وقتی انگیزه و نیرویی (مثل تخته سنگ دره) برای تغییر وجود نداشته باشد، وضعیت به نقطه‌ی تعادل رسیده است. در تئوری بازیها، تعادل نش (به نام جان فوربز نش، که آن را پیشنهاد کرد) راه حلی از تئوری بازی است که شامل دو یا چند بازیکن، که در آن فرض بر آگاهی هر بازیکن به استراتژی تعادل بازیکنان دیگر است و بدون هیچ بازیکنی که فقط برای کسب سود خودش با تغییر استراتژی یک جانبه عمل کند. اگر هر بازیکنی استراتژی را انتخاب کند هیچ بازیکنی نمی‌تواند با تغییر استراتژی خود در حالی که نفع بازیکن دیگر را بدون تغییر نگه داشته باشد عمل کند، سپس مجموعه انتخاب‌های استراتژی فعلی و بهره‌مندی مربوطه، تعادل نش را تشکیل می‌دهد. به بیان ساده، امی و فیل در تعادل نش است اگر امی در حال انجام بهترین تصمیم گیری که او می‌تواند با توجه به تصمیم گیری فیل داشته باشد و همچنین فیل بهترین تصمیمی که می‌تواند با توجه به تصمیم گیری امی داشته باشد. به همین ترتیب

یک گروه از بازیکنان در تعادل نش است اگر هر یک در حال انجام بهترین تصمیم گیری باشند که آنها می‌تواند، با توجه به تصمیمات دیگران داشته باشند. با این حال، تعادلی که نش است لزوماً به معنای بهترین بهره‌وری کل برای همه بازیکنان مربوطه نمی‌باشد، در بسیاری از موارد ممکن است تمام بازیکنان بهره‌وری خود را بهبود بخشند در صورتی که چگونه بتوانند به توافق بر روی استراتژی‌های مختلف از تعادل نش برسند. (به عنوان نمونه، شرکت‌های تجاری رقابتی به منظور افزایش سود آنها تشکیل کارتل می‌دهد). جنبه مهم تعادل نش این است که سود هر بازیکن نه تنها به استراتژی برگزیده خود بلکه به استراتژی برگزیده دیگر بازیکنان نیز دارد. مفهوم تعادل نش برای تجزیه و تحلیل نتایج اثر متقابل استراتژیک چندین تصمیم گیرنده استفاده شده است. به عبارت دیگر، این راهی برای پیش بینی اینکه اگر چند نفر یا چندین موسسه که در تصمیم گیری‌های همزمان هستند و اگر پیامدهای آن وابسته به تصمیم‌های دیگران است چه نتایجی را خواهد داشت. نگرش ساده و ایده اساسی جان نش این است که اگر ما تصمیم‌های تصمیم گیرندگان مختلف را به صورت جداگانه تحلیل کنیم در نتیجه نمی‌توانیم نتیجه انتخاب‌های آنان را پیش بینی کنیم. در عوض، ما باید بپرسیم آنچه که هر کدام از بازیکنان انجام می‌دهد، با در نظر گرفتن تصمیم گیری‌های دیگران است[۱۵] .

۲-۷-۲- انواع بازیها

انواع بازیهای رایج که در تحلیل های اقتصاد شهری نیز به صورت گسترده ای از آنها استفاده میشود را میتوان به دسته های زیر تقسیم کرد.

- ✓ **متقارن- نامتقارن**

بازی متقارن، نوعی از بازی است که نتیجه و سود حاصل از یک راهبرد تنها به این وابسته است که چه راهبردهای دیگری در بازی پیش گرفته شود و از این که کدام بازیکن این راهبرد را در پیش گرفته است، مستقل است؛ به عبارت دیگر، اگر مشخصات بازیکنان بدون تغییر در سود حاصل از به کارگیری راهبردها بتواند تغییر کند، این بازی متقارن است. بسیاری از بازیهایی که در یک جدول ۲×۲ قابل ارائه

هستندً متقارن اند. بازی ترسوها و معمای زندانی که در ادامه توضیح داده خواهد شد، نمونه هایی از بازی متقارن هستند. بازی های نامتقارن، اغلب بازی هایی هستند که مجموعه راهبردهای یکسانی در بازی برای بازیکنان وجود ندارد. البته ممکن است راهبردهای یکسانی برای بازیکنان موجود باشد ولی آن بازی نامتقارن باشد.

- ✓ **مجموع صفر ـ مجموع غیرصفر**

بازی های مجموع صفر، بازی هایی هستند که ارزش بازی در طول بازی ثابت میماند و کاهش یا افزایش پیدا نمیکند .در این بازیها، سود یک بازیکن با زیان بازیکن دیگر همراه است؛ به عبارت ساده تر، یک بازی مجموع صفر، یک بازی برد ـ باخت، مانند دوز است و به ازای هر برنده همواره یک بازنده وجود دارد، اما در بازی های مجموع غیرصفر، راهبردهایی موجود است که برای همه بازیکنان سودمند است.

- ✓ **تصادفی ـ غیرتصادفی**

بازیهای تصادفی شامل عناصر تصادفی مانند ریختن تاس هستند و بازیهای غیرتصادفی، بازیهایی هستند که دارای راهبردهایی صرفاً منطقی هستند. در این مورد میتوان شطرنج و دوز را مثال زد.

- ✓ **با آگاهی کامل ـ بدون آگاهی کامل**

بازیهای با آگاهی کامل، بازیهایی هستند که تمام بازیکنان میتوانند در هر لحظه، تمام ترکیب بازی را در مقابل خود مشاهده کنند؛ مانند شطرنج. از سوی دیگر، در بازیهای بدون آگاهی کامل، ظاهر و ترکیب کل بازی برای بازیکنان پوشیده است، مانند بازی هایی که با ورق انجام میشود[۱۵] .

۲-۸- پیشینه ای از تحقیقات ارتباط وسیله به وسیله

در سال های اخیر تلاش های قابل توجهی در جهت توسعه استاندارد LTE که تحت نظر GPP ۳ است، صورت گرفته است. LTE ، دسترسی رادیویی زمینی و تکنولوژی شبکه EUTRA را در UMTS ، برای دستیابی به نرخ داده ی بالاتر و ظرفیت سیستمی بیشتر فراهم می کند. LTE همچنین شامل

SAE برای بهینه سازی شبکه و عملیات صرفه جویی در هزینه می باشد. GPP ۳ در سالهای اخیر نسخه پیشرفته تر LTE را تحت عنوان LTE_A تدوین کرده است که با استاندارد IMT_A سازگار است و ITU این همخوان را تاکید کرده است. ITU_R در اکتبر ۲۰۱۰ ، اجازه استفاده از عنوان (True_4G) برای LTE_A که در Release 10 و بالاتر توسط GPP ۳ تعریف شده بود را صادر کرد. سیستم های IMT_A سیستم های ارتباطی موبایل با پهنای باند بالا هستند که شامل قابلیت های جدیدی می شوند که آن ها را با خانواده سیستم های IMT_2000 مانند WCDMA و IMAX متفاوت می کند.

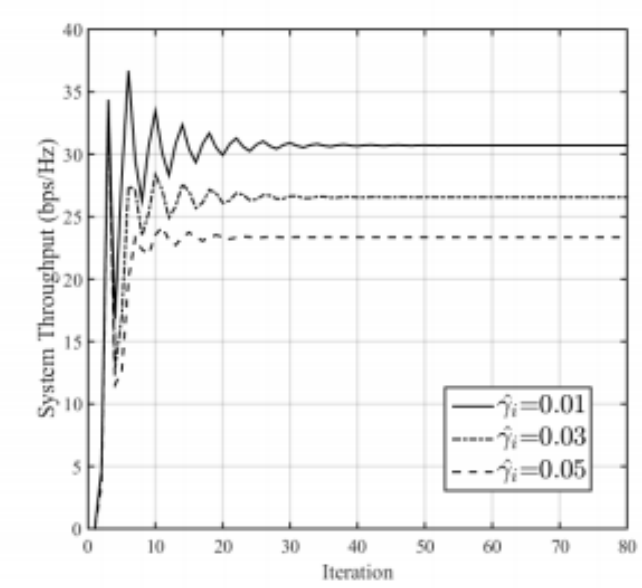
ایده ارتباطات D2D به عنوان یکی از راه حل های ممکن برای افزایش نرخ گذردهی در شبکه های سلولی بی سیم مطرح شد یکی از چالش های مهم این ارتباطات ، تصمیم گیری در مورد استفاده از ارتباط مستقیم D2D یا عدم استفاده از آن برای یک جفت کاربر فرستنده-گیرنده است ، که اصطلاح انتخاب حالت به آن اطلاق می شود[۳]. انجام مناسب انتخاب حالت می تواند به مصرف بهینه توان برای یک کاربر منجر گرددکه این امر به نوبه خود باعث کاهش تداخل برای سایر کاربران نیز می گردد [۴].

پژوهش هایی که برای انجام فاز انتخاب حالت به تنهایی و گاها به طور همزمان با سایر فازهای D2D (مانند کنترل توان و یا تخصیص منابع فرکانسی) انجام شده اند، یا بر پایه روش دسترسی به کانال CDMA و یا بر پایه روش دسترسی به کانال OFDMA می باشند[۳]. در هیچ یک از پژوهش های مبتنی بر OFDMA که فازهای کنترل توان و انتخاب حالت را برای کاربران D2D در نظر می گیرند ، این اجازه به کاربر داده نشده است که بر روی هریک از بلوک های منبع (RB) خود ، حالت D2D متفاوتی را انتخاب کند. در این پایان نامه بر روی مسئله انتخاب حالت و کنترل توان تمرکز خواهیم کرد و مسئله انتخاب حالت و کنترل توان با امکان انتخاب حالت های مختلف بر روی RB های مختلف برای کاربران D2D و همچنین محدودیت دستیابی همه کاربران به گذردهی هدف خود را به صورت یک مسئله بهینه سازی با هدف حداقل کردن توان مصرفی باتری مدل خواهیم کرد. سپس یک

الگوریتمی ارائه می دهیم که انتخاب حالت برای کاربران D2D و کنترل همزمان توان برای همه کاربران را انجام دهد[۳].

امروزه با توجه به نیاز مبرم برای استفاده از این نوع شبکه ها با عملکرد بالا و استفاده بهینه از باندهای فرکانسی موجود، محققان بزرگ با استفاده از الگوریتم های مختلف و کشف چالش های موجود به بررسی راه حل هایی جهت ارتقاء هرچه بیشتر عملکرد شبکه LTE در محیط های مختلف نموده اند. از جمله مقاله Whijting Rinne, Doppler و Hugl در سال ۲۰۰۹ در رابطه با ارتباطات دستگاه های Device to Device یه عنوان زیرلایه در شبکه LTE که به بررسی ارتباطات D2D که می توانند در باند فرکانسی مجزا برقرار شوند می پردازد. مقاله Lei Lei وXuemin Shen در رابطه با کنترل ارتباطات Device to Device در سال۲۰۱۲ ، [۳] که تصمیم گیری در مورد استفاده از ارتباط مستقیم و یا عدم استفاده از برای یک جفت کاربر فرستده-گیرنده مطرح می شود ، مقاله , Erturk Mukherjee , Ishi وArslan در رابطه با توزیع توان انتقالی و SINR در شبکه Device to Device در سال۲۰۱۳ [۴] که در واقع در این مقاله تاکید بر آن دارد که انجام مناسب انتخاب حالت می تواند به مصرف بهینه توان برای یک کاربر منجر گردد که این امر به نوبه خود باعث کاهش تداخل برای سایر کاربران نیز می گردد، مقاله Kai Yang , Steven Martin در رابطه با کنترل توان موثر در ارتباطات D2D در سال ۲۰۱۶ [۱] که مسئله انتخاب حالت و کنترل توان با امکان انتخاب حالت های مختلف بر روی RB های مختلف برای کاربران D2D و همچنین محدودیت دستیابی همه کاربران به گذردهی هدف خود را به صورت یک مسئله بهینه سازی با هدف حداقل کردن توان مصرفی باتری مطرح کرده است و مقاله Xuemin Shen در رابطه با ارتباطات Device to Device در شبکه های سلولی G ۵ در سال ۲۰۱۵ [۱۶] و همچنین مقاله Hsio-Hwa Chen و Fayezeh Ghavimi در رابطه با ارتباطات Machin to Machin در شبکه های LTE_A که شامل بحث در مورد ساختار و چالش ها و تجهیزات وکاربردی آن می باشد[۷]. در مقاله مرجع[۱۷]، با تمرکز بر دو چالش کنترل توان و انتخاب حالت، ابتدا مسئله ی دستیابی به بیشترین گذردهی کل سیستم با در نظر گرفتن محدودیت

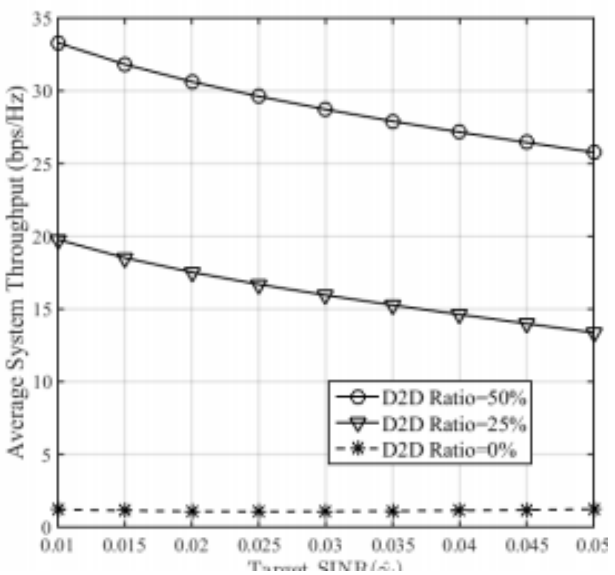
تأمین حداقلSINR درخواستی کاربران در یک شبکه ی سلولی با قابلیت ارتباطات D2D را تعریف کرده و سپس یک الگوریتم توزیعی برای کنترل توان و انتخاب حالت درشبکه های سلولی با قابلیت ارتباطات D2D، پیشنهاد میگردد. از طریق ارائه ی نتایج شبیه سازی، نشان داده شده است که الگوریتم توزیعی پیشنهادی برای کنترل توان و انتخاب حالت، نه تنها حداقل SINR درخواستی کاربران را تأمین میکند، بلکه از لحاظ گذردهی کل سیستم و نیز بهره وری انرژی سیستم نسبت به الگوریتمهای کنترل توان موجود در شبکه های سلولی سنتی، عملکرد بهتری دارد.



شکل ۲-۳ همگرایی گذردهی کل سیستم در الگوریتم پیشنهادی EDTPC به ازای مقادیر مختلف پارامتر[۱۷].

از جمله مهمترین چالشهای موجود در شبکه های سلولی با قابلیت ارتباطات D2D ، تعیین توان ارسال کاربران و همچنین انتخاب حالت کاربران مستعد ارتباط D2D است. در این مرجع، الگوریتم توزیع شده ی کنترل توان و انتخاب حالت به صورت توأم پیشنهاد شده است که علاوه بر تضمین حداقل SINRدرخواستی کاربران، گذردهی کل سیستم را نیز افزایش میدهد. نتایج شبیه سازی ارائه شده در این مقاله، نشان میدهد که الگوریتم پیشنهاد EDTPC، از لحاظ گذردهی کل سیستم و بهره وری انرژی سیستم، عملکرد بهتری نسبت به الگوریتمهای کنترل توان توزیع شده ی تحقیقات پیشین دارد.

در شکل ۲-۶، نمودار متوسط گذردهی کل سیستم الگوریتم پیشنهادی EDTPC به ازای نسبتهای مختلف تعداد کاربران مستعد ارتباط D2D به تعداد کل کاربران شبکه ارائه شده است. مشباهده می کنیم که با افزایش این نسبت، متوسط گذردهی کل سیستم بیشتری نیز کسب می شود. این شکل بیانگر این مطلب است که هرچه تعداد کاربران بیشتری در شبکه دارای حق انتخاب میان حالت ارتباط سلولی و D2D باشند، به گذردهی سیستم بیشتری توسط الگوریتم EDTPC میتوان دست یافت.



شکل ۲-۴- متوسط گذردهی کل سیستم در الگوریتم پیشنهادی EDTPC به ازای نسبت های متفاوت کاربران مستعد ارتباط D2D [۱۷].

در مرجع [۱۸] روش جدیدی مطرح شده است که علاوه بر تضمین کیفیت سرویس با مصرف حداقل توان، کارآیی انرژی را بهبود می بخشد. در روش پیشنهادی، یک مسئله بهینه سازی با هدف کاهش توان ارسالی مطرح می شود که خود به دو زیرمسئله تجزیه میشود: انتخاب شیوه و واگذاری کانال و دیگری مسئله تخصیص توان. به منظور کاهش پیچیدگی محاسباتی، شبکه در سه حالت بار کم، متوسط و زیاد بررسی میشود. در هر حالت با بیان الگوریتمهایی با پیچیدگی محاسباتی پایین به دنبال تشخیص میزان کارآیی روش پیشنهادی در کاربردهای واقعی میباشد. در نهایت، میزان کارآیی الگوریتمهای پیشنهادی را در بارهای مختلف شبکه بررسی کرده است که نتایج، نشاندهنده کارآیی

بالای روش پیشنهادی در کاربردهای واقعی است. الگوریتم های بکاربرده شده برای حل مساله بهینه سازی مقید مدل این مرجع در شکل ۲-۵ نشان داده شده است.

الگوریتم پیشنهادی در حالت بار متوسط

۱- مرتب کردن جفت‌های D2D بر اساس کمترین مصرف توان

۲- استفاده از الگوریتم Hungarian جهت تخصیص توان به $K - N_U - N_D$ جفت ابتدایی در ۱

۳- تا زمانی $n_u, n_d \leq N_U, N_D$، کاربر با کمترین توان ارسالی انتخاب می‌شود.(مقدار اولیه متغیرهای تخصیص کانال صفر درنظر گرفته می‌شود)

۴- اگر $N_U - n_u > N_D - n_d$ باشد $n_u += 1$ و $x_k^{(2)} = 1$ و برو به ۳

۵- اگر $N_U - n_u < N_D - n_d$ باشد $n_d += 1$ و $x_k^{(2)} = 1$ و برو به ۳

الگوریتم پیشنهادی در حالت بار کم

۱- محاسبه توان مصرفی هر DT در حالت سلولی و رویه

۲- انتخاب یکی از شیوه‌های سلولی و رویه‌ای برای هر جفت D2D.

۳- تا زمانی $n_u, n_d \leq N_U, N_D$، کاربر با کمترین توان ارسا انتخاب می‌شود.(مقدار اولیه متغیرهای تخصیص کانا صفر درنظر گرفته می‌شود)

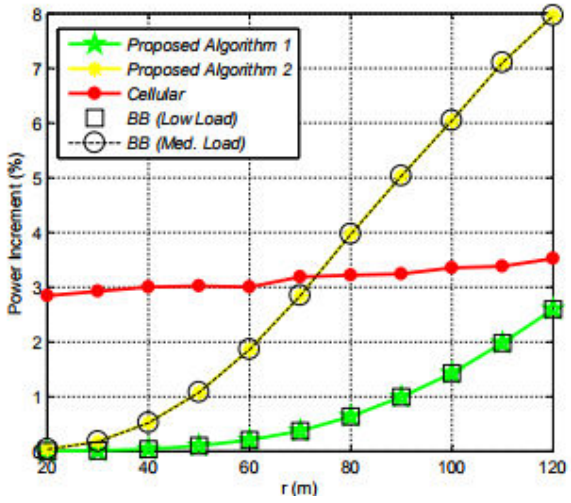
۴- اگر کاربر مورد نظر از شیوه سلولی استفاده کند: $n_u, n_d += 1$ و $x_k^{(3)} = 1$ و برو به ۳

۵- اگر $N_U - n_u > N_D - n_d$ باشد $n_u += 1$ و $x_k^{(2)} = 1$ و ب به ۳

۶- اگر $N_U - n_u < N_D - n_d$ باشد $n_d += 1$ و $x_k^{(2)} = 1$ و ب به ۳

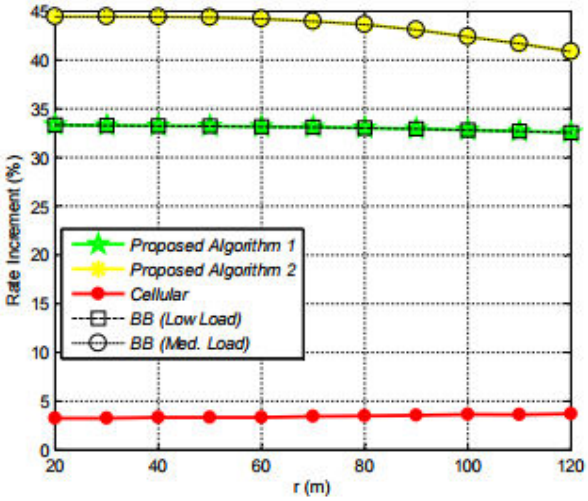
شکل ۲-۵- الگوریتم های پیشنهادی مرجع [۱۸].

شکل ۲-۶ بیانگر افزایش مجموع توان ارسالی نسبت به شعاع خوشه در شبکه ای با بار متوسط است. با دقت در شکل میتوان به این نکته پی برد که مجموع توان ارسالی در هر دوالگوریتم پیشنهادی افزایش میابد. این درحالی است که این مقدار در مخابره سلولی تغییری از خود نشان نمی دهد. دلیل این عدم تغییر این است که توان ارسالی در مخابره سلولی تحت تاثیر فاصله از BS است و به فاصله بین فرستنده و گیرنده وابسته نیست. در حالیکه در ارتباط D2D ،توان ارسالی به فاصله مستقیم بین فرستنده و گیرنده وابسته است. در نتیجه با افزایش شعاع خوشه، توان ارسالی افزایش میابد.



شکل ۲-۶- افزایش توان ارسالی بر حسب شعاع خوشه در سلولی به شعاع 1 km [۱۸].

شکل ۲-۷ نشانگر افزایش مجموع نرخ کاربران در شبکه است. با توجه به شکل، می توان مشاهده کردکه الگوریتم ۲ عملکرد بهتری نسبت به سایر الگوریتمهای مشخص شده دارد. دلیل این امر آن است که این الگوریتم، استفاده مجدد از طیف CU هارا ممکن میسازد. علاوه بر آن،در شیوه ی رویه های به هر جفت D2D تنها یک کانال اختصاص داده میشود. در حالیکه در مخابره سلولی از دو کانال استفاده میشود. بنابراین الگوریتم ۱ امکان ارتباط برای تعداد بیشتری از کاربران رافراهم میکندو مجموع نرخ حاصله در این الگوریتم از مخابره سلولی بیشتر است.



شکل ۲-۷-افزایش نرخ حاصله بر حسب شعاع خوشه در سلولی به شعاع 1 km[۱۸].

در این مرجع، روشـــی مطرح شده است که با اســـتفاده از ارتباطD2D ، بتوانـد بـا حداقل نمودن مجموع توان ارســـالی، کارآیی انرژی را افزایش دهد. روش پیشـنهادی را به صورت یک مسئله بهینه سـازی با هدف کاهش توان ارسالی مدل کرده است. به منظورحل مســئله، آن را به دو زیر مســئله انتخاب شـــیوه و واگذاری کانال و دیگری مســـئله تخصـــیص توان تجزیه کرده است. به منظورکاهش پیچیدگی محاسـباتی، هر سـه حالت بار کم، متوسـط وزیـاد شـــبکـه در نظر گرفتـه شـــده و برای دو حـالـت اول، الگوریتمهایی با پیچیدگی محاســـباتی پایین ارائه گردیده است. نتایج شبیه سازیها حاکی از کارآیی بسیار نزدیک این الگوریتمها (درعین ســادگی محاســباتی) با روش بهینه BB بودند که این امر، اســـتفـاده از این الگوریتم ها را در کاربردهای واقعی امکانپذیرمیسازد.

۲-۹- جمع بندی :

در این فصل ابتدا در مورد شبکه های بی سیم و انواع تقسیم بندی آن و همچنین معماری ساختار LTE و معرفی ابتدایی فناوری کاربر به کاربر صحبت نمودیم ،در ادامه معرفی نظریه ی بازی ها و انواع بازی های آن که به اختصار به آن پرداختیم و به بیان پیشینه ای از تحقیقات در ارتباطات وسیله به وسیله همت گماردیم..

فصل سوم

روش تکرار و تئوری بازی ها در ارتباطات D2D

۳-۱- مقدمه

در شبکه های سلولی سنتی، تمامی ارتباطات باید از طریق ایستگاه پایه انجام پذیرند، حتی اگر طرفین ارتباط در نزدیکی هم واقع شده باشند. با توجه به افزایش تقاضای کاربران برای ارائه ی انواع سرویسها با نرخ انتقال بالا، یکی از تمهیدات درنظرگرفته شده برای شبکه های سلولی نسل چهارم و پنجم، ارتباطات دستگاه به دستگاه (D2D) است. ارتباطات D2D که امکان برقراری ارتباط مستقیم میان دو دستگاه نزدیک به هم در پهنای باند مجوزدار اپراتور را فراهم میسازند، به علت پتانسیلی که در استفاده ی مجدد از فرکانس و در عین حال فراهم کردن ارتباطات پرسرعت با تأخیر کم دارند، بسیار مورد توجه قرار گرفته اند. در واقع با استفاده از این نوع ارتباطات، با توجه به کاهش فاصله ی بین فرستنده ها و گیرنده ها، ارسال ها با توان پایین تر امکانپذیر میشوند، در نتیجه توان مصرفی دستگاه ها و تأخیر انتقال، کاهش یافته و مهم تر از همه که هدف اصلی این پایان نامه است، توان کمتر سبب کاهش تداخل در کار کاربران دیگر میشود و این نکته مهمی در بحث کاهش تداخل در شبکه کل است. در کنار تمامی مزایای ذکر شده، استفاده از ارتباطات D2D در شبکه های سلولی، چالش های زیادی از جمله کشف دستگاه های مستعد استفاده از ارتباطات D2D ،کنترل توان، انتخاب حالت و تخصیص منابع را نیز به همراه دارد. به طور کلی، استفاده از ارتباطات D2D، مستلزم گذراندن دو فاز اصلی است. در فاز اول، یعنی فازکشف و شناسایی، جفت کاربرهایی که در نزدیکی هم واقع هستند و پتانسیل بهره بردن از ارتباط D2D را دارند، کشف میشوند. علی رغم اینکه فاز کشف و شناسایی، نقش بسیار مهمی در شکل گیری ارتباطات D2D دارد، در این پایان نامه مورد بررسی قرار نخواهد گرفت و فرض بر این است که این فاز با موفقیت توسط زیرساخت شبکه به انجام رسیده است. فاز دوم، فاز برقراری ارتباط است که تمامی فرآیندهایی که باید پس از کشف دستگاه ها انجام شود، شامل کنترل توان، انتخاب حالت، تخصیص منابع و ارسال اطلاعات به مقصد، در این فاز صورت میپذیرند. در این مقاله، تمرکز ما بر فرآیندهای کنترل توان و انتخاب حالت در فاز برقراری ارتباط در راستای کاهش تداخل کل شبکه خواهد بود[۱۹].

۳-۲-سیگنال به نویز و تداخل[۱۸](SINR)

در تمامی ارتباطات تنها در صورتیکه میزان نویز و تداخل از یک حد آستانه کمتر باشد، ارتباط دارای کیفیت است و در غیراینصورت نمیتوان نام ارتباط برآن گذاشت. نویز و تداخل دومفهوم جداگانه با منابع تولید جداگانه هستند که در محاسبات ارتباطات این دومفهوم بصورت یکپارچه مدل میشوند.

۳-۲-۱-نویز

در اغلب موارد سیگنال دریافت شده توسط گیرنده دارای اطلاعات ناخواسته است که طی انتقال به سیگنال افزوده شده است. به این سیگنال های ناخواسته اصطلاح نویز اطلاق می شود. نویز، عامل محدود کننده اساسی در کارآیی سیستم های ارتباطی است. همان طور که می دانید سیگنال اصلی، یک موج الکترومغناطیس بوده و هر چه از منبع ارسالی خود فاصله می گیرد، دچار تضعیف می شود. در همین حال در طول مسیر با سیگنال های ناخواسته دیگری جمع می شود. در نتیجه گیرنده شکل متفاوتی از سیگنال ارسالی را دریافت می کند.

به طور کلی هر چه بر میزان نرخ بیتی افزوده شود، نویز اثر خود را بیش تر به نمایش می گذارد. منشا نویز را می توان به دو دسته خارجی و داخلی تقسیم کرد. نویز خارجی، شامل تاثیر محیط های طبیعی بر روی سیگنال است. این نویزها در ارتباطات ماهواره ای و بیسیم نمود بیشتری پیدا می کنند. تاثیرات اتمسفر، نویز خورشیدی، تغییرات جوی و پدیده هایی از این دست در این گروه قرار می گیرند. نویز داخلی نیز در همه سیستم های انتقال داده وجود دارد و همواره سیگنال های تصادفی گریز ناپذیری وجود دارند که در کارکرد سیستم محدودیت به وجود می آورند. نویز حرارتی در اثر حرکت تصادفی الکترون ها در محیط رسانا به وجود می آید. الکترون های تحریک شده نوعی نویز پایه ای را در محیط انتقال تولید می کنند. بر اساس نظریه انرژی جنبشی، انرژی متوسط هر ذره در درجه حرارت مطلق T

[۱۸] signal-to-interference-plus-noise ratio

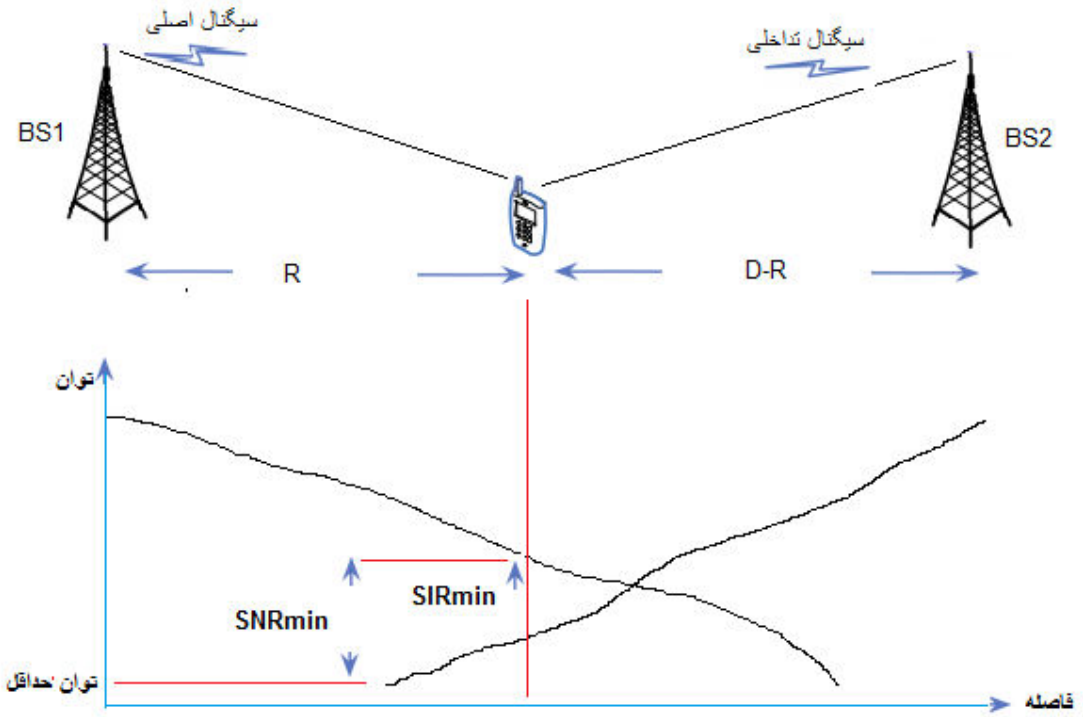
با KT متناسب است. در این رابطه K ثابت بولتزمن[۱۹] است. بنابراین می توان انتظار داشت که میزان نویز حرارتی با درجه حرارت در ارتباط باشد. بر همین اساس میزان نویز حرارتی در پهنای باند ۱ هرتز، برابر است با N=KT.

K ثابت بولتزمن بوده و مقدار آن برابر است با ۲۳- ^ ۱۰ * ۱,۳۸۰۳ ژول بر کلوین.

اگر بخواهیم میزان نویز حرارتی را در پهنای باند B حساب کنیم، خواهیم داشت N=KTB. به طوری که N توان نویز، K ثابت بولتزمن، T درجه حرارت بر حسب کلوین و B پهنای باند بر حسب هرتز می باشد[۱۸].

۳-۲-۲-تداخل

برای درک بهتر مفهوم تداخل شکل۳-۱ را درنظر بگیرید:



شکل ۳-۱-اثر تداخل ناشی از توان سیگنال تابشی فرستنده غیرهدف

[۱۹] Boltzmann

فرض کنید در شکل ۳-۱ BS ایجاد کننده تداخل در فاصله D نسبت به BS مطلوب قرار داشته باشد و با همان فرکانس کار کند و دارای توان ارسال مشابه باشد . سوال این است D باید چقدر باشد تا در شرایطی که کاربر در بدترین حالت (مرز بین دو سلول در شبکه سلولی) قرار می گیرد، کیفیت دریافت از میزان مجاز کمتر نشود. محاسبات تداخل بر اساس بودجه توان انجام می شود . مشابه SNR مفهومی به نام SIR تعریف می شود . گاهی این دو عامل مخرب (نویز و تداخل) با هم سنجیده می شوند و به صورت SINR نمایش داده می شوند، یعنی گاهی اثر تداخل آنقدر قوی است که در محاسبات کارایی (SNR)اثر می گذارند[۲۰].

روابط با درنظرگرفتن تداخل بصورت زیر میشود.

$$SINR = \frac{P}{I+N} = \frac{P}{I+KTBW_{RB}} = \frac{P}{I+KT\frac{BW}{N_{RB}}} \qquad (1-3)$$

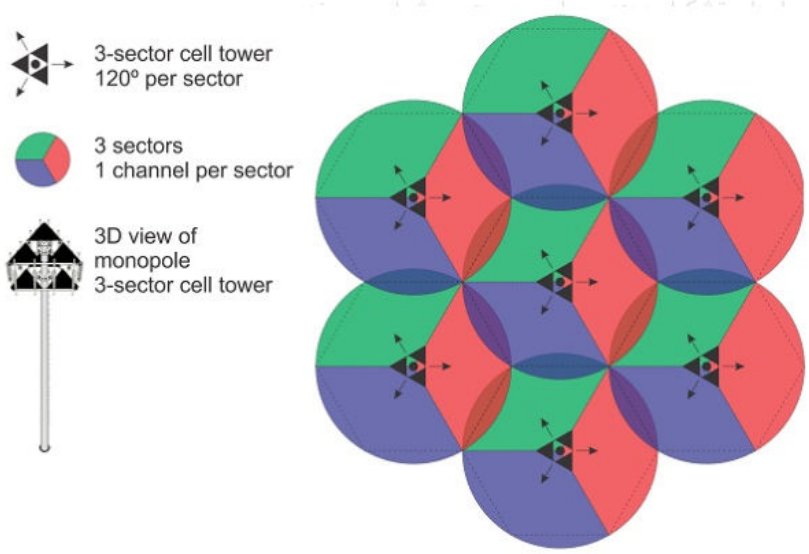
در رابطه ۱-۳، N_{RB} تعداد بلوک های منابع هر سلول وbw پهنای باند کل شبکه است. I تداخل (خاصیت تصادفی و آماری دارد.) میباشد که با توجه به مدل استفاده شده برای شبکه سلولی محاسبه میگردد.

تداخل را نیز به صورت گاوسی مدل می کنند. این یک تقریب است و به ما اجازه می دهد تا به تداخل شبیه نویز نگاه کنیم. تفاوت اساسی نویز و تداخل بدین صورت است که تداخل همانند سیگنال مطلوب دچار محوشدگی (Fading) می شود. همچنین توان نویز ثابت است اما توان سیگنال تداخلی با فاصله افت می کند.

۳-۳- کاهش تداخل با استفاده از مدیریت توان، انتخاب حالت و تخصیص طیف فرکانسی

با حرکت کاربران موبایل از بخشی به بخش دیگر سلول یا از سلولی به سلول دیگر در حالی که تماس تلفنی همچنان برقرار است، ایستگاه ثابت موبایل به دنبال کانال تازه ای برای اتصال او می گردد تا

تماس کاربر قطع نشود. به محض آنکه این کانال تازه یافت شد، شبکه به دستگاه موبایل فرمان می دهد به این کانال جدید متصل شود و تماس خود را از طریق آن پیگیری کند. اگر دقت کرده باشید در حین حرکت در سطح یک منطقه ی جغرافیایی، قدرت سیگنالی که دریافت می کنید تغییر می کند. مثلاً توان سیگنالی که دستگاه موبایل شما از طریق آن با BTS در ارتباط قرار می گیرد ممکن است کم کم تضعیف شود، به یکباره قطع شود، و یا با سیگنال های دیگر تداخل پیدا کند که همین امر باعث افزایش قطعی و کاهش کیفیت ارتباط موبایلی می شود. در کنار تداخل فرکانسی، مواد به کار رفته در برخی ساختمان ها نیز می تواند موجب تضعیف سریع توان سیگنال شوند. در ساختمان های بزرگ از قبیل انبار ها، بیمارستان ها و کارخانه ها، اغلب به فاصله ی چند متر از دیواره ی خارجی ساختمان آنتن دهی موبایل معمولاً ضعیف می شود. بهترین راهکار برای دستیابی به کیفیت بالا در ارتباطات همراه یک شبکه ی سلولی، استفاده از توان بهینه ی سیگنال با استفاده از ابزار های کنترل سیگنال ارتباطات است. در صورتی که توان سیگنال تجهیزات ارتباطی اپراتور موبایل بیش از اندازه زیاد باشد (سلول بزگ تر و تعداد BTS کمتر) شبکه ناگزیر به استفاده از امواج پر قدرت تری خواهد بود و در نتیجه تداخل بسیار زیادی در عملکرد سیستم به وجود می آید که ظرفیت و بهره وری کل سامانه و کیفیت ارتباطات کاربران تلفن همراه را در منطقه ی مورد بحث به شدت کاهش می دهد.



شکل ۳-۲-اثر تداخل ناشی از سلول های مجاور در مرز سلولها

در صورتی که توان سیگنال مورد اشاره بیش از اندازه پایین باشد نیز اهداف در نظر گرفته شده برای آن محقق نخواهد شد و شاهد نقاط کور خواهیم بود. بنابراین تنظیم این فواصل و توان امواج مورد استفاده با میزان تقاضایی که در هر منطقه برای ارتباط تلفنی موبایل وجود دارد کلید تضمین ارتباطی بدون تداخل، بدون قطعی و با کیفیت خواهد بود.

در اکثر مطالعات انجام شده، به منظور استفاده بهتر از پهنای باند موجود، منابع رادیویی میان لینک های سلولی ارتباط از طریق ایستگاه پایه وD2D (ارتباط مستقیم) به صورت مشترک مورد استفاده قرار میگیرند. تداخل حاصل از استفاده ی اشتراکی منابع، یکی از مشکلات اصلی حضور لینک های D2D در شبکه های سلولی است که در صورت عدم مدیریت این تداخل، کارایی ارتباطات D2D مطابق با انتظار نخواهد بود. در نتیجه، کنترل توان به عنوان مکانیزمی برای مدیریت تداخل در ارتباطات D2D محسوب میشود.

علاوه بر کنترل توان، انتخاب حالت نیز، یک مسئله ی مهم در شبکه های سلولی با قابلیت ارتباطات D2Dاست. منظور از انتخاب حالت، فرآیند تصمیم گیری و انتخاب میان استفاده از لینک های D2D و یا لینک های سلولی است، چراکه همواره استفاده از ارتباطات مستقیم D2D میان طرفین ارتباط،

تصمیم بهینه ای نیست و در شرایطی ممکن است گیرنده ی متناظر با ارتباط D2D دارای تداخل بیشتری در مقایسه با ایستگاه پایه باشد که در این حالت بهتراست از همان ایستگاه پایه استفاده شود و درصورت استفاده از ارتباط مستقیم، تداخل زیادی به شبکه و سایر کاربران وارد خواهد شد.

همانطور که از نکات بالا برمی آید، کاهش تداخل در شبکه های سلولی با قابلیت ارتباط کاربر به کاربر بصورت مستقیم بستگی به کنترل توان بهینه و انتخاب حالت مناسب بستگی دارد. در این پایان نامه، مسئله ی بیشینه کردن گذردهی کل سیستم با رعایت محدودیت تأمین کیفیت سرویس درخواستی کاربران، در یک شبکه ی سلولی با قابلیت ارتباطات D2D به صورت نرمال تعریف شده و برای حل آن، روش توزیعی کنترل توان و انتخاب حالت به صورت توأم ارائه میشود. درحقیقت ما یک مینیمم یا حداقل نسبت سیگنال به تداخل(بعلاوه نویز) را برای هرکاربر در نظر میگیریم و با درنظرگرفتن این قید برای مساله، سعی در بهینه سازی و بیشینه کردن نرخ انتقال داده یا گذردهی کل شبکه خواهیم نمود. روش کنترل توزیعی توان و انتخاب حالت در جهت رسیدن به کمینه تداخل در شبکه صورت میگیرد. مساله را یکبار بدون استفاده از تئوری بازی ها حل خواهیم نمود و سپس در مرحله دوم در این روش توزیع توان و انتخاب حالت از تئوری بازی ها بهره خواهیم برد و هر کاربر را یک بازیکن درنظر خواهیم گرفت و انتخاب حالت، نتیجه یک بازی خواهد شد و درنهایت مزیت های استفاده از تئوری بازی ها را در این شبکه ها در جهت کاهش تداخل بررسی خواهیم نمود.

۳-۴- الگوریتم توزیعی کنترل توان و انتخاب حالت کلاسیک برای شبکه های سلولی با قابلیت ارتباطات دستگاه به دستگاه

در اکثر مطالعات انجام شده، به منظور استفاده بهتر از پهنای باند موجود، منابع رادیویی میان لینکهای سلولی ارتباط از طریق ایستگاه پایه و D2D ارتباط مستقیم به صورت مشترک مورد استفاده قرار میگیرند[۲۱]. تداخل حاصل از استفاده ی اشتراکی منابع، یکی از مشکلات اصلی حضور لینک های D2Dدر شبکه های سلولی است که در صورت عدم مدیریت این تداخل، کارایی ارتباطات D2D مطابق

با انتظار نخواهد بود. در نتیجه، کنترل توان به عنوان مکانیزمی برای مدیریت تداخل در ارتباطات D2D محسوب میشود. علاوه بر کنترل توان، انتخاب حالت نیز، یک مسئله ی مهم در شبکه های سلولی با قابلیت ارتباطات D2D است. منظور از انتخاب حالت، فرآیند تصمیم گیری و انتخاب میان استفاده از لینکهای D2D و یا لینکهای سلولی است، چراکه همواره استفاده از ارتباطات مستقیم D2D میان طرفین ارتباط، تصمیم بهینه ای نیست و در شرایطی ممکن است گیرنده ی متناظر با ارتباط D2D دارای تداخل بیشتری در مقایسه با ایستگاه پایه باشد. تحقیقات در زمینه ی کنترل توان در شبکه های سلولی سنتی منجر به ارائه ی روش های متمرکز و توزیع شده ی متعدد در این شبکه ها شده است. در روشهای توزیع شده، دستگاه ها با توجه به الگوریتم توزیعی مورد استفاده، در هر بار تکرار الگوریتم، توان ارسال خود را تنظیم میکنند. در روش های متمرکز، ایستگاه پایه توان ارسالی را برای تمامی دستگاه ها محاسبه کرده و ارسال میکند تا مورد استفاده قرار دهند. با توجه به سربار زیاد روشهای متمرکز، همواره روشهای توزیع شده ترجیح داده میشوند، اما روشهای متمرکز به منظور یافتن مقادیر بهینه و مقایسه ی عملکرد الگوریتم های توزیع شده، از اهمیت ویژه ای برخوردار هستند [۲۲].

۳-۴-۱-مدل سیستمی

در این مقاله، یک سیستم تک سلولی با N کاربر فعال در نظر میگیریم، که نحوه ی دسترسی به کانال در آن به صورت CDMA فرض شده است. متفاوت با شبکه های سلولی سنتی، که برقراری ارتباط میان تجهیزات کاربران تنها از طریق ایستگاه پایه (ارتباط غیرمستقیم) امکانپذیر است، در این سیستم، امکان برقراری ارتباط D2D (ارتباط مستقیم) میان تجهیزات نیز فراهم است . همچنین، ارتباطات D2Dبه همراه ارتباطات سنتی، به صورت اشتراکی از منابع فراسو برای ارسال داده بهره میبرند. کاربران حاضر در شبکه، بر اساس فاز کشف و شناسایی (که توسبط زیرساخت شبکه انجام می پذیرد)، در دو دسته ی سلولی خالص و مستعد ارتباط D2D که به ترتیب با مجموعه های C و D نمایش داده میشوند، قرار میگیرند. کاربران سلولی خالص، تنها از طریق ایستگاه پایه برای ارسال داده ی خود به

مقصد می توانند اقدام کنند، به همین دلیل، برای این دسته از کاربران، حالت ارتباط تعریف نمیشود و تنها کنترل توان مورد بحث قرار میگیرد. کاربران مستعد ارتباط D2D ، برای ارسال داده ی خود به مقصد، میان دو حالت سلولی (ارتباط غیرمستقیم) و D2D (ارتباط مستقیم) حق انتخاب دارند. در نتیجه، برای این دسته از کاربران، توأمان با فرآیند کنترل توان، انتخاب حالت نیز انجام میپذیرد. توان ارسال کاربران شبکه، توسط بردار $P = [\mathrm{P}_i]_{i\epsilon CUD}^{T}$ ، نمایش داده میشود که Pi معرف توان ارسال کاربر i است. برای کاربران مستعد ارتباط D2D ، بردار انتخاب حالت $m = [\mathrm{m}_i]_{i\epsilon CUD}^{T}$ تعریف میشود که mi معرف حالت ارتباط انتخاب شده توسط کاربر i $(\mathrm{i} \in \mathrm{D})$ است، در صورتی که کاربر مستعد ارتباط D2D ، حالت سلولی را برای ارسال برگزیند، $mi = ۱$ و در غیر این صورت $mi = 0$ خواهد بود. بهره ی مسیر میان فرستنده ی j و گیرنده یD2D متناظر با فرستنده ی i $(\mathrm{i} \in \mathrm{D})$ با $\tilde{g}_{ij}$ نمایش داده میشود. توان نویز سفید گاوسی در ایستگاه پایه و در گیرنده ی D2D متناظر با فرستنده ی i $(\mathrm{i} \in \mathrm{D})$ ، به ترتیب با $\bar{\sigma}_i^2, \sigma^2$ نمایش داده میشود. همچنین $\widehat{\gamma}_i$معرف حداقل SINR درخواستی کاربران است . همچنین SINRدریافتی کاربر i در ایستگاه پایه (حاصل از ارسال کاربر سلولی خالص و یا کاربر مستعد ارتباط D2D با $mi = ۱$) با $\gamma_{i,\mathrm{BS}}$ نمایش داده میشود[۲۳]:

$$\gamma_{i,\mathrm{BS}}(\boldsymbol{p}) = \frac{p_i g_i}{I_{i,\mathrm{BS}}(\boldsymbol{p})} = \frac{p_i g_i}{\sum_{j\neq i}^{N} p_j g_j + \sigma^2}, \qquad (2-3)$$

که در آن $I_{i\,\mathrm{BS}}$ معرف مجموع تداخل درون سلولی است که توسط کاربر i در ایستگاه پایه تجربه میشود. به صورت مشابه، نماد $\gamma_{i,\mathrm{D2D}}$ برای SINR دریافتی کاربر i $(\mathrm{i} \in \mathrm{D})$ در گیرنده ی D2D متناظرش (حاصل از ارسال کاربر مستعد ارتباط D2D با $mi = 0$)در نظر گرفته میشود:

$$\gamma_{i,\mathrm{D2D}}(\boldsymbol{p}) = \frac{p_i \bar{g}_{ii}}{I_{i,\mathrm{D2D}}(\boldsymbol{p})} = \frac{p_i \bar{g}_{ii}}{\sum_{j\neq i}^{N} p_j \bar{g}_{ij} + \bar{\sigma}_i^2}, \qquad (3-3)$$

که در آن $I_{i\,\mathrm{D2D}}$ ، معرف مجموع تداخل درون سلولی در گیرنده ی D2D کاربر i ام است.

گذردهی کاربر i که از ارتباط غیرمستقیم برای ارسال داده استفاده میکند (کاربر سلولی خالص و یا کاربر مستعد ارتباط D2Dبا ۱= mi) با $T_{i,\mathrm{BS}}(\mathrm{p})$ و گذردهی کاربر j که از ارتباط مستقیم برای ارسال داده استفاده میکند (کاربر مستعد ارتباط D2Dبا 0= mj)یا $\mathrm{T_{j,\ D2D}}$ نمایش داده شده که به ترتیب با استفاده از روابط زیر محاسبه میشوند[۲۴]:

$$T_{i,\mathrm{BS}}(\boldsymbol{p}) = log_2(1 + \gamma_{i,\mathrm{BS}}(\boldsymbol{p})) \qquad (4-3)$$

$$T_{j,\mathrm{D2D}}(\boldsymbol{p}) = log_2(1 + \gamma_{j,\mathrm{D2D}}(\boldsymbol{p})).$$

بر همین اساس، گذردهی کل سیستم که عبارت است از مجموع گذردهی قابل دستیابی توسط کاربران شبکه، به صورت رابطه ۳-۴ تعریف میشود[۲۳]:

$$T(\boldsymbol{p}, \boldsymbol{m}) = \sum_{i \in C} T_{i,\mathrm{BS}}(\boldsymbol{p}) + \sum_{i \in D} [m_i T_{i,\mathrm{BS}}(\boldsymbol{p}) + (1 - m_i) T_{i,\mathrm{D2D}}(\boldsymbol{p})\ ] \qquad (5-3)$$

۳-۴-۲-بیان مسئله

در این پایان نامه، مسئله ی بیشینه کردن گذردهی کل سیستم با در نظر گرفتن محدودیت تأمین حداقل SINR درخواستی کاربران γ_i ، در شبکه های سلولی با قابلیت ارتباطات D2D را در نظر میگیریم، که به صورت زیر بیان میشود[۲۴]:

$$\max T(\boldsymbol{p}, \boldsymbol{m})$$

$$s.t.\ :$$
$$\text{C1}: \gamma_{i,\text{BS}}(\boldsymbol{p}) \geq \hat{\gamma}_i, \qquad \forall i \in C$$
$$\text{C2}: m_i\, \gamma_{i,\text{BS}}(\boldsymbol{p}) + (1 - m_i)\, \gamma_{i,\text{D2D}}(\boldsymbol{p}) \geq \hat{\gamma}_i, \forall i \in D$$
$$\text{C3}: m_i \in \{0,1\}, \qquad \forall i \in D$$
$$\text{C4}: p_i \geq 0, \qquad \forall i \in C \cup D.$$

$$(6-3)$$

محدودیتهای C1 و C2 الزام میدارند که $\hat{\gamma}_i$ ها برای تمامی کاربران سلولی خالص و نیز کاربران مستعد ارتباطات D2D (مستقل از حالت ارتباط انتخابی)، تأمین شود. همچنین محدودیتهای C3 و C4 ، متغیرهای مسئله، یعنی حالت ارتباط برای کاربران مستعد ارتباط D2D و توان ارسال غیر منفی برای تمامی کاربران شبکه را معرفی میکنند.

ما در این پایان نامه فرض میکنیم که مقادیر $\hat{\gamma}_i$ ها امکانپذیر هستند. منظور از امکانپذیر بودن $\hat{\gamma}_i$ها وجود بردار توان ارسال غیرمنفی برای تأمین تمامی $\hat{\gamma}_i$ ها به صورت همزمان است. میتوان اثبات کرد که مسئله ی مطرح شده، در دسته مسائل بهینه سازی محدب قرار نمی گیرد و از طریق روش های متداول حل مسائل بهینه سازی، قابل حل نیست [۲۴].

در روش های سنتی و کلاسیک انتخاب حالت و کنترل توان برای بیشینه کردن نرخ انتقال داده در کل شبکه، از الگوریتم های تکاملی و روش های تکرار برای یافتن نقطه بهینه در مساله بهره میبرند، بطور مثال در مقاله مرجع[۲۴] از یک الگوریتم توزیعی کنترل توان و انتخاب حالت به صورت توأم استفاده شده است که در آن تنها SINR دریافتی,($\gamma_{i,\text{D2D}}, \gamma_{i,\text{BS}}$)از طریق زیرساخت شبکه ی سلولی روی کانال کنترلی، به فرستنده ها بازخورد داده شده و بر اساس آن، توان ارسال فرستنده ها به صورت تکرارشونده بروزرسانی میشود. در الگوریتم توزیع شده ی پیشنهادی، به اطلاعات گسترده ی وضعیت کانالی در ایستگاه پایه نیازی نیست و در نتیجه، سربار شبکه ی سلولی کاهش می یابد.

۳-۴-۳-الگوریتم کلاسیک توزیعی انتخاب حالت و کنترل توان برای شبکه های D2D

در شبکه های سلولی سنتی که ارتباط D2D مطرح شده است، با لحاظ کردن امکان انتخاب حالت برای کاربران مستعد ارتباط D2D الگوریتمی برای شبکه های سلولی با قابلیت ارتباطات D2D ارائه شده است. در الگوریتم های توزیعی کنترل توان و انتخاب حالت متداول، کاربر مستعد ارتباط D2D، ابتدا انتخاب حالت را به صورت هوشمندانه به نحوی انجام میدهد که با کمترین توان مصرفی ممکن، $\hat{\gamma}_i$ مورد نیازش قابل تأمین باشد و سپس بر اساس حالت انتخاب شده، توان ارسال خود را در فراسوتنظیم میکند. انتخاب حالت ارتباط بر اساس مقایسه ی مقادیر $\gamma_{i,\mathrm{D2D}}$, $\gamma_{i,\mathrm{BS}}$ باعث میشود که کاربر مستعد ارتباط D2D، مستقل از حالت ارتباط انتخابی (چه سلولی و چه D2D)با استفاده از تابع بروز رسانی توان در رابطه ی ۳-۷، اگر کاربری با وضعیت کانالی ضعیف باشد، $\hat{\gamma}_i$ خود را با کمترین توان ارسال تأمین کند و اگر کاربری با وضعیت کانالی قوی باشد، SINR هدف خود را تا بیشترین مقدار ممکن افزایش داده و در جهت افزایش گذردهی کل سیستم اقدام کند. به عبارتی دیگر، تابع بروز رسانی توان پیشنهاد شده برای کاربران مستعد ارتباط D2D (به علت در نظر گرفتن انتخاب حالت)، هم در تأمین محدودیت مسئله و هم در تأمین تابع هدف، موثرتر از تابع بروز رسانی توان در شبکه های فقط سلولی سنتی عمل می کند[۲۴].در صورتی که محدودیتی برای توان ارسال کاربران در نظرگرفته نشود،الگوریتم کنترل توان و انتخاب حالت به صورت توأم را برای کاربران مستعد ارتباط D2D ($i \in D$) ، با استفاده از رابطه ی ۳-۶، به صورت زیر پیشنهاد شده است [۲۴]:

$$m_i(t+1) = \begin{cases} 1, & \gamma_{i,\mathrm{BS}}(t) > \gamma_{i,\mathrm{D2D}}(t) \\ 0, & \gamma_{i,\mathrm{BS}}(t) \le \gamma_{i,\mathrm{D2D}}(t) \end{cases} \qquad (7-3)$$

$$p_i(t+1) = \begin{cases} \max\left(\eta_i \dfrac{\gamma_{i,\mathrm{BS}}(t)}{p_i(t)}, \hat{\gamma}_i \dfrac{p_i(t)}{\gamma_{i,\mathrm{BS}}(t)}\right), & m_i(t+1) = 1 \\ \max\left(\eta_i \dfrac{\gamma_{i,\mathrm{D2D}}(t)}{p_i(t)}, \hat{\gamma}_i \dfrac{p_i(t)}{\gamma_{i,\mathrm{D2D}}(t)}\right), & m_i(t+1) = 0 \end{cases}$$

که در آن، η مقدار ثابت الگوریتم فرصت طلبانه یOPC که در آن مسیرها به طور پویا ساخته میشوند و هر گره ای که بتواند پیام را به مقصد نهایی نزدیکتر کند، به عنوان گام بعدی است. کاربران سلولی خالص ($i \in C$) نیز، با توجه به عدم امکان برقراری ارتباط مستقیم D2D، صرفاً از طریق ایستگاه پایه برای ارسال داده اقدام کرده و طبق الگوریتم های شبکه های فقط سلولی سنتی، توان ارسال خود در فراسو تنظیم میکنند[۲۴]:

$$p_i(t+1) = \max\left(\eta_i \frac{\gamma_{i,\mathrm{BS}}(t)}{p_i(t)}, \hat{\gamma}_i \frac{p_i(t)}{\gamma_{i,\mathrm{BS}}(t)}\right) \qquad (8-3)$$

۳-۵- الگوریتم پیشنهادی کنترل توان و انتخاب حالت مبتنی بر تئوری بازی ها برای شبکه های سلولی با قابلیت ارتباطات دستگاه به دستگاه

در این الگوریتم پیشنهادی این پایاننامه، راه حلی بر اساس یک بازی ائتلافی برای انتخاب مدهای ارتباطی با بیشترین راندمان انرژی درجهت کاهش تداخل پیشنهاد میشود. سیستم ارتباطی در این الگوریتم پیشنهادی از نوع OFDM است که از زیرکانال های متعامد برای ارسال داده ها استفاده مینمایند. برای هر ارتباط D2D یا سلولی (از طریق ایستگاه پایه) با استفاده از تئوری بازی ها فقط زیرکانال هایی انتخاب میشوند که توسط کاربران دیگر استفاده نشده است و با این روش سعی در کاهش تداخل کل شبکه خواهیم نمود. لینکهای D2D میتوانند بر اساس راندمان انرژی تصمیم به ترک و یا

پیوستن به یک ائتلاف بگیرند. حذف حالتهایی که نرخ حداقلی لازم را تأمین نمیکنند، یکی ازنوآوری این پایاننامه در جهت کاهش تداخل در کل شبکه میباشد که در ان ائتلاف اجازه خروج به بازیکن ها به منظور ایجاد ائتلاف جدید در صورت عدم تامین راندمان مناسب را نمی دهدو حالت های دیگر را از دسترس بازیکنان خارج می کند.

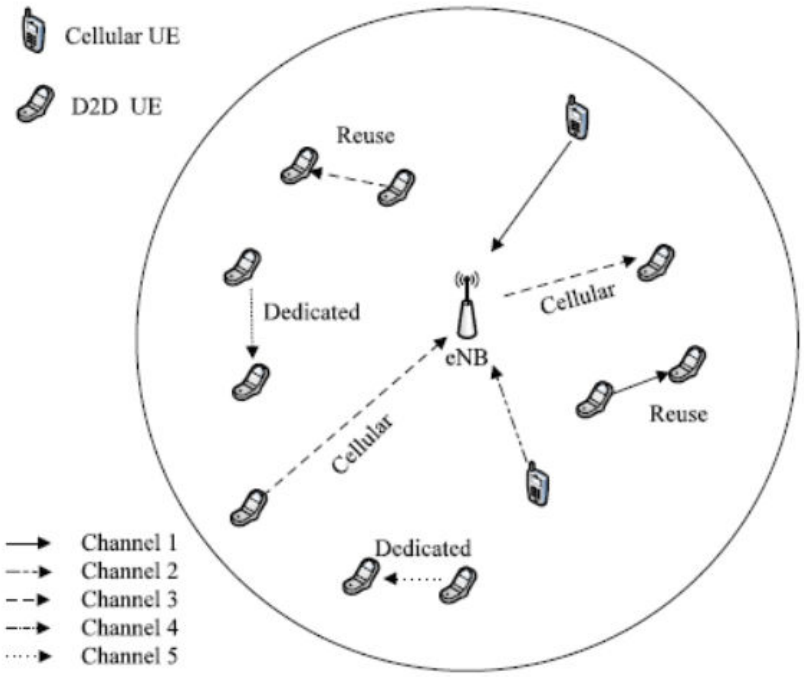
در ارتباطات D2D تجهیزات کاربری (UEs) در یکی از سه مد زیر عمل میکنند.

الف- استفاده مجدد، که کاربران D2D به طور مستقیم داده ها را با استفاده مجدد از منابع رادیویی کاربران سلولی مبادله میکنند.

ب- اختصاصی، که کاربران D2D داده ها را به طور مستقیم با استفاده از یک محدوده اختصاصی از طیف، مبادله میکنند.

ج: سلولی، که کاربران D2D مشابه کاربران سلولی، داده هایشان را از طریق ایستگاه پایه رله می کنند.

در مد سلولی، در مقایسه با مدهای استفاده مجدد و اختصاصی، بیشتر منابع (شیارهای زمانی) ممکن است برای ارسال داده ها به گیرنده استفاده شوند. بنابراین، مدیریت تداخل با کاربران سلولی راحت تر است. مد استفاده مجدد میتواند راندمان طیفی بالاتری را نتیجه دهد اما ارتباطات D2D در این مد ممکن است باعث تداخل با کاربران سلولی و کاربران D2D دیگر استفاده کننده از مد سلولی را ایجاد کنند. از طرف دیگر، مد اختصاصی میتواند بدون تداخل باشد زیرا از یک کانال اختصاصی برای ارتباطات D2Dاستفاده میکند. اما در مقابل، راندمان طیفی آن کم است[۲۵].



شکل۳-۳- لینکهای سلولی و D2D در مدهای مختلف درون یک سلول

سوال اساسی، چگونگی بهبود راندمان انرژی (نسبت نرخ مجموع به توان مصرفی) و انتخاب مناسب مد ارسال برای هر لینکD2D است[۲۶]. کاهش در توان مصرفی و افزایش در نرخ داده، باعث بهبود راندمان انرژی و مهمتر از همه کاهش تداخل میشود. در این روش پیشنهادی، مسأله بهبود راندمان انرژی در جهت کاهش تداخل و انتخاب مد برای ارتباطات D2D از طریق نظریه بازی ائتلافی که در آن ائتلاف ها برای انتخاب مد ارسال شکل میگیرند بیان میشود، به طوری که مشارکت بین کاربران در یک گروه مزایایی برای کاربران D2D فراهم میکند و تداخل را کاهش و راندمان انرژی را افزایش میدهد. این مشارکت به شکلی است که لینکهای D2D در یک گروه کانال های متعامدی را برای ارسال استفاده میکنند که هیچ تداخلی را از لینکهای D2D دیگر در ائتلاف مشابه تجربه نمیکنند. اگر کاربری به گروه یا ائتلاف دیگر برود و باعث دستیابی به توان مصرفی کمتر و تأمین یک نرخ آستانه مطلوب و در نهایت راندمان انرژی بالاتری برای خود و کاربران گروه جدید شود مناسب است زیرا در راستای کاهش تداخل گام برداشته است. در غیر این صورت، اگر توان آن کاربر کم و نرخ و راندمان انرژی آن زیاد شود ولی باعث کاهش راندمان انرژی اعضای گروه شود، مناسب است که در ائتلاف اولیه اش باقی بماند. در نتیجه،

فرض بر این است که برای همه کاربران همیشه استفاده از تنها یک مد ارسال برای به دست آوردن بهینگی جامع مناسبتر است. راه حل پایدار برای شکل گیری چنین فرایند گروهی میتواند به عنوان راه حلی برای مسأله بهبود راندمان انرژی با انتخاب مد مناسب در ارتباطات D2D در نظر گرفته شود[۲۶].

۳-۵-۱-مدل سیستم پیشنهادی و فرضیات سناریو در نظر گرفته شده

N لینک سلولی و M لینک D2D با اشتراک گذاری L زیرکانال در یک سلول در نظر گرفته میشود. هر لینک سلولی یک اتصال بین یک UE سلولی و BS است و نرخ مورد نیاز آن Ri است. هر لینک D2Dیک اتصال بین فرستنده D2D و گیرنده D2D است که در یک سلول هستند و نرخ مورد نیاز آن Rj است. فرض میشود که همه زیرکانال ها پهنای باند یکسان B هرتز دارند.کاربران سلولی از زیرکانال های متعامد برای ارتباط با BS استفاده میکنند. K به هر یک از دو لینک سلولی یا لینک D2Dاشاره میکند، $g_{kk'}^{l}$معرف بهره توان کانال بین فرستنده لینک k′ وگیرنده لینک k روی کانال L است. p_k^l نشان دهنده توان ارسال داده از فرستنده لینک k به گیرنده لینک k روی زیرکانال L است . هر لینک D2D (هر لینک یک بازیکن در تئوری بازی ها است که میتواند یک عمل را انتخاب نماید و طوری بازی کند که اهداف بازی رعایت شود.) سعی دارد مد ارتباطی را انتخاب کند که بیشترین راندمان انرژی را داشته باشد در حالی که کیفیت سرویس مورد نیاز لینک های ارتباطی هم تأمین گردد و تداخل کل شبکه کاهش یابد. در اینجا، نظریه بازی ائتلافی را برای تعیین مد ارتباطی که باید توسط هر لینک D2D استفاده شود به کار میبریم. فرض میکنیم که اطلاعات حالت کانال برای همه لینک های درگیر توسط یک هماهنگ کننده در ایستگاه پایه شناخته شده است. بنابراین، هماهنگ کننده میتواند این اطلاعات را بین همه لینک ها توزیع کند. در این بازی ائتلافی، لینک های D2D در ائتلاف مشابه با یکدیگر تداخل نخواهند داشت، اما ممکن است با لینک های موجود در ائتلاف های مختلف تداخل داشته باشند. از فرضیات مساله این است که پهنای باند تمامی زیرکانال ها را در سیستم OFDM برابر B فرض نموده ایم. همچنین نرخ انتقال داده برای ارتباط سلولی را بصورت میانگین نرخ انتقال داده روبه بالا (منظور لینک از کاربر فرستنده به سمت گیرنده ایستگاه بیس) بعلاوه نرخ انتقال داده روبه

پایین (منظور از ایستگاه بیس به سمت کاربر گیرنده لینک) در نظر گرفته ایم. بنابرآنچه گفته شد، فرض میکنیم که اطلاعات حالت کانال برای همه لینک های درگیر توسط یک هماهنگ کننده در ایستگاه پایه شناخته شده است. بنابراین، هماهنگ کننده میتواند این اطلاعات را بین همه لینک ها توزیع کند. در این بازی ائتلافی، لینک های D2D در ائتلاف مشابه با یکدیگر تداخل نخواهند داشت، اما ممکن است با لینک های موجود در ائتلاف های مختلف تداخل داشته باشند.

۳-۵-۲-مدل بازی ائتلافی

در این بخش، یک بازی ائتلافی که M لینک D2D بازیکنان آن هستند نشان داده میشود. ائتلاف های بازیکنان با Sr, Sc و Sd نشان داده میشوند که به ترتیب Sc ائتلاف های لینک های D2D استفاده کننده از مد سلولی، و Sd مد D2D است که از کانال های اختصاصی بهره میبرد و Sr مد D2D است که از کانال های مجدد(کانال های تکراری سلولی) بهره میبرد، هستند. بنابراین، هر لینک میتواند تنها یک مد را در یک زمان استفاده کند و خواهیم داشت $r_j(S_d)$ نرخ لینکD2D که از کانال های اختصاصی بهره میبرد و $r_j(S_c)$ نرخ لینک سلولی (لینکی که کاربرانD2D در آن از ایستگاه بیس سلولی استفاده می کنند، $r_j(S_r)$ نرخ لینکD2D که از کانال های مجدد برای ارتباط D2D بهره میبرند را نمایش میدهند. در مد ارتباط مستقیم D2D با استفاده مجدد از کانال های ارتباط سلولی نرخ ارسال لینک j ام برابر است با[۲۴]:

$$r_j(s_r) = \begin{cases} \frac{1}{2}B\left\{\log_2(1+\frac{g_{jj}^l \times p_j^l}{N_j + g_{jj'}^l \times p_{j'B}^l}) + \log_2(1+\frac{g_{jj}^l \times p_j^l}{N_j + g_{jB}^l \times p_{Bj'}^l})\right\} & ; \\ \log_2(1+\frac{g_{jj}^l \times p_j^l}{N_j + g_{ji}^l \times p_i^l}); \quad if\ \ l\ \ occupied\ by\ \ a\ cell\ link\ ; & (9-3) \end{cases}$$

در مد استفاده مجدد(منظور از استفاده مجدد، استفاده کاربران D2D از همان باندهای فرکانسی و زیرکانال های فرکانسی شبکه ایستگاه بیس است.) لینک D2D ، زیرکانالی را که توسط یک لینک سلولی یا یک لینک D2D استفاده کننده از مد سلولی استفاده میشود به کار میگیرد. بنابراین، لینک سلولی یا D2D استفاده کننده از مد سلولی ممکن است با سایر لینک های سلولی روبه بالا (ازکاربر به ایستگاه) ، یا لینک های D2D که از سلولی بهره میبرند (درهردوحالت روبه بالا و از بالا به پایین) ، تداخل داشته باشد. در رابطه ۳-۹ اگر زیرکانال، توسط یک لینک D2D استفاده شده باشد و ما استفاده مجدد کنیم، بایستی برای نرخ انتقال را در دو حالت در نظر بگیریم و از آنها میانگین بگیریم، یکی زمانیکه لینک قبلی D2D روبه بالا عمل میکند و یکی زمانی که روبه پایین عمل میکند و تداخل را در هردوحالت در رابطه نرخ انتقال دخالت دهیم. در حالتی که زیرکانال توسط یک ارتباط سلولی اشغال باشد و ما قصد استفاده مجدد داشته باشیم، فقط حالت روبه بالا(از کاربر سلولی به سمت ایستگاه بیس) را بایستی در نظر بگیریم زیرا در ارتباط سلولی فقط سیگنال از کاربر به ایستگاه انتشار می یابد و از آنجا توسط سیم یا فیبر نوری به ایستگاههای سلول های دیگر فرستاده میگردد و تداخل رو به پایین وجود ندارد.

در مد کاربر به کاربر که از ارتباط سلولی استفاده میکنند، نرخ ارسال لینک j ام برابر است با[۲۴]:

$$r_j(s_c) = \frac{1}{2}B \min\left\{\log_2\left(1+\frac{g_{Bj}^{l}\times p_{jB}^{l}}{N_B + g_{Bj'}^{l} p_{j'}^{l(up)}}\right), \log_2\left(1 + \frac{g_{jB}^{l} p_{Bj}^{l}}{N_j + g_{jj'}^{l} p_{j'}^{l(down)}}\right)\right\} \qquad (10-3)$$

در این رابطه نرخ انتقال از کاربر به سلول محاسبه و نرخ انتقال از ایستگاه به گیرنده لینک نیز محاسبه شده است و برای اطمینان از درستی محاسبات، کمترین مقدار این دو نرخ انتخاب میگردد و از آنجاییکه این کمترین نرخ مربوط به یکی از مسیرهای روبه بالا و رو به پایین است، در یک ضریب یک دوم ضرب

میگردد. برای متوسط توان ارسال در حالت D2D با کمک شبکه سلولی میتوان میانگین توان فرستنده لینک به ایستگاه پایه و توان فرستنده ایستگاه پایه به گیرنده لینک را درنظرگرفت.

$$p_j^l = \frac{1}{2}(p_{jB}^l + p_{Bj}^l)$$

در حالت لینک D2D با استفاده از کانال های اختصاصی، دیگر هیچ تداخلی وجود نخواهد داشت و دراین حالت نرخ انتقال داده برابر است با [۲۳] :

$$r_j(s_d) = B\log_2(1 + \frac{g_{jj}^l \times p_j^l}{N_j}) \quad ; \qquad (11-3)$$

و درآخر برای لینک های سلولی که میتواند از یک کاربر سلولی به ایستگاه بیس و یا از ایستگاه بیس به یک کاربر سلولی باشد، بصورت زیر است [۲۴].

$$r_i = \begin{cases} B\log_2(1 + \frac{g_{Bi}^l \times p_{iB}^l}{N_B + g_{Bj'}^l p_{j'}^l}); Uplink\ transmitter \\ B\log_2(1 + \frac{g_{iB}^l \times p_{Bi}^l}{N_B + g_{ij'}^l p_{j'}^l});\ downlink\ transmitter \end{cases} ; \qquad (12-3)$$

در ارتباطات D2D مستقیم در دو مد استفاده مجدد و مد اختصاصی، داده ها در دو فاصله زمانی توسط فرستنده و گیرنده D2D ارسال و دریافت میشوند. بنابراین، با توجه به کانال مورد استفاده توسط لینک های D2D و تشکیل دو مد استفاده مجدد و اختصاصی به ترتیب نرخهای $r_j(s_r)$ و $r_j(s_d)$ را خواهیم داشت و در نتیجه رابطه راندمان انرژی برای ارتباطات D2D مستقیم را میتوان بدست آورد.

در هر ائتلاف $s \in \{s_r, s_c, s_d\}$ اعضای ائتلاف در مدهایی قرار میگیرند که ابتدا کمترین توان ارسال را داشته و یک نرخ حداقل را تأمین نمایند که به صورت رابطه ۳-۱۲ نشان داده میشود که A_S مجموعه زیرکانالهای در دسترس برای هر ائتلاف$s \in \{s_r, s_c, s_d\}$ است که با A_{S_r} A_{S_c}, و A_{S_d} نشان داده میشود و p_j^lتوان ارسال لینک D2D ، jام روی زیرکانال L است.

$$\begin{aligned} &\text{minimize} \quad \sum_{l\in\mathcal{A}_S}\sum_{j\in\mathcal{S}} p_j^l \\ &\text{subject to} \quad r_j \geq R_j, \quad \forall j \in \mathcal{S}. \end{aligned} \tag{13-3}$$

A_N نشان دهنده مجموعهای از زیرکانالهای اشغال شده توسط لینکهای سلولی است. بعد از آن، لینکهای D2Dاستفاده کننده از مد سلولی زیرکانالهایی از مجموعه زیرکانالهای موجود را انتخاب میکنند. بنابراین، لینکهایD2D استفاده کننده از مد استفاده مجدد زیرکانالهای اشغال شده توسط لینکهای سلولی یا لینکهای D2Dاستفاده کننده از مد سلولی را انتخاب خواهند کرد.

در ائتلاف S، یک زیرکانال L داده شده میتواند تنها به یک لینکD2D و $j \in S$، اختصاص داده شود. بنابراین، $p_{j'}^l$ برای همه j'های دیگری که متفاوت از j است یعنی $j \neq j'$. توانهای ارسال برای همه لینکهای استفاده کننده از یک زیر کانال که SINR مورد نیاز را تأمین میکند از رابطه ۳-۱۴ به دست میآید.

اگر H_I را مجموعه همه لینک هایی که بصورت مشارکتی از زیرکانال l استفاده میکنند، درنظر بگیریم.

$$(\mathbb{I}-\mathbb{F})\mathbb{P}=\mathbb{U}$$

$$\mathbb{U}=\left(\cdots,\frac{\gamma_h N_h}{g_{hh}^l},\cdots\right)^T, \quad \forall h\in\mathcal{H}_l$$

$$F_{h,h'}=\begin{cases}\gamma_k\frac{g_{hh'}^l}{g_{hh}^l}, & \text{if } h\neq h'\\ 0, & \text{if } h=h'.\end{cases} \tag{14-3}$$

که I یک ماتریس واحد و U و F توابعی هستند که بر اساس SINR هر مد ارتباطی به دست میآیند.

✓ **تابع هزینه و تشکیل ائتلاف**

راندمان انرژی لینک D2D ، jام وقتی آن یک عضو از ائتلاف $s \in \{s_r, s_c, s_d\}$ است به عنوان تابعی از نرخ مجموع و توان ارسال کل است که به صورت رابطه ۳-۱۵نوشته میشود. که در آن R_{total} نرخ مجموع و P_{total} توان مصرفی کل است.

$$EE = \frac{R_{total}}{P_{total}} \qquad (15-3)$$

در الگوریتم پیشنهادی، اگر نرخ به دست آمده برای هر لینک با توجه به مقدار توان حداقل به دست آمده برای آن، از یک مقدار مورد نیاز کمتر باشد، مد آن لینک را به گونه ای تغییر میدهیم که در نتیجه نرخ مورد نیاز را تأمین نماید که تفاوت با تحقیقات قبلی است که ضمن کاهش پیچیدگی، راندمان انرژی باالاتری را تضمین میکند .هر لینک یا بازیکن j برای ترک ائتلافی که در آن قرار دارد و پیوستن به ائتلاف دیگر تصمیم گیری میکند. اگر در ائتلاف جدید، بازیکن j راندمان انرژی بالاتری داشته باشد و همه بازیکنان دیگر راندمان انرژی کمتری نسبت به حالتی که آنها در ائتلاف موجود خود قرار دارند پیدا نکنند، یعنی:

$$EE_j\ (S' \cup \{j\}) < EE_j\ (S).\ j \in S$$
$$EE_{j'}\ (S' \cup \{j\}) \leq EE_{j'}\ (S').\ \forall j' \in S' \qquad (16-3)$$
$$where\ S.S' \in \{S_c.S_r.S_d\}.S \neq S'.\ j \neq j'$$

بازیکن j به ائتلاف جدید میرود. در غیر این صورت در ائتلاف اولیه اش باقی می ماند. برای پیدا کردن راه حل تشکیل ائتلاف پایدار و تجزیه و تحلیل ساختارهای ائتلاف پایدار، همانند مرجع [۲۴]از یک زنجیره ماکوف زمان گسسته استفاده خواهیم نمود. نوآوری دیگر این پایاننامه، انتخاب مد برای لینکهای D2Dاست که در تحقیقات گذشته که بر اساس معیارهای توان و نرخ به صورت جداگانه صورت می گرفت ، در این تحقیق با بهبود هر دو معیار توان و نرخ، بر اساس راندمان انرژی انجام میشود[۲۷-۳۰].

۳-۶- جمع بندی

در این فصل روابط تئوری دو سناریوی بررسی شبکه های کاربر به کاربر بطور مفصل شرح داده شد. در سناریوی اول از دیدگاه روش تکرار و با بررسی هرکاربر به موضوع پرداختیم تا ببینیم اصلا ارتباط کاربر به کاربر در شبکه سلولی میتواند مفید باشد و سپس دیدگاه دوم را بادر نظر گرفتن هرلینک D2D بعنوان یک بازیکن را با تئوری بازی ها پیش بردیم. در هردو دیدگاه و سناریو هدف اصلی ما افزایش نرخ داده و کنترل توان در راستای کاهش تداخل میباشد.

فصل چهارم

شبیه سازی

۴-۱- مقدمه

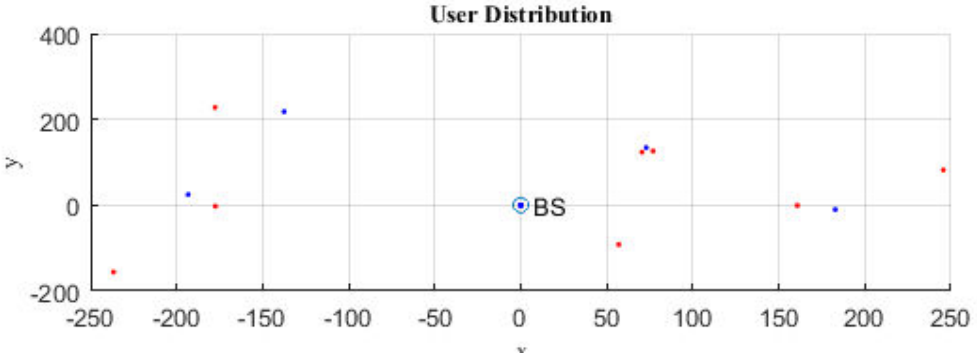
در فصل قبل دوسناریو و سیستم ارتباط سلولی وسیله به وسیله مطرح شد که یکی از آنها از روش های تکرار عملیات انتخاب حالت و کنترل توان را در جهت کاهش تداخل انجام میدهد و سناریوی دوم با استفاده از تئوری بازی ها به بررسی کاهش تداخل تا حد مورد نیاز در یک شبکه سلولی با ارتباط وسیله به وسیله میپردازد. در این فصل قصد داریم که هردو سناریو را شبیه سازی نماییم و برتری هریک از روش ها و معایب هرکدام را نسبت به یکدیگر عنوان نماییم ودر ضمن هدف دیگر این پایاننامه این است که نشان دهیم، روش های مطالعه متفاوت از دیدگاههای مختلف به یک شبکه نگاه میکنند و اینطور نیست که بتوان یک بررسی و تحقیق را با همان کیفیت و کمیت از روش های مختلف انجام داد، بطور نمونه در بررسی ما از شبکه های کاربر به کاربر زمانیکه از روش های تکرار و الگوریتمهای تکاملی برای تجزیه تحلیل ارتباطات استفاده میکنیم، بیشتر با خود کاربران سروکار داریم ولی زمانی که از مجموعه بازی ها استفاده میکنیم، نیاز به بازیکن داریم و این بازیکن ها لینک های ارتباطی هستند نه کاربران و این همان مساله بررسی از دیدگاه های مختلف است. این بررسی ها بصورت مکمل همدیگر هستند و در یک کلام نمیتوان بهتربودن یک روش نسبت به دیگری را نتیجه گرفت.

۴-۲- شبیه سازی ارتباطات وسیله به وسیله با روش تکرار EDTPC

سلولی با شعاع ۳۰۰ متر را، که تعداد ۸ کاربر به صورت تصادفی با توزیع یکنواخت و به صورت تصادفی در سطح آن پراکنده می شوند، به عنوان محیط شبیه سازی در نظر میگیریم. با توجه به فاز کشف و شناسایی، فرض می کنیم نیمی از کاربران، سلولی خالص و نیمی دیگر، مستعد ارتباط D2D هستند. برای هر فرستنده مستعد ارتباط D2D ، یک گیرنده D2D با حداکثر فاصله ی ۵۰ متر در نظر می گیریم.

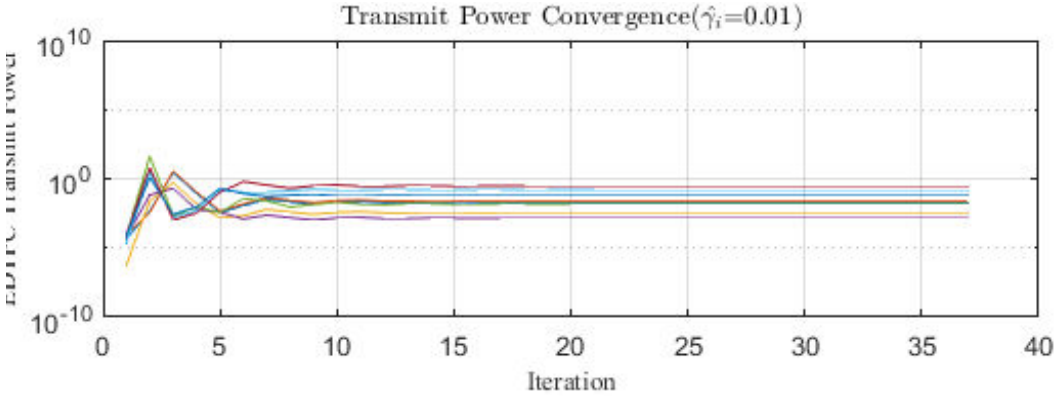
بهره مسیرها طبق روابط $gi=0.09di^{-3}$ و $\bar{g}=0.09\bar{d}ij^{-3}$ محاسبه میگردند، که di و $\bar{d}ij$ ، به ترتیب معرف فاصله ی کاربر i تا ایستگاه پایه و فاصله کاربر j تا گیرنده D2D کاربر مستعد i است. هم

چنین توان نویز سفید گاوسی در ایستگاه پایه (σ^2) و تمامی گیرنده های (D2D) $\overline{\sigma_i}^2$ برابر 10^{-10}وات فرض شده است. مقدار ثابت الگوریتم[8]DTPC و EDTPC برای تمامی کاربران برابر 10^{-4}در نظر گرفته، و مقادیر $\hat{\gamma}_i$ برای تمامی کاربران یکسان فرض میشود. در این پایاننامه، نتایج ارائه شده برای بررسی کارایی الگوریتمها، حاصل میانگین گیری از ۱۰۰۰ نمونه شبیه سازی با توزیع های تصادفی یکنواخت مکان کاربران و توان ارسال ابتدایی آنها است.



شکل۴-۱-چیدمان سناریوی طراحی برای ۸کاربر که ۴ کاربر D2D دارد و در یک سلول با شعاع ۳۰۰ متر قرار دارند.

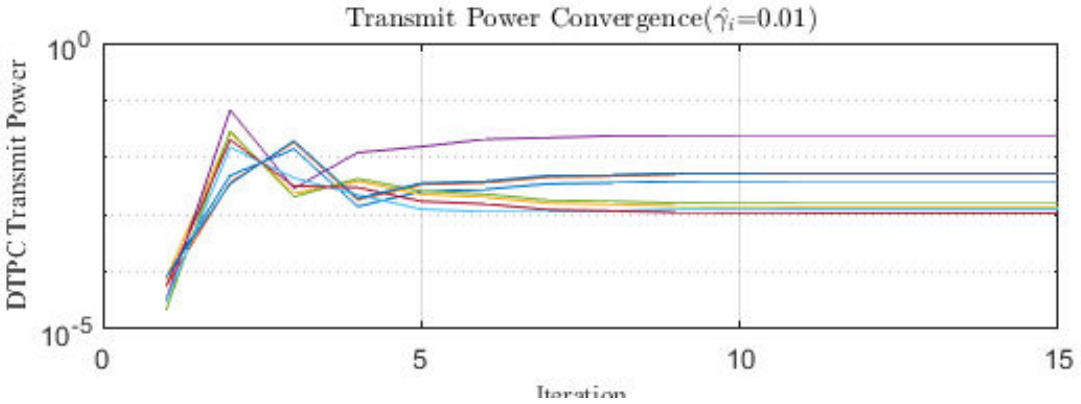
در شکل ۴-۱ چیدمان سناریوی طراحی برای ۸ کاربر که در یک سلول با شعاع ۳۰۰ متر قرار دارند، آورده شده است که نقاط آبی فرستنده های D2D ونقاط قرمز ۴ فرستنده سلولی و ۴ گیرنده ارتباط D2D هستند.



شکل۴-۲-توان انتقالی هریک از ۸ کاربر در حداقل سیگنال به تداخل ۰،۰۱ در شبکه سلولی ۸ کاربری با ۴ کاربر D2D

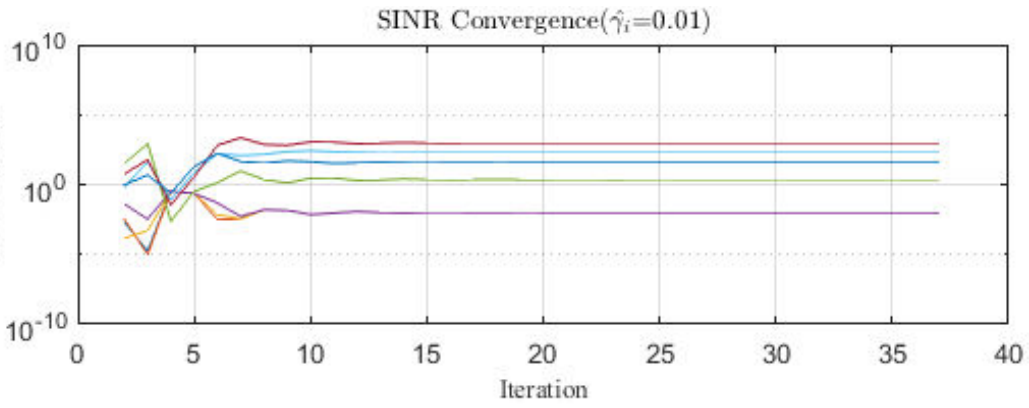
در شکل ۴-۲ و ۴-۳ توان انتقالی هر ۸کاربر سیستم با الگوریتم های EDTPC و DTPC نشان داده شده است. منظور از الگوریتم DTPC حالتی است که تمام ۸ کاربر از ارتباط سلولی بهره میبرند و دیگر ارتباط کاربر به کاربر وجود ندارد و تنها حالت استفاده کاربران در لایه سلولی است که به هر میزان که از ایستگاه پایه فاصله داشته باشند ، به نسبت توان بیشتری را برای برقراری ارتباط به کار می برند .

نسبت توان مصرفی کل شبکه در حالت EDTPC از توان مصرفی کل شبکه در حالت DTPC کمتر می باشد.



شکل۴-۳-توان انتقالی هریک از ۸ کاربر در حداقل سیگنال به تداخل ۰,۰۱ در شبکه سلولی ۸ کاربری بدون D2D

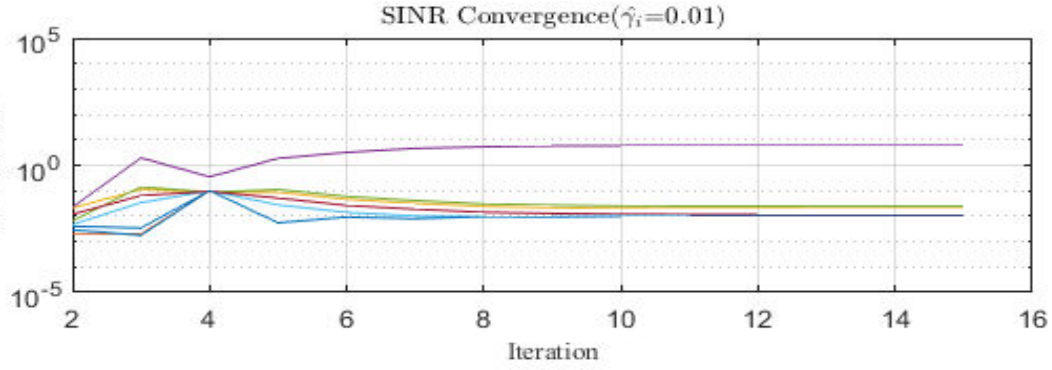
همانطور که در شکل های ۴-۲ و ۴-۳ میبینیم، توان کاربران D2D برای رسیدن به همان سیگنال به تداخل ۰,۰۱ بسیار بالاتر از کاربران سلولی است و منطقی هم هست زیرا تداخل در ارتباطات D2D بسیار زیاد است و برای رسیدن به حداقل سیگنال به تداخل مورد نیاز، بایستی توان بیشتری ارسال گردد.



شکل۴-۴-نرخ سیگنال به تداخل هریک از ۸ کاربر در رسیدن به حداقل سیگنال به تداخل ۰,۰۱ در شبکه سلولی ۸ کاربری با ۴ کاربر D2D

در این حالت از تعداد کل کاربران ۴ کاربر که بارنگ قرمز و به عنوان فرستنده مستعد D2D در شکل ۴-۱ مشخص شده اند با ۴ کاربر آبی رنگ که به عنوان گیرنده مستعد ارتباط D2D که در فاصله ۵۰ متری از یکدیگر قرار دارند ارتباط برقرار می کنند و ۴ کاربر باقیمانده با استفاده از حالت سلولی به ارتباط می پردازند.

با توجه به شکل های ۴-۴ و ۴-۵ نرخ سیگنال به تداخل هر یک از کاربران در ارتباط D2D بسیار بالاتر از حالت ارتباط غیرمستقیم سلولی است و این به علت افزایش توان برای رسیدن به مینیمم نرخ سیگنال به تداخل متوسط هست.



شکل۴-۵- نرخ سیگنال به تداخل هریک از ۸ کاربر در رسیدن به حداقل سیگنال به تداخل ۰,۰۱ در شبکه سلولی ۸ کاربری بدون D2D

دراین شبیه سازی ایستگاه پایه به عنوان نقطه X=0 و Y= 0 در نظر گرفته می شود و فاصله هر کاربر نسبت به ایستگاه پایه سنجیده می شود و همچنین فاصله دو کاربر با مبنا قرار دادن ایستگاه پایه نسبت به یکدیگر سنجیده می شود.

نتایج محاسبات خروجی شبیه سازی در دوحالت D2D و تمام سلولی در جدول های ۴-۱ و۴-۲ آورده شده است که برای مقایسه دو نوع شبکه بسیار مناسب میباشد.

در جدول ۴-۱ بردار حالت کاربران(مد انتخابی هرکاربر بصورت ۰ برای ارتباط D2D و ۱ برای ارتباط سلولی) مشخص شده است که برای شبکه تمام سلولی همه کاربران از ارتباط سلولی بهره میبرند. بردار توان سیگنال ارسالی برای هر فرستنده مشخص شده است و همانطور که میبینیم مقدار توان مورد نیاز برحسب فاصله فرستنده و گیرنده لینک ارتباطی محاسبه شده است. تعداد تکرار های لازم برای هر دونوع شبکه برای همگرا شدن الگوریتم در شبکه سلولی کمتر از شبکه سلولی با ارتباط D2D است که بدیهی است و در این شبکه ها پیچیدگی بیشتراست.

برای درک بهتر، این جدول را برای سه حالت از تعداد کاربران تکمیل نمودیم. که ابتدا برای ۸ کاربردر دو حالت تمام سلولی و سلولی به همراه D2D ورودی ها و خروجی را محاسبه نمودیم .

در ادامه همین روش را برای ۱۶ کاربر و ۱۲ کاربر تکرار کردیم و نتایج ورودی و خروجی های خود را در جدول های ۴-۱و۴-۲ به ترتیب ثبت نمودیم :

جدول۴-۱-مقایسه ورودی های شبکه سلولی خالص با شبکه D2D با الگوریتم تکرار از نظر تعداد تکرار، مدانتخابی هرکاربر و بردار توان هر کاربر

N	Item	The Number of Iterations before Converging	The Mode Selection Vector	The Transmit Power Vector
8	For cell network	23	[1 1 1 1 1 1 1 1]	[۱,۹۱e-03 5.19e-03 1.32e-03 2.61e-03 6.57e-03 1.05e-03 1.17e-03 ۲,۴۸e-03]
	For d2d + cell network	30	[0 0 0 0 1 1 1 1]	[۱,۵۳e-02 6.9e-03 2.16e-02 1.15e-02 3.93e-01 7.91e-02 7.037e-01 ۲,۳۱e-03]
16	For cell network	19	[1111111111111111]	[7.2606e-03 3.8456e-03 1.1512e-03 2.5953e-03 5.2424e-03 1.5743e-03 3.2054e-03 3.6536e-03 1.5752e-03 2.9376e-03 8.3475e-03 4.9944e-03 2.3228e-03 1.3254e-03 3.9445e-03 1.8847e-03]
	For d2d + cell network	42	[1111111100001000]	[1.0931e-03 2.0185e-02 4.5741e-03 1.3622e-02 2.7517e-02 8.2632e-03 1.6824e-02 1.9177e-02 8.7780e-03 2.6046e-02 5.1286e-02 8.6010e-02 2.3581e-03 1.3259e-01 4.6667e-02 8.9119e-03]
12	For cell network	158	[111111111111]	[3.7884e-02 1.5927e-02 1.3426e-02 2.4976e-02 2.2539e-02 1.7689e-02 3.4220e-02 5.2486e-02 2.2674e-02 2.3077e-02 3.6196e-03 2.8083e-02]
	For d2d + cell network	100	[111111000000]	[5.4519e-02 2.2920e-02 1.9322e-02 3.5943e-02 3.2435e-02 2.5456e-02 1.1658e-03 6.4666e-02 4.1739e03 3.2495e-02 3.8291e-03 4.1490e-02]

جدول۴-۲-مقایسه خروجی های شبکه سلولی خالص با شبکه D2D با الگوریتم تکرار از نظر سیگنال به تداخل هرکاربر، گذردهی کل سیستم و میانگین توان انتقالی.

N	Item	The SINR Vector	The System Throughput	The Aggregate Transmit Power
8	For cell network	[۳,۶۵e-02 2.70e-01 1.76e-02 6.86e-02 4.32e-01 1.12e-02 1.39e-02 ۶,۱۵e-02]	۱,۱۵۸۰e+00	2.2349e-02
	For d2d + cell network	[۱,۰۰e-02 1.00e-02 1.00e-02 1.00e-02 1.54e+03 6.25e+01 4.95e+03 ۵,۳۴e-02]	۲,۸۹۹۲e+01	۱,۲۳۳۶e+00
16	For cell network	[5.2723e-01 9.9987e-03 1.3254e-02 9.9987e-03 9.9987e-03 9.9987e-03 9.9987e-03 9.9987e-03 9.9987e-03 9.9987e-03 6.9687e-01 9.9987e-03 5.3959e-02 1.7569e-02 9.9987e-03 9.9987e-03]	1.6516e+00	5.5860e-02
	For d2d + cell network	[9.9999e-03 9.9999e-03 9.9999e-03 9.9999e03 9.9999e-03 9.9999e-03 9.9999e-03 9.9999e-03 7.7053e-01 6.7839e+00 2.6303e+01 7.3979e+01 9.9999e-03 1.7581e+02 2.1778e+01 7.9422e01]	2.7732e+01	4.7390e-01
12	For cell network	[1.0000e-02 1.0000e-02 1.0000e-02 1.0000e02 1.0000e-02 1.0000e-02 1.0000e-02 1.0000e-02 1.0000e-02 1.0000e-02 1.0000e-02 7.8862e+00]	3.3095e+00	2.9660e-01
	For d2d + cell network	[1.0000e-02 1.0000e-02 1.0000e-02 1.0000e-02 1.0000e-02 1.0000e-02 1.0000e-02 4.1816e+01 1.7421e-01 1.0559e+01 1.4662e-01 1.7214e+01]	1.3668e+01	3.3842e-01

همانطور که از جدول ۴-۲ مشخص شده برای گذردهی کل شبکه میبینیم، در حالت استفاده از شبکه D2D گذردهی کل به بیشتر از ۲۵ برابردر حالت اول افزایش یافته است ودر سایر حالت ها نیز به نسبتی کمتر افزایش یافته است و این به معنای بهینه شدن سیستم و کنترل تداخل در سیستم میباشد.

البته این افزایش گذردهی کل شبکه یک بهایی نیز دارد که بهای آن افزایش توان مصرفی کل شبکه است که افزایش یافته است.

۴-۳- شبیه سازی ارتباطات وسیله به وسیله با استفاده از تئوری بازی ها

در قسمت قبل یک شبکه ارتباطی D2D را با استفاده از یک الگوریتم تکرار به نام EDTPC بررسی وشبیه سازی کردیم و نشان دادیم که استفاده از ارتباط وسیله به وسیله اگر چه توان مصرفی هر کاربر را افزایش میدهد که علت آن غلبه بر تداخل های بوجود آمده است، لیکن نرخ گذردهی سیستم ارتباطی یا همان بازدهی طیفی تاحد زیادی افزایش می یابد. توان مصرفی بیشتر کاربران را به راحتی با شارژرهای قویتر میتوان جبران کرد ولیکن طیف فرکانسی و افزایش بازدهی آن، پدیده ای قابل توجه است که به راحتی بدست نمی آمد. در این قسمت قصد داریم، همانطور که در فصل دوم شرح دادیم با استفاده از تئوری بازی ها از دیدگاه دیگری به ارتباطات D2D بپردازیم و سعی کنیم مساله تداخل را دراین شبکه ها، کنترل کنیم.

در محیط نرم افزاری متلب، یک سیستم تک سلولی با چهار لینک سلولی و چهار لینک D2D در یک ناحیه به شعاع ۳۰۰ متر شبیه سازی میگردد که ایستگاه پایه در مرکز این ناحیه قرار دارد. مکان UEهای سلولی به طور یکنواخت در محدوده ۵۰ متری از ایستگاه پایه توزیع شده اند.(این فاصله یک فاصله فرضی است و در کد می توان آنرا تغییر داد) ،برای لینک های D2D قرار گرفته به طور یکنواخت، فاصله بین یک فرستنده و یک گیرنده به طور یکنواخت در محدوده ۱۰۰ متر توزیع شده است(یعنی فقط فواصل کمتر از ۱۰۰ متر میتوانند از ارتباط D2D استفاده کنند.). تلفات مسیر از رابطه ۴-۱ به دست می آید[۲۰]:

$$P_L(k,k') = 37.7 + 40 \log d_{k,k'} \qquad (1-4)$$

$d_{k,k'}$ فاصله بین فرستنده لینکk و گیرنده لینک 'k ام است و $d_{k,k}$ فاصله بین فرستنده لینکk و گیرنده همان لینک k ام است. توان نویز در ایستگاه پایه و همه گیرنده های D2D برابر 10^{-10} در نظر گرفته شده است. نرخ ارسال مورد نیاز برای همه لینک های سلولی و D2D برابر 128 kbps است. تعداد زیرکانال ها ۱۰ و هر یک دارای پهنای باند 180 kHz هستند.

نرخ سیگنال به تداخل و نویز مورد نیاز در هرگیرنده لینک از رابطه ۴-۲ بدست می آید[۲۰]:

$$\gamma_j = \begin{cases} 2^{(R_j/B)} - 1, & \text{if } j \in \mathcal{S}_r \text{ or } \mathcal{S}_d \\ 2^{(2R_j/B)} - 1, & \text{if } j \in \mathcal{S}_c. \end{cases} \qquad (2-4)$$

این بدان معنی است که در گیرنده هر لینک نسبت سیگنال به تداخل و نویز بایستی از مقدار فوق بزرگتر باشد.

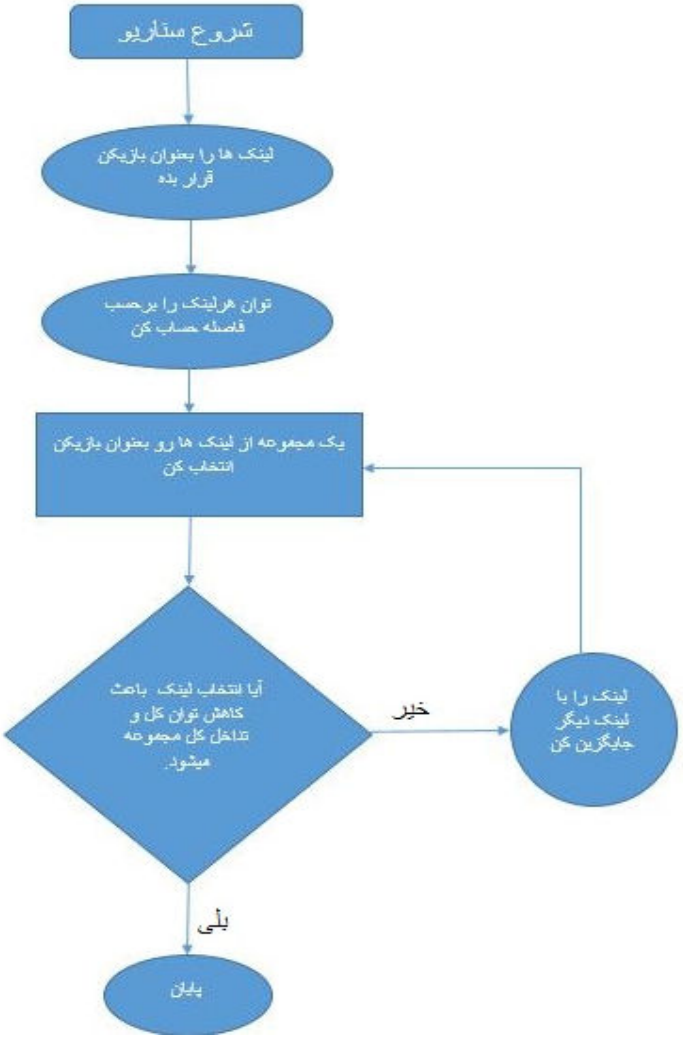
تابع هزینه هرلینک D2D را بصورت تابعی خطی از مقدار توان بر حسب میلی وات در زیرکانال L و مقدار هزینه پرداختی به دلار برای هر زیرکانال میباشد و بصورت رابطه ۴-۳ تعریف میکنیم.[۲۰]

$$u_j(\mathcal{S}, l) = \delta_j p_j^l(\mathcal{S}) + \alpha_j c_j^l(\mathcal{S}) \qquad (3-4)$$

$P_j(S\ )$ برابر توان ارسال هرلینک در زیرکانال L می باشد، $S_j \geq 0$ که برابر هزینه استفاده از زیر کانال L زمانی که ارتباط D2D در ائتلاف S برقرار است، همچنین قیمت استفاده از زیر کانال اختصاصی $C_S(s_d)$باید بالاتر از قیمت استفاده از کانال مشترک $C_S(s_C)$ و $C_S(s_r)$ باشد.

مقدار هزینه پرداختی به دلار برای هر زیرکانال در حالت D2D اختصاصی را ۵ دلار فرض میکنیم و برای لینک های D2D استفاده مجدد این مقدار را صفر میگیریم.

در شکل ۴-۶ بیان می کنیم که هر لینک D2D یا بازیکن ها می توانند تصمیم به ترک ائتلاف بگیرند و با دیگر بازیکنان یک ائتلاف جدید تشکیل دهند، در صورتی که هزینه رفتن به ائتلاف جدید برای شبکه بیشتر از ماندن در ائتلاف قبلی باشد بازیکن اجازه ترک ائتلاف را ندارد و باید آن را حفظ کند.



شکل۴-۶- سناریوی تشکیل ائتلاف توسط بازیکنان

در شکل ۴-۷ الگوریتم انتخاب ائتلاف ها برای هرلینک براساس تئوری بازی ها و برمبنای معیارهای تابع هزینه هرلینک به نمایش درآمده است. کد این الگوریتم در نرم افزار متلب نوشته شده است و خروجی ها موید بهینه بودن و کاربردی بودن قوانین بازی ها در ارتباطات D2D میباشد.

1:Initialize $\phi = 0$ and $\Upsilon(\phi)$
2:**loop**
3: At time ϕ, D2D link j is randomly selected to make a decision to leave $\mathcal{S}(\phi)$ and join any coalition $\mathcal{S}'(\phi)$.
4: D2D link j randomly selects $\mathcal{S}'(\phi)$, one of two other modes (i.e., coalitions).
5: D2D link j sends its request to the central coordinator to join $\mathcal{S}'(\phi)$ and required information is exchanged for solving the minimization problem.
6: All D2D links $j' \in \mathcal{S}'(\phi)$ compute and send their transmission costs $u_{j'}(\mathcal{S}'(\phi) \cup \{j\})$ to the central coordinator.
7: D2D link j computes its transmission cost $u_j(\mathcal{S}'(\phi) \cup \{j\})$.
8: **if** $u_j(\mathcal{S}'(\phi) \cup \{j\}) < u_j(\mathcal{S}(\phi))$ is true
9: **if** $u_{j'}(\mathcal{S}'(\phi) \cup \{j\}) < u_{j'}(\mathcal{S}'(\phi)), \forall j' \in \mathcal{S}'(\phi)$ is true
10: D2D link j joins $\mathcal{S}'(\phi)$
11: $\Upsilon(\phi+1) = ((\Upsilon(\phi) \setminus \{\mathcal{S}(\phi)\}) \setminus \{\mathcal{S}'(\phi)\}) \cup (\{\mathcal{S}'(\phi) \cup \{j\}\} \cup \{\mathcal{S}(\phi) \setminus \{j\}\})$
12: **else**
13: $\Upsilon(\phi+1) = \Upsilon(\phi)$
14: **end**
15: **else**
16: $\Upsilon(\phi+1) = \Upsilon(\phi)$
17: **end**
18: $\phi = \phi + 1$
19:**end loop** when a stable coalition structure Υ^* is obtained (i.e., no D2D link prefers to move to another coalition).

شکل۴-۷- الگوریتم فرم دهی مشارکت های توزیع شده با استفاده از تئوری بازی ها[۲۰]

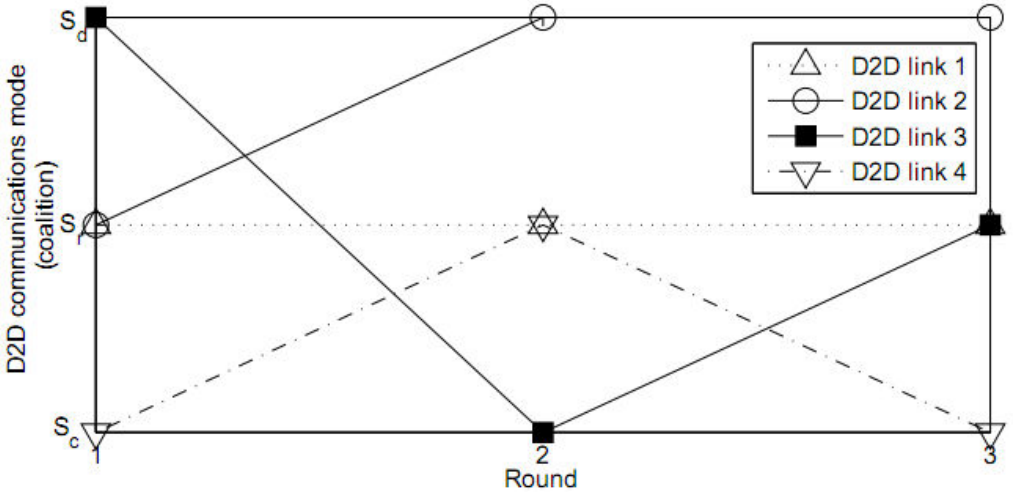
طبق شکل۴-۷ در هر زمانی لیک D2D می تواند تصمیم بگیرد که ائتلاف خود را ترک کند و به ائتلاف دیگر بپیوندد ، لینک تصمیم گیرنده به صورت تصادفی یکی از دو حالت باقیمانده را انتخاب می کند ، در مرحله بعدی لینک D2D اطلاعات خود را میان هماهنگ کننده مرکزی رد و بدل می کند تا مشکل کمینه سازی را بر طرف نماید . با توجه به اینکه تمام لینک ها هزینه های انتقال خود را برای مرکز ارسال نموده اند، لینک D2D تصمیم به پیوستن یا ماندن در ائتلاف قبلی خود را با مقایسه هزینه ها بررسی می کند . در نهایت ائتلافی را انتخاب می کند که دارای کمترین هزینه و بیشترین بازدهی برای شبکه باشد.

در شکل ۴-۸ مدهای انتخابی بهینه برای هر چهار لینک D2D با توجه به تابع راندمان انرژی و نرخ مورد نیاز و توان حداقل نمایش داده شده است. در این شکل، ساختار ائتلاف های پایدار نیز براساس

الگوریتم توزیع و به صورت زیر برای هر دوره است. ائتلاف های اولیه برای الگوریتم را بصورت زیر در نظر گرفتیم که میتواند هرنوع دیگری باشد.$\{\{3\},\{1.2\},\{4\}\}$

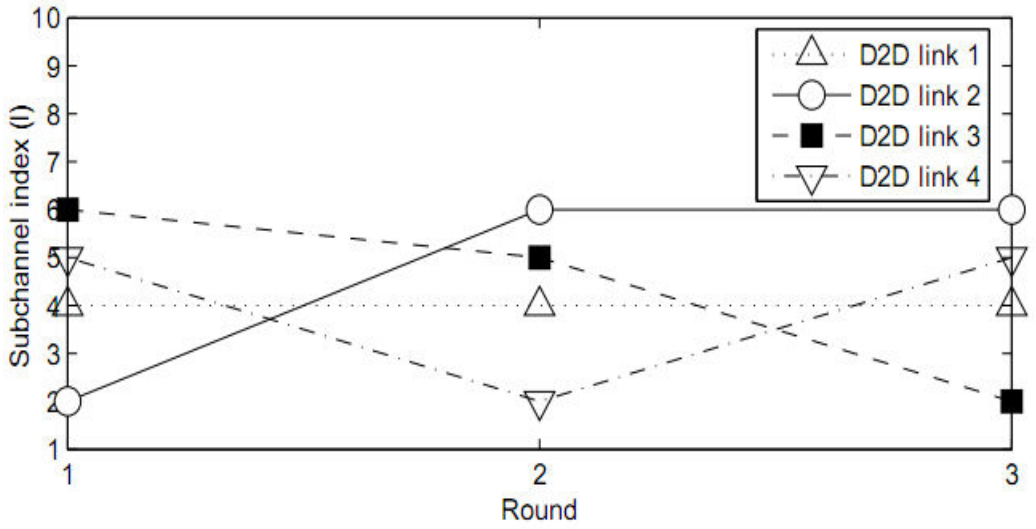
پس از ۳ بار تکرار الگوریتم ائتلاف مشارکتی با تئوری بازی ها و بدست آمدن ائتلاف های زیر به ائتلاف پایدار(یعنی حالتی که هیچ لینکی تمایل به تغییر حالت خود ندارد.) $\{\{2\},\{1.3\},\{4\}\}$ میرسیم:

$$\{Sc, Sr, Sd\} = \{\{4\},\{1.2\},\{3\}\},\{\{4\},\{1.2\},\{3\}\},\{\{3\},\{1.4\},\{2\}\},\{\{4\},\{1.3\},\{2\}\}$$



شکل۴-۸- ائتلاف های پایدار به دست آمده در الگوریتم پیشنهادی براساس تئوری بازی ها

زیرکانال های اشغال شده توسط هر یک از لینک های ائتلاف در هریک از دورهای تکرار و در تکرار نهایی(تکرار سوم که به حالت پایدار میرسیم) بصورت نمودار شکل ۴-۹ میباشد.



شکل۴-۹- زیرکانال های اشغال شده در الگوریتم پیشنهادی براساس تئوری بازی ها

میانگین توان انتقال هریک از ۴ لینک و هزینه میانگین برای هرلینک(تابع هزینه بازی هر بازیکن که لینک است) در جایی که بازی به تعادل می رسد، در جدول ۴-۳ بیان شده است.

جدول۴-۳- تابع هزینه و میانگین توان انتقال هر لینک

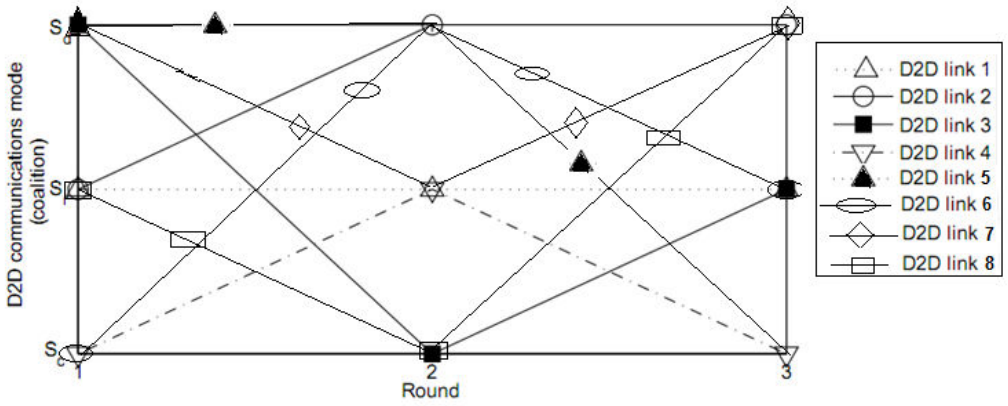
D2D link	Average cost	Average transmission power in mW
1	6.84	9.6
2	17.53	162.0
3	10.77	18.1
4	9.39	106.7

به منظور مقایسه بیشتر در شکل ۴-۱۰ مدهای انتخابی بهینه برای هر هشت لینک D2D با توجه به تابع راندمان انرژی و نرخ مورد نیاز و توان حداقل نمایش داده شده است. در این شکل، ساختار ائتلاف های پایدار نیز براساس الگوریتم توزیع و به صورت زیر برای هر دوره است. ائتلاف های اولیه برای الگوریتم را بصورت زیر در نظر گرفتیم که میتواند هرنوع دیگری باشد.$\{\{3.5.7\}, \{1.2.8\}, \{4,6\}\}$

پس از ۳ بار تکرار الگوریتم ائتلاف مشارکتی با تئوری بازی ها و بدست آمدن ائتلاف های زیر به ائتلاف پایدار(یعنی حالتی که هیچ لینکی تمایل به تغییر حالت خود ندارد.) $\begin{Bmatrix}\{4.5\},\{1.3.6\},\\ \{2.7.8\}\end{Bmatrix}$ میرسیم:

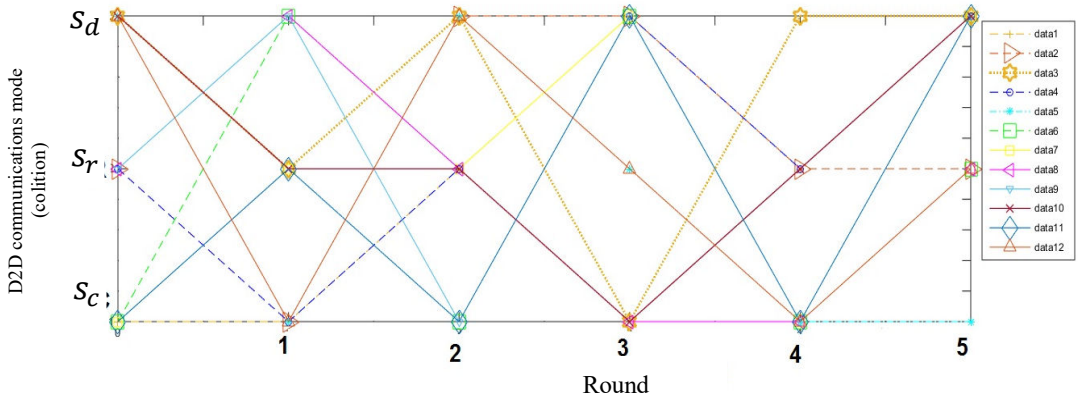
$$\{Sc, Sr, Sd\} = \{\{4,6\},\{1.2.8\},\{3.5.7\}\},\{\{4,6\},\{1.2.8\},\{3.5.7\}\},$$

$$\{\{3.8.5\},\{1.4.7\},\{2.6\}\},\begin{Bmatrix}\{4.5\},\{1.3.6\},\\ \{2.7.8\}\end{Bmatrix},$$



شکل۴-۱۰- ائتلاف های پایدار به دست آمده در الگوریتم پیشنهادی براساس تئوری بازی ها

در شکل ۴-۱۱ مدهای انتخابی بهینه برای هر ۱۲ لینک D2D با توجه به تابع راندمان انرژی و نرخ مورد نیاز و توان حداقل نمایش داده شده است. در این شکل، ساختار ائتلاف های پایدار نیز براساس الگوریتم توزیع و به صورت زیر برای هر دوره است:



شکل۴-۱۱- ائتلاف های پایدار به دست آمده برای ۱۲لینک در الگوریتم پیشنهادی براساس تئوری بازی ها

میانگین توان انتقال هریک از ۸ لینک و۱۶ لینک و هزینه میانگین برای هرلینک(تابع هزینه بازی هر بازیکن که لینک است) در جایی که بازی به تعادل می رسد، در جدول ۴-۴ بیان شده است.

جدول۴-۴- تابع هزینه و میانگین توان انتقال ۸ لینک و۱۲ لینک

D2D link	Average cost	Average transmission power in mW
1	11.27	26.7
2	10.32	95.3
3	13.43	22.5
4	8.58	97.4
5	9.47	14.1
6	14.35	46.9
7	17.20	158.9
8	6.39	20.4
1	13.1	84.8
2	6.32	45.6
3	11.17	62.5
4	8.58	80.2
5	4.39	18.1
6	10.76	79.3
7	22.38	206.0
8	15.22	68.1
9	9.25	59.9
10	7.43	53.6
11	12.21	114.1
12	17.44	72.2

همانطور که مشاهده می شود با افزایش کاربران میانگین توان ارسالی افزایش پیدا می کند که به دلیل تداخل بیشتر بین کاربران ، شبکه مجبور به افزایش توان می گردد.

میانگین توان انتقال هریک از ۸ لینک و۱۶ لینک و هزینه میانگین برای هرلینک(تابع هزینه بازی هر بازیکن که لینک است) در جایی که بازی به تعادل می رسد، در جدول ۴-۵ بیان شده است.

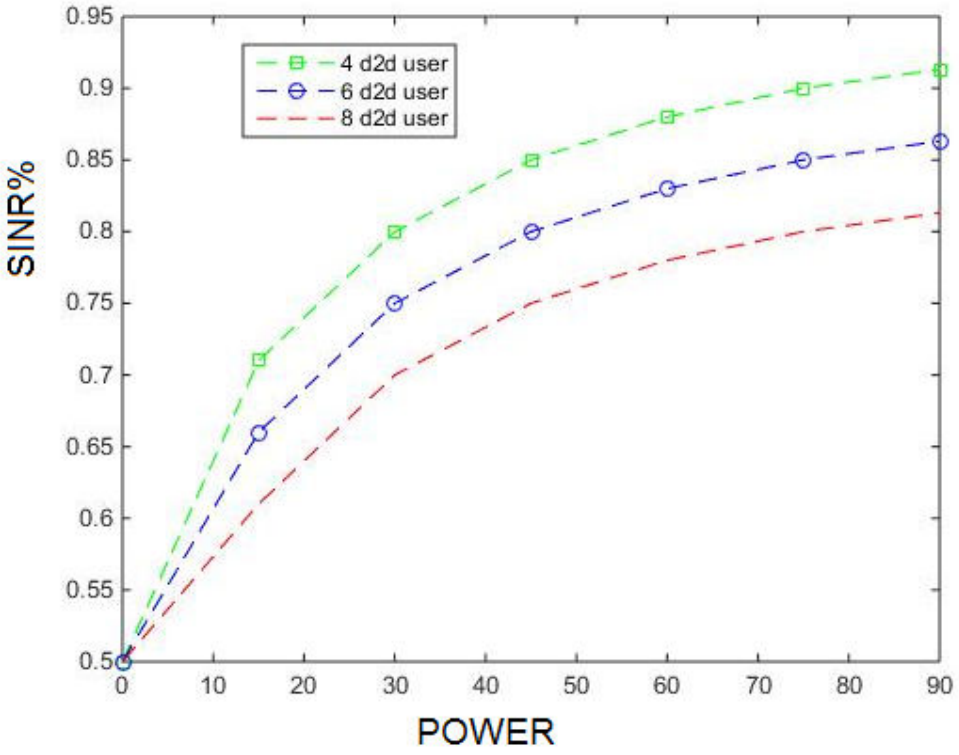
جدول۴-۵- تابع هزینه و میانگین توان انتقال ۱۶ لینک

D2D link	Average cost	Average transmission power in mW
1	12.27	165.5
2	9.56	69.5
3	18.3	125.7
4	7.27	67.2
5	25.22	307.6
6	16.07	203.2
7	8.35	20.8
8	18.99	60.9
9	21.34	48.4
10	6.78	112.5
11	25.96	44.9
12	30.02	102.0
13	22.11	289.6
14	14.71	102.2
15	23.90	101.5
16	21.13	36.9

روند افزایش توان ارسال نیز در این جدول مشاهده می شود که با در نظر گرفتن نرخ بالای ارسال می توان آن را به کمک باطری های قوی تر جبران نمود.

۴-۴- نمودار سیگنال به تداخل میانگین کل به ازای تعداد کاربران D2D مختلف

به منظور نشان دادن تغییرات سیگنال به نویز و تداخل و توان ارسالی ،سه حالت را با یکدیگر مقایسه می کنیم . در در این بخش ما تعداد کاربران قادر به ارتباط D2D را ۴ کاربر، ۶ کاربر و ۸ کاربر از کل ۸ کاربر فرستنده پیام درنظر گرفته ایم و شبیه سازی را بطور جداگانه برای هر کدام انجام داده ایم. منحنی SNIR برحسب مقدار توان میانگین کل انتقال داده شده در شبکه(برای سناریوهای متفاوت ۴ کاربر D2D، ۶ و ۸ کاربرD2D) بصورت شکل ۴-۱۲ در می آید:



شکل۴-۱۲- سیگنال به تداخل و نویز برحسب میانگین توان کل انتقالی شبکه در تعداد کاربران D2D برابر با ۴، ۶ و۸ کاربر در تئوری بازی ها

همانطور که در شکل ۴-۱۲ میبینیم با افزایش تعداد کاربران با قابلیت ارتباط D2D مقدار سیگنال به تداخل مورد نیاز لینک ها کمتر میشود و این به معنای نرخ انتقال داده بیشتر در توان و تداخل کمتر میباشدکه نشان دهنده ی این موضوع است که هدف ما از انجام این پایان نامه محقق گردیده است.

۴-۵- جمع بندی

در این فصل هر دو سناریوی مطرح شده در فصل سوم مورد شبیه سازی با نرم افزار متلب قرار گرفت. در سناریوی اول با استفاده از الگوریتم تکرار EDTPC نشان دادیم که بازدهی شبکه های سلولی با استفاده از ارتباط کاربر به کاربر افزایش می یابد که منجر به کاهش تداخل میگردد. در سناریوی دوم با استفاده از تئوری بازی ها، شبکه با ارتباط وسیله به وسیله را شبیه سازی نمودیم و در نهایت همانطور که در شکل ۴-۱۲ میبینیم میزان سیگنال به تداخل و نویز مورد نیاز برای داشتن یک ارتباط کامل در شبکه در حالت استفاده از تئوری بازی ها نسبت به حالت سنتی کاهش می یابد،با توجه به نتایج شبیه سازی مشاهده می گرددکه طبق سناریوی پیشنهادی و استفاده از نظریه ی ها همزمان می توان نرخ گذردهی کل سیستم را در نظر گرفت وبر این اساس بهترین تصمیم در رابطه با ماندن یا ترک ائتلاف توسط بازیکنان که همان لینک های ارتباطی هستند گرفته شود .

فصل پنجم

نتیجه گیری

۵-۱-مقدمه

تئوری بازی، یک بسته ای از ابزارهای آنالیز میباشد که به ما در فهم پدیده هایی که در حین انجام تصمیم گیریهای متقابل اتفاق میافتد، کمک میکند. تئوری بازی در مورد عملها و خواسته هایی که بازیکنها می توانند در حین بازی داشته باشند، سخن به میان میآورد. این تئوری راه حلهایی برای انواع بازیها پیشنهاد میکند و امکانات هر یک از این روشها را مورد بررسی قرار میدهد.

شبکه های سلولی افزایش حجم ترافیک را بصورت صعودی تجربه مینمایند و نیاز به روش های افزایش بازدهی ترافیک سبب شده است که از تئوری های جدیدی در ساماندهی مواردی مانند ارتباط وسیله به وسیله بهره ببریم. در این پایاننامه مساله ارتباط D2D در شبکه های سلولی از دو دیدگاه و روش مختلف که هرکدام مکمل همدیگر هستند بررسی میگردد. این دو روش عبارتند از روش تکرار برای بررسی افزایش بازدهی ارتباط در استفاده از تکنولوژی D2D که ما آن را روش EDTPC مینامیم و استفاده از تئوری بازی ها برای افزایش بازدهی طیفی بیشتر و کاهش تداخل در اینگونه شبکه ها میباشند.

۵-۲- نتیجه گیری

در فصل سوم این پایاننامه دو روش پیشنهادی برای بررسی تکنولوژی D2D بصورت تئوری شرح داده شد و در فصل چهارم با کدنویسی در نرم افزار متلب هرکدام از روش ها مورد شبیه سازی و تحلیل نتایج خروجی قرار گرفت. در دیدگاه اول با بررسی شبکه های وسیله به وسیله با استفاده از روش های تکرار و در نظرگرفتن ۸ کاربر دریک سلول به بررسی این سوال که آیا ارتباط D2D خروجی های شبکه مانند نرخ انتقال داده و بازدهی را نسبت به شبکه های سلولی افزایش میدهند. پس از در نظر گرفتن ۴ کاربر از ۸ کاربر را بصورت D2D به این نتیجه رسیدیم که نرخ انتقال چندین برابر بیشتر میگردد که بسیار با ارزش میباشد، و البته این افزایش چند برابری نرخ انتقال با افزایش توان مورد نیاز هر کاربر توام میباشد که این افزایش توان فرستنده های کاربر خود سبب افزایش تداخل در سایر ارتباطات و

شبکه ها میگردد و این بهایی است که باید پرداخته گردد. در مرحله بعد به دنبال روش و الگوریتمی برای کنترل این تداخل و کاهش آن تاحد ممکن پرداختیم که تئوری بازی ها مطرح گردید.

پس از نتیجه گیری این مطلب که ارتباط وسیله به وسیله بسیار با ارزش میباشد، به بررسی شبکه های D2D برای داشتن حداقل نرخ سیگنال به تداخل در هر گیرنده با استفاده از تئوری بازی ها پرداختیم و نشان دادیم که برای هرلینک میتوان بهترین حالت انتقال را انتخاب کرد که هم تداخل نهایی (توان مصرفی هر کاربر مینیمم باشد) تا حد ممکن کم شود و هم بیشترین نرخ انتقال داده را بدست آوریم.

۵-۳- پیشنهادات

برای تحقیقات دیگر محققین و ادامه مطالعات پیشنهاد میشود که نوع مدولاسیون ها و دیگر فاکتورهای ارتباطی به متغیرهای مجموعه های ائتلافی افزوده شود و متغیرهای طراحی بیشتری در نظر گرفته شود. بطور مثال میتوان پهنای هر زیرکانال را متغیر درنظر گرفت و هزینه هر زیرکانال را نیز بصورت های مختلف و با پارامترهای وابسته در نظر گرفت و تعادل نش در مجموعه بازی ها را بدست آورد.

همچنین می توان درادامه این پایان نامه از نظریه ی بازی ها در انتخاب رله واسط در ارتباطات D2D استفاده نمود. و همچنین افزایش امنیت در شبکه های وسیله به وسیله با کاربرد نظریه ی بازی ها را تحقیق نمود .

و یا یافتن بهترین مکان با استفاده از نظریه ی بازی ها برای ایستگاه های پایه را این روش تحقیق نمود.

مراجع

[1] Kai Yang; Steven Martin; Chengwen Xing; Jinsong Wu; Rongfei Fan "Energy-Efficient Power Control for Device-to-Device Communications" IEEE Journal on Selected Areas in Communications ,vol. 34, no. 12, pp. 3208 - 3220, 2016.

[2] K. Doppler, M. P. Rinne, P. Janis, C. Ribeiro, and K. Hugl, "Device-to-device communications; Functional prospects for LTE-Advanced networks," IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC Workshops), 2009, pp. 1–6.

[3] Lei Lei, Zhangdui Zhong, Chuang Lin, and Xuemin Shen, "Operator controlled device-to-device communications in LTE-advanced networks," IEEE Wireless Communications, vol. 19, no. 3, pp. 96–104, Jun. 2012.

[4] M. C. Erturk, S. Mukherjee, H. Ishii, and H. Arslan, "Distributions of transmit power and SINR in device-to-device networks," IEEE Communications Letters, vol. 17, no. 2, pp. 273–276, Feb. 2013.

[5] K. Doppler, M. Rinne, C. Wijting, C. Ribeiro, and K. Hugl, "Device-to-device communication as an underlay to LTE-advanced networks," IEEE Communications Magazine, vol. 47, no. 12, pp. 42–49, Dec. 2009.

[6] V. Stencel, A. Muller, and P. Frank, "LTE advanced — A further evolutionary step for next generation mobile networks," International Conference Radioelektronika (RADIOELEKTRONIKA), 2010, pp. 1–5.

[7] Ghavimi, Fayezeh, and Hsiao-Hwa Chen. "M2M communications in 3GPP LTE/LTE-A networks: architectures, service requirements, challenges, and applications." IEEE Communications Surveys & Tutorials 17.2 (2015): 525-549.

[8] Lingyang Song, Dusit Niyato, Zhu Han, and Ekram Hossain," Game-theoretic Resource Allocation Methods for Device-to-Device (D2D) Communication", IEEE Wireless Comms Mag. 2014, arXiv:1403.5723.

[9] مریم کاکاوند میرزایی، جلیل سیفعلی هرسینی، " طراحی یک مکانیسم تدافعی برای بهبود امنیت در لایه فیزیکی با رویکرد نظریه بازیها: کاربرد در شبکه های اقتضایی خودرویی" مجله مهندسی برق دانشگاه تبریز، جلد ۷۴ ،شماره ۱ ،بهار ۱۳۹۶.

[10] P. Janis, C.-H. Yu, K. Doppler, C. Ribeiro, C. Wijting, K. Hugl, O. Tirkkonen, and V. Koivunen, "Device-to-Device communication underlaying cellular communications systems," Int J. Commun, Netw., Syst. Sci., vol. 2, no. 3, pp. 169–178, Mar. 2009.

[11] P. Phunchongharn, E. Hossain, and D. I. Kim, "Resource allocation for device-to-device communications underlaying LTE-Advanced networks," to appear in IEEE Wireless Communications, 2013.

[12] H. Min, J. Lee, S. Park, and D. Hong, "Capacity enhancement using an interference limited area for device-to-device uplink underlaying cellular networks," IEEE Trans. Wireless Commun., vol. 10, no. 12, pp. 3995–4000, Dec. 2011.

[13] X. Lin, J. Andrews, and A. Ghosh, "Spectrum Sharing for Deviceto-Device Communication in Cellular Networks," e-print arXiv: 1305.4219.

[14] RSAS Information Department (2005): "Robert Aumann's and Thomas Schelling's Contributions to Game Theory": Analyses of Conflict and Cooperation.

[15] Morgenstern, Oskar, Von Neumann, John (1994):"Theory of Games and Economic Behavior, " Princeton University Press.

[16] Shen, Xuemin. "Device-to-device communication in 5G cellular networks." IEEE Network 29.2 (2015): 2-3 .

[17] علیرضا عابدین، مهدی راستی،" ارائه ی یک الگوریتم توزیعی کنترل توان و انتخاب حالت برای شبکه های سلولی با قابلیت ارتباطات دستگاه به دستگاه"، بیست و چهارمین کنفرانس مهندسی برق ایران،دانشگاه شیراز،۲۱ تا ۲۳ اردیبهشت ۱۳۹۵.

[18] علی کریمی کلایه، پائیز عزمی، " بهبود کارآیی انرژی شبکه با استفاده از ارتباط مستقیم کاربران"، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده برق و کامپیوتر، بیست و چهارمین کنفرانس مهندسی برق ایران،دانشگاه شیراز،۲۱ تا ۲۳ اردیبهشت ۱۳۹۵.

[19] L. Wei, R.Q. Hu, Q.C. Li, and G. Wu, "Energyefficiency of multi-hop device-to-device communications underlaying cellular networks," in Proc. of IEEE International Conference on Communications (ICC), pp. 5486 – 5491, 2014.

[20] K. Akkarajitsakul, P. Phunchongharn, E. Hossain, and V. K. Bhargava, "Mode selection for energy-efficient D2D communications in LTE-advanced networks: A coalitional game approach," IEEE ICCS, pp. 488-492, 2012.

[21] L. Wei, R.Q. Hu, Y. Qian, and G. Wu, "Enable deviceto-device communications underlaying cellular networks: Challenges and research aspects," IEEE Communications Magazine, vol. 52, no. 6, pp. 90-96, June 2014.

[22] A. Asadi, Q. Wang, V. Mancuso, "A survey on device-to-device communication in cellular networks", IEEE Communication Surveys and Tutorials, 16(4), 1801-1819, Apr. (2014).

[23] X. Xiao, X. Tao, and J. Lu, "A QoS-aware power optimization scheme in OFDMA systems with integrated device-to-device (D2D) communications," in Proc. IEEE Veh. Tech. Conf., San Francisco, CA, USA, Sept. 2011.

[24] L. Wei, R. Q. Hu, T. He, and Y. Qian, "Device-to device (D2D) communications underlaying MU-MIMO cellular networks," in Proc. IEEE Global Commun. Conf., Atlanta, GA, Dec. 2013.

[25] J. Xu and L. Qiu, "Energy efficiency optimization for MIMO broadcast channels," IEEE Trans. Wireless Commun., vol. 12, no. 3, pp. 690-701, Feb. 2013.

[26] M. Wang, H. Gao, X. Su, and T. Lv, "Joint Channel Allocation, Mode selection and power control in D2DEnabled femtocells," IEEE, pp. 454 - 459, Nov.. 2016.

[27] T. D. Hoang, L. B. Le, and T. Le-Ngoc," Joint mode selection and resource allocation for relaybased D2D communications ," IEEE Communications Society, vol. pp, Issue. 99, pp. 1- 1, October. 2016.

[28] A. Ghazanfari, A. Tölli, and J. Kaleva, "Joint power loading and mode selection for network-assisted deviceto-device communication," IEEE ICCC, pp. 2548 – 2553, June 2015.

[29] S. J. Liu, B. Wang, W. Wang, "A novel interference coordination algorithm for LTE system", Computer Engineering and Applications, 50(3), 207-210, (2014)

[30] N. Lee, X. Lin, J. G. Andrews, R. W. Heath Jr, "Power control for D2D underlaid cellular networks: modeling, algorithms and analysis", IEEE Journal on Selected Areas in Communication, 33(1), 1-13, Jan. (2015). .

Abstract:

Device to Device communications in cellular networks have an important advantages, such as reduced power consumption, reduced interference and increased data transmission rates. In this thesis, we will use the theory of games in cellular networks to communicate with the device by trying to reduce interference and increase efficiency. Due to the fact that the interference problem and its control depends on the control of power and the choice of optimal mode in such networks, in order to achieve a reduction of interference, simply control the power and select the communication mode of the user (by the base station and cellular or D2D direct connection) To be well examined. In this thesis, using repeat methods (DTPC algorithm, distributed power control in cellular networks) and expanding the DTPC algorithm for cellular networks with device-to-device communication (EDTPC), superior data transfer rate and higher efficiency in D2D networks to the pure cellular networks. Then, with the aim of optimizing the network, the use of device to device communication in cellular networks, the use of game theory to reduce interference, increase spectral efficiency and data transmission rates in these networks are discussed. In the theory of games, communication links are considered as players, and these players choose their connection and the power of each frequency substrate, which in total is the ultimate goal, with higher spectral efficiency and lower total power consumption (for the secondary objective and In the fourth chapter, it can be seen that selecting the communication links of the device by using game theory reduces the power consumption of the network and reduces the interference between the users in the targeted telecommunication networks.

Keywords: cellular network, device-to-device communication, interference, increase in efficiency, power control

Shahrood University of Technology
Faculty of Electrical and Robotics Engineering

Reducing interference on the device to device network by using game theory

By : Behnam Mohammadi

Supervisor:

Dr.seyed Masood Mirrezaie
Dr. Omid Reza Marouzi

July 2018