تخصیص منابع رادیویی جهت انتقال حداکثر بار ترافیک چند رسانه‌ای در شبکه‌هـــای سلولی نسل سوم

سید علی علویان
دانشجوی دکترا

سید مصطفی صفوی
استادیار

دانشکده مهندسی برق، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

چکیده

گـرچه توسـعه شـبکه‌هـای رادیویـی ارتـباطات سـیار بر اساس ساختار سلولی، به خصوص در نسل سوم با ضریب تکرار فرکانس نـزدیک به ۱، به طور موثری مشکل کمبود طیف فرکانس رادیویی تخصیص یافته به این سیستم‌ها را بر طرف می‌کند، ولی هر گونه بـی احتیاطـی در طراحی شبکه و تخصیص منابع، مشکل تداخل در شبکه را ایجاد می‌کند که خود عامل محدود کننده ظرفیت، بهره وری طیفـی و دیـتای خروجـی ایـن شبکه‌ها محسوب می‌گردد. در این مقاله با توجه به تنوع سرویس‌های ارتباطی که در نسل سوم ارتـباطات سـیار بـه کاربران سیار ارائه خواهد شد، روشی پیشنهاد شده است که دیتای مبادله شده کاربران در سیستم WCDMA را بهـبود مـی‌بخشـد. بدیـن مـنظور یک ساختار ترکیبی از کدهای مخلوط‌کننده و کدهای کانالیزه کننده با کانالهای فیزیکی در نظر گرفته شده است، تا تداخل سیستم را به حداقل رسانیده و کیفیت مورد نیاز سرویسها را تامین نماید.

کلمات کلیدی

تخصیص منابع رادیویی، کدهای کانالیزه، سیستم های سیار نسل سوم ترافیک چند رسانه‌ای، سوئیچینگ بسته‌ای

Radio Resource Allocation in 3-G Cellular Networks For Maximum Multimedia Traffic Transmission

S.A. Alavian
Ph.D. Student

S. M. Safavi
Assistant Professor

Electrical Engineering Department,
Amirkabir University of Technology

Abstract

Although the development of radio communication networks based on cellular structure specially in 3rd generation of mobile communication with reuse frequency factor near to 1, effectively resolves scarce radio spectrum allocated to such systems, lack of precision in radio network design and resource allocation creates interference problem that limits the capacity, spectrum efficiency and network throughout. In this paper with particular attention to multimedia services that are offered to users in 3rd generation, we propose a method that improves network throughout in WCDMA. This is done with a combinational structure of scrambling and channelisation codes with physical channels, that minimize interference and provide required quality of service.

Keywords
WCDMA, Resource assignment, 3G ,packet switching, multimedia Traffic

مقدمه

از سیستمهای نسل اول ارتباطات سیار که فقط برای ارائه مکالمه صوتی و نسل دوم که جهت ارائه صوت و دیتای محدود طراحی گشته‌اند تا نسل سوم که قصد ارائه سرویسهای چند رسانه‌ای را دارد، تغییرات اساسی در ملاکهای طراحی ایجاد گشته است. در نسل اول که از روش دسترسی FDMA استفاده شده است، هر کاربر اطلاعات خود را روی یک موج حامل[1] با پهنای باند محدود به صورت پیوسته در زمان ارسال می‌کند. در نسل دوم که عمدتا از روش FDMA/TDMA استفاده شده است، اطلاعات کاربران روی یک موج حامل وسیعتر ولی در بازه زمانی گسسته و متناوب ارسال می‌گردد. در هر دو مورد، این تقسیم فرکانس یا زمان بین کاربران بدین معنی است که پهنای باند و یا بازه زمانی[2] مورد استفاده در طرح اولیه سیستم تثبیت گشته و از انعطاف پذیری لازم برخوردار نیست. حتی در تنها سیستم نسل دوم که از تکنولوژی CDMA استفاده می‌کند (IS-95)، انعطاف‌پذیری لازم در ارائه سرویس به کاربران وجود ندارد.

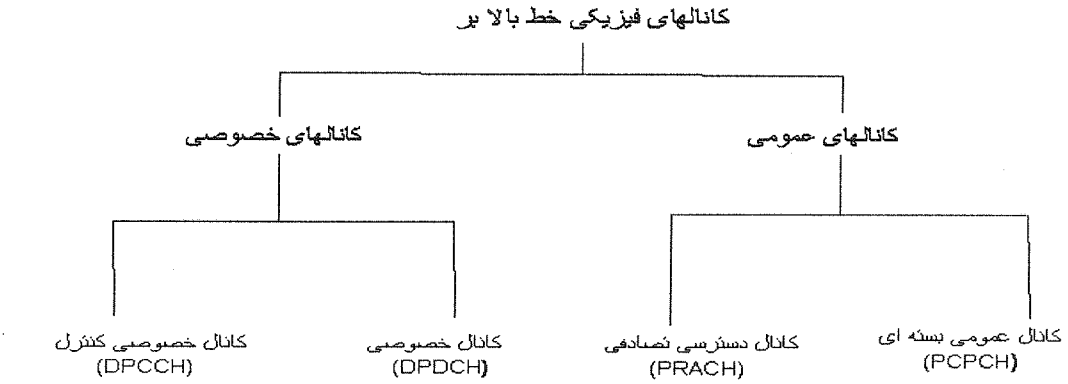
رشد پیوسته حجم ترافیک ورودی به شبکه‌های سلولی و درخواست سرویس‌های چند رسانه‌ای باعث دگرگونی در ساختار این شبکه‌ها گردیده است. به گونه ای که سیستم‌های سیار نسل سوم انعطاف‌پذیر با ظرفیت بالا و ارائه دهنده مجموعه‌ای از سرویسها خواهند بود. برای رسیدن به چنین اهدافی، اختصاص و مدیریت منابع رادیویی در این سیستم‌ها نسبت به نسل‌های قبلی نقش مهمتری ایفا می‌کند و نه تنها شامل فرکانس بلکه شامل مدیریت توان، کد و آرایش ساختاری نیز می‌گردد [۱]. موضوع تخصیص منابع در ارتباطات سیار در مقالات متعددی مورد بررسی قرار گرفته که غالب آنان به تخصیص کانال در شبکه‌های دارای اتصال مداری[3] پرداخته‌اند و تعداد معدودی نیز ارتباط از طریق شبکه‌های بسته‌ای دیتا[4] را در نظر گرفته‌اند [۵-۲]. در نسل سوم مخابرات سیار که از تکنولوژی طیف گسترده استفاده می‌گردد، روش دسترسی به کاربران بر اساس تلفیقی از فرکانس، کد و زمان است. این سیستم‌ها به دلیل انعطاف‌پذیری، سیستم‌های با ظرفیت نرم[5] نامیده می‌شوند و عمدتاً تداخل عامل محدود کننده ظرفیت آنها محسوب می‌گردد. با این حال بین تداخل با اختصاص کانال و توان رابطه‌ای وجود دارد که در ادامه به بررسی آن می‌پردازیم.

۱ـ ساختار کانالهای فیزیکی در سیستم WCDMA

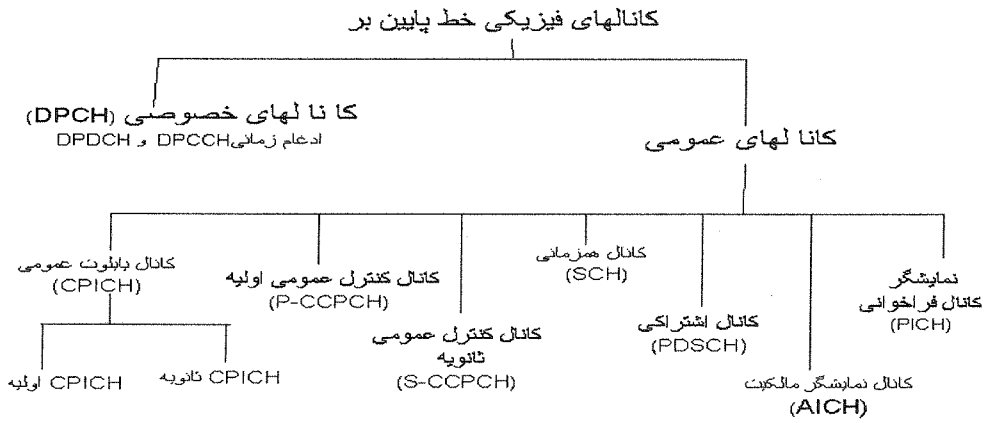
کار تدوین مشخصات فنی و استانداردهای عمومی سیستم WCDMA که در آن ارتباط مسیر رفت و برگشت سیگنال از نظر فرکانسی از هم جدا هستند در پروژه مشارکتی نسل سوم (3GPP) انجام و اولین نسخه اصلاح شده این مشخصات در اواخر سال ۱۹۹۹ منتشر گردید[۶]. سپس با ارائه این پیشنهادات به اتحادیه جهانی مخابرات و بررسی در گروههای مطالعاتی به عنوان یکی از سیستمهای بین المللی ارتباطات سیار نسل سوم تحت نام کلی IMT-2000 به تصویب رسید[۷]. در حال حاضر برای سیستم WCDMA دو باند فرکانسی ۶۰MHz در نظر گرفته شده است (۱۹۸۰-۱۹۲۰ و ۲۱۷۰-۲۱۱۰ مگاهرتز) که به ۱۲ موج حامل با پهنای باند 5MHz تقسیم شده است. معمولا برای افزایش ظرفیت و متناسب با سیاست رقابتی کشورها، به هر گرداننده سیستم ۲ الی ۴ موج حامل واگذار می‌گردد [۸]. هر موج حامل از نظر زمانی به فریم‌های ۱۰ میلی ثانیه‌ای، و هر فریم به ۱۵ بازه زمانی ۲/۳ میلی ثانیه‌ای تقسیم می‌گردد. با ارسال ۲۵۶۰ چیپ در هر بازه زمانی، نرخ چیپ در خروجی فرستنده، ثابت و برابر 3.84 Mcps می‌باشد.

لایه فیزیکی از نظر ساختاری به گونه‌ای تعریف شده است که بتواند نرخ بیت‌های متفاوت و انعطاف‌پذیر، ادغام چند سرویس مختلف روی یک اتصال فیزیکی و ارسال دیتای بسته‌ای را پشتیبانی کند. در هر دو جهت خط بالابر و پایین‌بر، کانالهای فیزیکی مطابق شکلهای (۱) و (۲) به دو دسته کانالهای عمومی و کانالهای خصوصی تقسیم شده‌اند که هر کدام نیز شامل زیر کانالهایی هستند [۹]. ایستگاه ثابت از طریق کانالهای عمومی، اطلاعات موردنیاز ترمینالها شامل سیگنالهای همزمانی، شناسایی شبکه و سلول، وضعیت کانال انتشار و فراخوانی کاربران را پخش می‌کند و ترمینالهای سیار نیز درخواست

دسترسی به شبکه را به ایستگاه ثابت می‌فرستند. از کانالهای کنترل عمومی همچنین برای مبادله سیگنالینگ قبل از برقراری ارتباط و نیز ارسال بسته‌های کوتاه دیتا استفاده می‌شود. از کانال اختصاصی که به وسیله یک کد معین روی یک فرکانس خاص ایجاد می‌شود، فقط برای حمل دیتای یک کاربر و همچنین سیگنالینگ کنترلی برای حفظ همان ارتباط استفاده می‌گردد.



شکل (۱) انواع کانالهای فیزیکی خصوصی در خط بالابر.



شکل (۲) انواع کانالهای فیزیکی خصوصی در خط پایین بر.

۱-۱ ـ ساختار فریم کانالهای خصوصی

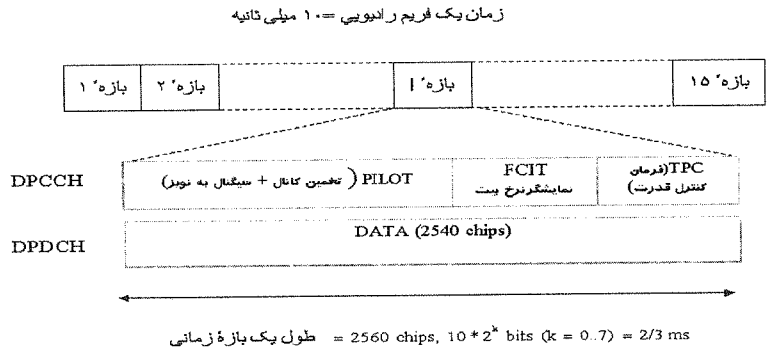
در هر دو جهت خط بالابر و پایین‌بر، دو نوع کانال خصوصی یکی برای ارسال دیتا و دیگری برای کنترل آن تعریف شده است. کانال فیزیکی دیتای خصوصی (DPDCH) برای حمل دیتا و کانال فیزیکی کنترل خصوصی (DPCCH) اطلاعات کنترلی لایه فیزیکی سیستم WCDMA را در خلال ارتباط حمل می‌کند. در خط بالابر، ادغام کدی[۶] و در خط پایین‌بر، ادغام زمانی انجام می‌گیرد، در شکل (۳) ساختار فریم این دو کانال در خط بالابر نمایش داده شده است.

کانال کنترل خصوصی دارای نرخ بیت ثابتی بوده و اطلاعات مورد نیاز برای حفظ اتصال فیزیکی را حمل می‌کنند. این کانال دارای میدانی شامل سمبل‌های مرجع پایلوت برای تخمین کانال و نسبت سیگنال به نویز، میدانی شامل بیت‌های سیگنالینگ کنترل توان (TPC) و میدانی جهت بیت‌های فرمت ترکیب ارسال (TFCI) است.

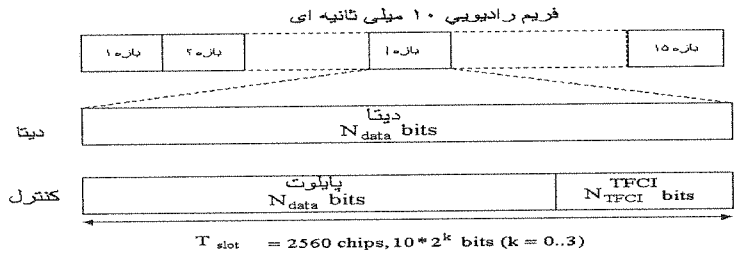
کانال خصوصی دیتا برعکس کنترل، می‌تواند دارای یکی از ۷ نوع نرخ بیت متفاوتی باشد که دیتای کاربر (و سیگنالینگ لایه بالاتر شامل اندازه‌گیریهای ترمینال سیار، به هنگام کردن مجموعه فعال و اختصاص بسته‌ها) را حمل می‌کند. تغییر نرخ بیت از طریق TFCI به صورت فریم به فریم انجام گرفته و فرستنده ترمینال سیار هنگام مکالمه با ادغام کانال کنترل و کانال دیتای خصوصی کاربر پس از ضرب آنها در کدهای مجزا، صرفنظر از نرخ بیت، ارسال را به صورت پیوسته انجام می‌دهد.

۱-۲ـ ساختار فریم کانالهای عمومی

کانالهـای عمومی که بیشتر اطلاعات کنترلی برای برقراری یک ارتباط را حمل می‌کنند به چند نوع تقسیم و هر یک دارای وظـایف و سـاختار فـریم مختلفـی هسـتند. کانـال دسترسی تصادفی (PRACH) و کانال عمومی بسته‌ای در خط بالابر و کانال اشـتراکی خـط پایین بر(PDSCH)، کانالهایی هستند که علاوه بر سیگنالینگ کنترلی امکان ارسال دیتای محدود از طریق آنها وجـود دارد. سـاختار پـیام در کانـال دسترسـی تصـادفی کـه مطـابق شکل (۴) شامل دیتا و کنترل است پس از ادغام کدی از ترمینال سیار ارسال می‌گردد.



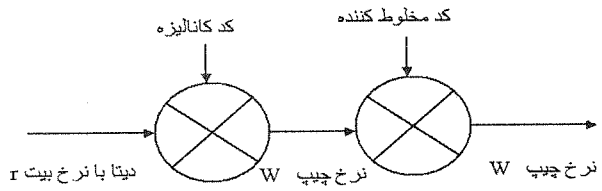
شکل (۳) ساختار فریم کانالهای خصوصی در لایه فیزیکی خط بالابر.



شکل(٤) ساختار پیام در کانال دسترسی تصادفی.

۱-۳ـ کدهای گسترده ساز و مخلوط کننده

سیسـتم WCDMA مطـابق شـکل (۵) برای تفکیک سرویسها و کاربران از دو نوع کُد: گسترده‌سازی[۷] و مخلوط کننده‌گی[۸] استفاده می‌کند.



شکل(۵) کدهای کانالیزه و مخلوط کننده.

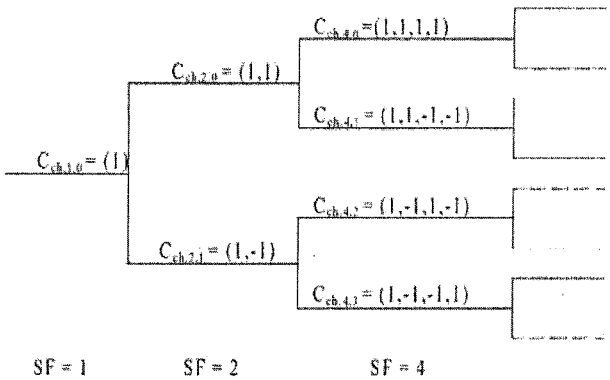
۱-۳-۱ـ کدهای مخلوط کننده

وظـیفه کدهـای مخلـوط‌کننده که تغییری در پهنای باند ارسال ایجاد نمی‌کنند، در سمت خط بالابر جدا کردن ترمینالهای سـیار و در سـمت خـط پایین بر جدا کردن سلولها (قطاعها) از یکدیگر می‌باشد. کدهای مخلوط‌کننده که از نوع کدهای طلائی هسـتند، دنباله‌های شبه نویزی هستند که متعامد نیستند اما دارای خواص خود همبستگی و همبستگی متقابل خوبی هستند. طـول ایـن کدهـا ۳۸۴۰۰ چیـپ در ده میلـی ثانیه، تعداد آنها در خط بالابر ۱۶،۸ میلیون و در سمت خط پایین بر ۵۱۲ عدد

است تاعملیات جستجوی سلول توسط ترمینال طولانی نگردد. طراحی این کدها در ایستگاهها ضروری بوده و وقتی یک کاربر وارد یک سلول می‌شود تا زمانی که در آن سلول باقی است، یک کد مخلوط‌کننده منحصر به فرد با نرخ چیپ w کسب می‌کند. تداخل کدهای مخلوط کننده، تداخل دسترسی چند گانه (MAI) نام دارد که در مرجع [۱۰] از این ملاک جهت تخصیص منابع در یک شبکه محلی بی سیم استفاده شده است. کاهش این نوع تداخل با اختصاص تعداد کمتر این نوع کد امکانپذیر است.

۱-۳-۲ـ کدهای گسترده ساز

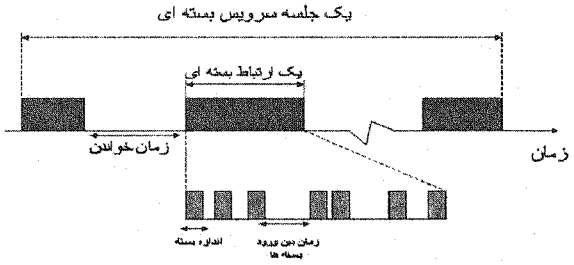
وظیفه کدهای گسترده‌ساز که به آنها کدهای کانالیزه نیز می‌گویند، ضمن افزایش پهنای باند ارسال در ترمینال سیار، جدا کردن کانالهای مختلف دیتا و کنترل یک کاربر و در ایستگاه رادیویی ثابت، جدا کردن خطوط پایین بر از یکدیگر و واگذاری آنها به کاربران مختلف داخل یک سلول است. این کدها که از نوع کدهای متعامد با ضریب گسترده‌سازی متغیر(OVSF) هستند، امکان تخصیص نرخ بیت های مختلف برای کاربران هنگام ارسال انواع دیتا را فراهم می‌کند. کدهای OVSF را می‌توان با استفاده از یک درخت کد مطابق شکل (۶) تعریف کرد[۱۱]. هرکد کانالیزه‌کننده به صورت منحصر بفرد $C_{SF,k}$ تعریف می‌شود که SF ضریب گستردسازی و k شماره کد و $1 \le k \le SF$ است. هر سطح از درخت کد، کدهای کانالیزه‌کننده با طول SF را توصیف می‌کند. درWCDMA وقتی از یک کد خاص استفاده می‌شود، استفاده همزمان از کدهای زیر شاخه یا ریشه مجاز نیست زیرا دنباله‌های کد شده آنها مشابه بوده و قابل تفکیک نیستند. بزرگترین SF در ترمینال سیار ۲۵۶، یعنی به جای هر بیت دیتای کاربر، ۲۵۶ چیپ کد جایگزین می‌گردد. هرچه نرخ بیت بالاتر باشد از کد با ضریب گسترده‌سازی کوچکتری استفاده می‌گردد. بدین طریق ارسال نرخ بیت‌های مختلف دیتا با استفاده از این کدهای متعامد امکانپذیر می‌گردد.



شکل (٦) ساختار درخت کدهای متعامد با ضریب گسترده سازی متغیر.

۱-٤ـ مدل ترافیک سیستم های نسل سوم

سرویسهای UMTS را می‌توان از نظر کیفیت سرویس به چهار طبقه: مکالمه‌ای[۹]، جریانی[۱۰]، متقابل[۱۱] و زمینه‌ای[۱۲] تقسیم کرد. سرویسهای مکالمه‌ای و جریانی از نوع ارتباطات بلادرنگ[۱۳] و زمینه‌ای و متقابل می‌توانند با درنگ ارسال گردند. مدل دیتای بسته‌ای و رفتار ترافیکی آن در شکل (۷) نمایش داده شده است. ترافیک یک جلسه[۱۴] سرویس دیتا با توجه به کاربرد شامل یک یا چند ارتباط بسته‌ای است. پارامترهای ترافیک بسته‌ای عبارتند از: فرآیند ورود جلسه، تعداد بسته‌های ارتباط در هر جلسه، زمان خواندن اطلاعات دریافتی، تعداد بسته‌ها در یک ارتباط، بازه زمانی بین دو بسته داخل یک ارتباط و اندازه بسته [۱۲]. ترافیک دیتای ورودی به شبکه به صورت جلسات مجزا با فرآیند پواسن، تعداد بسته‌ها در هر جلسه با توزیع هندسی و زمان بین ارتباطات بسته‌ای با توزیع نمایی مدل می‌گردد. اگر مدل جلسه برای جستجوی و با ارسال یا دریافت نامه الکترونیکی و ارسال پیام کوتاه باشد، ارتباط بسته‌ای شامل یک یا چندین بسته است که زمان بین ورودیها و طول آنها دارای توزیع نمایی است. از مهمترین خواص سرویس‌های بادرنگ می‌توان به قطاری بودن[۱۵]بسته‌ها به معنی تغییر سریع نرخ بیت از صفر تا صدها کیلو بیت بر ثانیه، تأخیر بیشتر نسبت به سرویس‌های بلادرنگ به معنی قابل کنترل بودن ترافیک و قابلیت ارسال مجدد به معنی امکان استفاده از خط با کیفیت پایین‌تر را نام برد.



شکل (۷) مدل ترافیک بسته‌ای.

اختصاص بسته‌ها در WCDMA، توسط برنامه‌ریز بسته (PS) کنترل می‌شود که مهمترین وظایف آن: تقسیم ظرفیت رابط هوایی بین کاربران دیتای بسته‌ای، انتخاب کانال حمل برای ارسال و نظارت بر تخصیص بسته و بار ترافیکی است. برنامه ریز بسته معمولا جهت برنامه‌ریزی مؤثرتر برای چندین سلول و انجام تحویل کانال نرم در واحد کنترل کننده شبکه رادیویی قرار می‌گیرد. انتخاب کانالها در برنامه‌ریز بسته برای ارسال دیتا بر اساس نوع سرویس یا تأخیر مجاز، مقداردیتا، بار کانالهای عمومی یا کانالهای اشتراکی، سطح تداخل در رابط هوایی و پرفورمنس رادیویی کانالهای حمل مختلف صورت می‌گیرد. الگوریتم برنامه‌ریز بسته در WCDMA مبتنی بر دو روش تقسیم کد و تقسیم زمان می باشد[۱۳]. در روش تقسیم کد تعداد زیادی از کاربران می‌توانند بطور همزمان یک کانال با نرخ بیت کم داشته باشند. وقتی تعداد کاربران افزایش می‌یابد، نرخ بیت تخصیصی به هر کاربر کاهش می‌یابد. در برنامه‌ریز تقسیم زمانی این ظرفیت در هر لحظه از زمان به یک کاربر یا چند کاربر داده خواهد شد، بنابراین یک کاربر می‌تواند در مدت خیلی کوتاهی نرخ بیت بالایی داشته باشد.

برای ارسال دیتای بسته‌ای در WCDMA می‌توان از هرسه نوع کانال حمل عمومی، اختصاصی و اشتراکی استفاده کرد. نقطه قوت کانال‌های عمومی زمان تنظیم کم آنها و نقطه ضعف آنها عدم امکان حلقه بسته کنترل توان و تحویل کانال نرم است. در نتیجه برای ارسال بسته‌های کوچک و مجزا مثل سرویس‌های پیام کوتاه و نامه‌های الکترونیکی کوتاه متنی و تقاضای ارسال یک صفحه و بسته مناسبند. از کانالهای اختصاصی می‌توان برای نرخ بیت‌هایی از چندین کیلو بیت بر ثانیه تا ۲Mbps استفاده کرد، ضمن این که امکان تغییر نرخ بیت در خلال ارسال نیز وجود دارد. چون کانالهای اختصاصی از کنترل توان سریع و تحویل کانال نرم استفاده می‌کنند، پرفورمنس رادیویی آنها بهتر و در نتیجه در مقایسه با کانالهای عمومی دارای تداخل کمتری هستند. اگر ضریب فعالیت ارسال دیتا پایین باشد، راندمان استفاده از کدهای متعامد DL پایین خواهد بود ضمن این که تنظیم یک کانال اختصاصی نسبت به کانالهای عمومی وقت بیشتری نیز می‌گیرد.

از کانال اشتراکی خط پایین بر (DPSCH) می‌توان برای ارسال دیتای چندین کاربر با استفاده از یک کد مشترک استفاده کرد که این روش باعث افزایش راندمان استفاده از کد می‌گردد. از کانالهای اشتراکی می‌توان بصورت موازی به همراه کانالهای اختصاصی دارای نرخ بیت پایین استفاده کرد. کانال عمومی بسته‌ای (CPCH) در جهت UL مشابه کانال اشتراکی DL است که تعداد زیادی کاربر با تقسیم زمانی از آن استفاده می‌کنند. در کانال CPCH بعد از طی رویه دسترسی، امکان کنترل قدرت وجود دارد، اما تحویل کانال نرم وجود ندارد. کاربرد ایده‌آل آن برای بسته‌های با اندازه کوچک تا متوسط و دیتای قطاری است.

۲ـ تخصیص منابع در سیستم WCDMA جهت انتقال دیتای بسته‌ای

اگر توان ارسالی از تمام ترمینالهای سیار داخل یک سلول یکسان باشد، کاربران نزدیک به ایستگاه ثابت روی کاربران موجود در مرز سلولی سایه ایجاد کرده و ارتباط آنها را مختل می‌کنند. بنابراین هنگام استفاده از CDMA باید توان دریافتی از تمام کاربران در گیرنده ایستگاه ثابت متعادل گردد. به همین دلیل کنترل توان فرستنده از عناصر کلیدی در طرح تخصیص منابع برای سیستم CDMA محسوب می‌گردد. از طرفی چون کاربران دیتا، نرخ بیتهای مختلفی درخواست می‌کنند و نرخ بیت‌های مختلف به توانهای مختلفی نیاز دارد، لذا اختصاص منابع در سیستم CDMA شامل اختصاص توان و کد می‌گردد. تمام الگوریتم‌های تخصیص منابع بر اساس سه پارامتر: قدرت ارسالی، کیفیت سرویس مورد نیاز (QOS) یا نسبت انرژی بیت

به تداخل (E_b/I_0) و نرخ بیت مورد نیاز، پایه گذاری شده‌اند.

برای تعیین ماکزیمم تعداد کاربران دیتا هنگام اعمال حلقه بسته کنترل قدرت در یک سلول، N کاربر در نظر می‌گیریم که به طور تصادفی توزیع شده، هر کدام حداکثر به M کانال نیاز داشته باشند و هر کانال سرویس با نرخ بیت و کیفیت سرویس مختلفی را پشتیبانی کند. تمام سرویسهای مورد نیاز کاربر پس از گسترده‌سازی با کدهای مختلف OVSF با هم ادغام و سپس با اختصاص یک کد مخلوط کننده ارسال می‌گردند. در اینصورت داریم[۱۴]:

$$(\frac{Eb}{I0})_j = \frac{W}{Rj}\frac{pjhj}{\alpha\sum_{i=1,i\neq j}^{N} pihi+\eta W} \quad , \quad j=1,2,..,N \qquad (۱)$$

که P_j قدرت ارسالی توسط ترمینال سیار، (E_b/I_0) نسبت انرژی بیت به تداخل، h_j افت مسیر بین کاربر j ام و ایستگاه سرویس‌دهنده، R و W به ترتیب نرخ بیت و نرخ چیپ و α ضریب تعامد بین دو کد مخلوط کننده دو ترمینال و η چگالی نویز گوسی است. از رابطه (۱) می‌توان قدرت دریافتی از ترمینال سیار را بدست آورد.

$$pjhj = (\frac{Eb}{I0})_j \frac{Rj}{W}(\alpha\sum_{i=1,i\neq j}^{N} pjhj+\eta W) \quad , \quad j=1,2,..,N \qquad (۲)$$

چون هر کاربر می‌تواند دیتاهای خود را روی M کانال موازی با نرخ بیت و کیفیت سرویس متفاوت ارسال کند، رابطه (۲) را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$pjhj = \frac{1}{W}(\sum_{k=1}^{M} Rjk(\frac{Eb}{I0})_{jk})(\alpha\sum_{i=1,i\neq j}^{N} pjhj+\eta W) \qquad (۳)$$

که R_{jk} و $(E_b/N_0)_{jk}$ به ترتیب نرخ دیتا و نسبت انرژی بیت به تداخل کانال K ام برای کاربر j ام است.

در نتیجه:

$$pjhj = \frac{1}{W}(r_j^t q_j)(\alpha\sum_{i=1,i\neq j}^{N} pjhj+\eta W), \qquad (۴)$$

که:

$$r_j^t = [Rj1 \quad Rj2...RjM] \quad , \quad q_{jM}^t = [(\frac{Eb}{I0})_{j1} \quad (\frac{Eb}{I0})_{j2}...(\frac{Eb}{I0})_{jM}]$$

بنابر این:

$$pjhj - \frac{\alpha\gamma j}{W}\sum_{i=1,i\neq j}^{N} pihi = \eta\gamma j \qquad (۵)$$

که $\gamma_j = r_j^t q_j$ است. در نتیجه می‌توان یک سیستم خطی به صورت زیر بدست آورد:

$$\Pi p = \eta\Gamma \qquad (۶)$$

که در آن:

$$\Pi = \begin{pmatrix} h_1 & \frac{\partial h_1}{W}\gamma_1 & \cdots & \frac{\partial h_N}{W}\gamma_1 \\ \frac{-\partial h_1}{W}\gamma_2 & h_2 & \cdots & \frac{\partial h_N}{W}\gamma_2 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \frac{\partial h_1}{W}\gamma_N & \frac{\partial h_2}{W}\gamma_N & & h_N \end{pmatrix}$$

$P = (p_1 \ldots . p_N)$ و $\Gamma = (\gamma_1 \ldots . . \gamma_N)$ است.

برای اینکه از کدهای کانالیزه تحت یک کد مخلوط کننده به نحو مطلوب استفاده گردد، با قدری تغییر از الگوریتم تخصیص کد مطابق مرجع [۱۵] استفاده می شود. در مرجع فوق برای حذف بلاکینگ کد در صورت وجود ظرفیت در شبکه، با ورود هر مشترک جدید آرایش واگذاری کدهای کانالیزه تغییر می‌یابد. برای واگذاری کد کانالیزه متناسب با نرخ بیت درخواستی تابع هزینه‌ای متناسب با تعداد جابجایی مورد نیاز تعریف شده است که برای جابجایی یک کد در لایه با بیشترین ضریب گسترده‌سازی، پایین‌ترین هزینه و برای یک کد در لایه با کمترین ضریب گسترده‌سازی، بالاترین هزینه در نظر گرفته شده است. در مرجع مذکور در صورت عدم وجود ظرفیتی برابر یا بیش از درخواست، درخواست مذکور بلوکه می‌گردد. اگرسیستم دارای N_{max} کانال موازی با نرخ R b/s و L کاربر با نرخ دیتای درخواستی K_iR بیت بر ثانیه با $k_i = 2^{n_i}$ و n_i صحیح باشد:

$$\sum_{i=1}^{L} k_i \le N_{max} \qquad (۷)$$

یا:

$$\sum_{i=1}^{L} 2^{-r_i} \le 1 \qquad (۸)$$

که رابطه (۸) با جایگزینی $N_{max} = 2^m$ و $r_i = m - n_i$ بدست آمده است. در اینجا در صورت وجود ظرفیتی کمتر از نیاز کاربر، ظرفیت موجود به کاربر تخصیص و با آزاد شدن کانالها ظرفیت مورد نیاز به طور کامل تامین می‌گردد.

۳ـ نتایج شبیه سازی

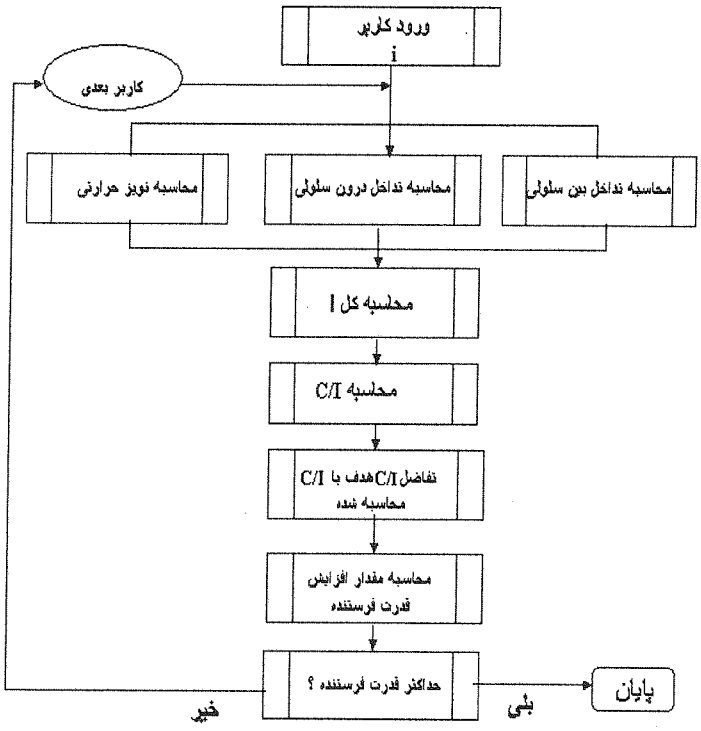
استفاده از یک شبیه‌ساز کلی برای شبیه سازی شبکه رادیویی سیستم سلولی به طوری که تمام مسائل از شکل موج ارسالی تا ساختار شبکه سلولی را شامل گردد، بسیار پیچیده بوده و زمان شبیه‌سازی را نیز طولانی می‌کند. در نتیجه معمولاً برای شبیه‌سازی کل شبکه رادیویی به دو دسته شبیه‌ساز یکی در سطح لینک و دیگری در سطح سیستم نیاز است. برای ارزیابی دقیق کارایی گیرنده، به مدل شبیه‌ساز در سطح لینک با دقت نمونه‌ای در حد نرخ چیپ و برای مدل کردن یک سیستم سلولی با تعداد زیادی واحد سیار و ایستگاه ثابت به یک شبیه ساز در سطح سیستم نیاز است [۱۶]. شبیه‌ساز در سطح لینک معمولاً در فرکانس چیپ یا سمبل عمل می‌کند، در حالی که شبیه‌ساز در سطح سیستم با فرکانس کنترل قدرت کار می‌کند، بنابراین معمولا از نتایج حاصل از شبیه‌ساز در سطح لینک، به عنوان ورودی شبیه ساز سطح سیستم استفاده می‌گردد. برای شبیه‌سازی در سطح سیستم باید محیط انتشار، سرویس و پارامترهای آن را انتخاب کرد. از یک شبکه سلولی منظم مطابق مرجع [۱۷] به عنوان محیط شبیه سازی استفاده می‌گردد. قدم بعدی قرار دادن تعدادی ترمینال سیار با توزیع یکنواخت در سلولها و در نظر گرفتن مدل ترافیکی است که کاربران بتوانند هر نوع سرویس با نرخ‌های مجاز را درخواست کنند بدین منظور نیز از یک درخت کد کانالیزه استفاده شده است. انتخاب ایستگاههای سرویس دهنده و تنظیم قدرت خروجی اولیه آنها مرحله بعدی کار است. سپس الگوریتم کنترل توان برای رسیدن به توانهای پایدار اجرا گردیده و مقدار متوسط

E_b/N_o بـرای هـر کاربر ثبت می‌گردد. در نهایت نسبت کاربرانی که مقدار E_b/N_o هدف را برآورده نمی‌کنند محاسبه و به عنوان میانگین احتمال قطعی[16] در نظر گرفته می‌شود. پارامترهای مورد استفاده در شبیه‌سازی در جدول (۱) نمایش داده شده است.

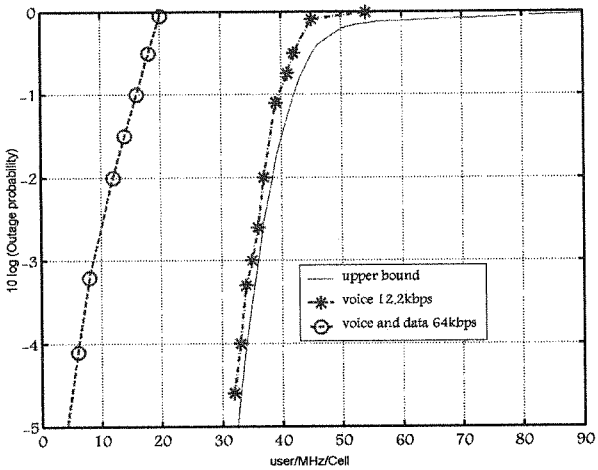
جدول (۱) پارامترهای مورد استفاده درشبیه سازی.

موضوع	مقدار
پهنای باند	۳،۸۴Mcps
نرخ بیت صوت	۱۵Kbps
نرخ بیت دیتا	۳۰kbps
(E_b/I_0) برای صوت	۵dB
(E_b/I_0)برای دیتای	۷ dB
ماکزیمم قدرت ارسالی	۱۲۵mw
رابطه افت مسیر با فاصله (d)	d^{-4}
حداقل افت مسیر	۵۳dB
انحراف استاندارد فیدینگ لگ نرمال	۷ dB

شکل (۸) الگوریتم ورود کاربران به سیستم با کنترل توان را نشان می‌دهد. ورود هر کاربر جدید مقداری تداخل به سیگنال کاربـران موجـود سـلول افزوده می‌کند. در نتیجه برای حفظ کیفیت ارتباط، باید توان ارسالی کاربران افزایش یابد. وقتی قدرت خروجـی فرسـتنده سیار به مقدار نهایی خود رسید ولی کیفیت مورد نظر برآورده نشد، پذیرش کاربران جدید در سلول متوقف مـی‌گـردد. بـرای رسـیدن بـه جوابهـای قابل قبول، این فرآیند باید به دفعات تکرار شده و مقدار میانگین بدست آید. شکل (۹) نمـودار حاصل از افزایش کاربران را بر حسب نسبت تعداد کاربران پذیرفته شده به تعداد کل کاربران متقاضی (احتمال قطعی) نشـان مـی‌دهـد. بـا توجـه به ساختار کانالها در سیستم WCDMA اگر نرخ دیتای درخواستی کم و ثابت باشد (صوت) احتمال قطعی در سیستم پایین است. هر چه بر نرخ بیت و تغییرات آن افزوده شود احتمال قطعی برای عبور مقدار یکسان دیتا افزوده مـی‌گـردد. تداخـل کاربـران سـایر سـلولها و افـزایش تعداد کدهای مخلوط‌کننده نیز باعث افزایش ضریب تعامد α می‌گردد که می‌توان با تغییر آن ظرفیت یک سلول مجزا یا مجموعه‌ای از سلولها را در شبیه‌سازی در نظر گرفت.

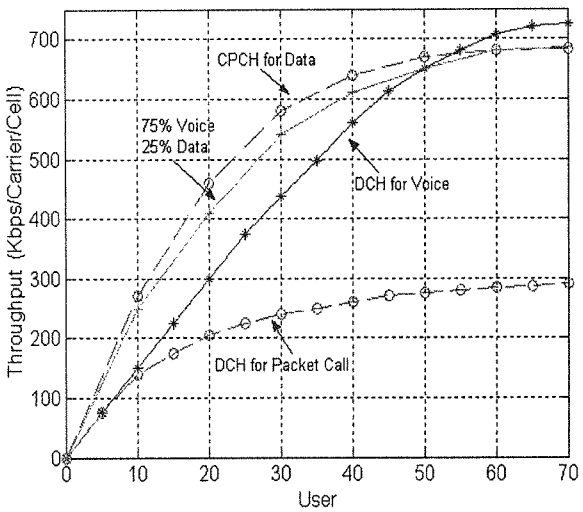


شکل (۸) الگوریتم کنترل توان جهت ورود کاربران.



شکل (۹) اثر افزایش کاربران با نرخ بیت‌های مختلف در احتمال قطعی ارتباط.

شکل (۱۰) حاصل دیتای خروجی سیستم بر حسب کاربران چند رسانه‌ای را نشان می‌دهد. در کلیه منحنی‌های شکل از ساختاری استفاده شده است که بتواند از کل درخت کدهای OVSF تحت یک کد مخلوط کننده به طور مؤثر استفاده گردد. در نتیجه به دلیل کنترل تخصیص تعداد کدهای مخلوط کننده، می‌توان به کاربران بیشتری در سلول سرویس ارائه داد. مطابق نتایج این شبیه‌سازیها ارسال صوت یا دیتای با نرخ ثابت از طریق کانالهای خصوصی دارای خروجی نهایی بالاتری است در صورتی که ارسال دیتای بسته‌ای از این طریق دارای پایین ترین مقدار خروجی است. هر چه بر خصوصیات قطاری بودن دیتا افزوده گردد، از کارآیی کانالهای خصوصی کاسته و برکانالهای اشتراکی افزوده می‌گردد. این نتایج با نتایج مرجع [۵] که ارسال دیتا از طریق کانالهای اشتراکی بررسی گردیده است مطابقت دارد. ارسال دیتای از طریق کانالهای عمومی بسته‌ای جهت دیتای بسته‌ای با نرخ بیت پایین بالاترین خروجی را داراست. بنابراین ترکیب این کانالها متناسب با نوع ترکیب ترافیک ورودی و تغییر دینامیکی آنها بهره وری کلی طیفی را افزا یش می‌دهد. با استفاده از کانالهای اشتراکی و برنامه‌ریزی بسته‌ها این امکان فراهم می‌گردد تا با تقسیم دینامیکی منابع قدرت و کد بین کاربران بر مسئله کمبود کدDL غلبه یابیم. گرچه در UL محدودیت کد وجود ندارد ولی برای مدیریت بهتر منابع قدرت، از مکانیزم برنامه‌ریزی مشابه‌ای استفاده می‌شود. معمولا ادغام دیتای کاربران در کانال‌های با ضریب کد گسترده‌سازی کوچک، باعث افزایش خروجی دیتا می‌گردد. جهت افزایش بیشتر تعداد کاربران یا دیتای خروجی باید از قطاعی کردن سلولها، افزایش تعداد فرستنده ـ گیرنده‌ها، روشهای پیشرفته گیرندگی و آنتن‌های هوشمند استفاده کرد.



شکل (۱۰) اثر افزایش کاربران روی دیتای خروجی سیستم با انواع کانالها.

٤ـ نتیجه گیری

در ایـن مقالـه روشهای مختلف واگذاری کانال به کاربران بررسی و روشی که با مینیمم کردن تداخل، ظرفیت شبکه سلولی سیسـتم را ماکـزیمم مـی‌کـند ارائـه گـردیده است. برای تخصیص منابع رادیویی شامل توان و کد جهت ارسال دیتای کاربران شـبکه‌های سلولی نسل سوم، مدلی پیشنهاد شده است که ترکیب کدهای کانالیزه به همراه کانالهای فیزیکی متناسب با ترکیب سـرویس‌هـای مـورد نیاز کاربران انتخاب گردد تا ظرفیت سیستم WCDMA به سمت ظرفیت تئوری نزدیک شود. این مطالعه نشـان مـی‌دهـد که با تخصیص دینامیکی کانال مطابق با برآورد نوع ترافیک ورودی به این شبکه‌ها می‌توان به حداکثر ظرفیت شـبکه رسـید، بدیـن معنـی کـه با افزایش ارسال دیتای بسته‌ای و کاربردهای اینترنت سیار در زمانهای خاص، میزان کانالهای خصوصـی را کاهش و کانالهای اشتراکی و عمومی بسته‌ای را افزایش داد و بر عکس هنگام افزایش مکالمات صوتی این نسبت را معکـوس نمود. مقایسه نتایج شبیه سازی نشان می‌دهد که با این ساختار ظرفیت سیستم بر حسب تعداد کاربران پذیرفته شده برای انواع سرویس‌ها و نیز دیتای خروجی سیستم افزایش می‌یابد.

فهرست کلمات اختصاری

3GPP	Third Generation Partnership Project
BS	Base Station
CDMA	Code Division Multiple Access
CPCH	Common Packet Channel
DL	Down-Link
DPCCH	Dedicated Physical Control Channel
DPDCH	Dedicated Physical Data Channel
DPSCH	Down-link Physical Shared Channel
FDMA	Frequency Division Multiple Access
OVSF	Orthogonal Variable Spreading Factor
QoS	quality of service
RNC	Remote Network Controller
TDMA	Time Division Multiple Access
TFC	Transport Format Combination
TPC	Transmitter Power Control
UL	Up-Link
WCDMA	Wideband CDMA
MAI	multiple Access Interference
PRACH	Physical Random Access Channel
UMTS	Universal mobile Telecommunications System

زیرنویس‌ها

1-Carrier
2- Time slot
3- circuit switching
4- packet switching
5- Soft Capacity
6- Code multiplexing
7- Spreading Code
8- Scrambling code
9- Conversational
10- Streaming
11- Interactive
12- Background
13- real time
14- Session
15-Outage Probability
16- Burstness

مراجع

[1] R. Prasad, W. Mohr and W. Konhauser, Third Generation Mobile Communication Systems, Artech House, **Boston, (2000).**

[2] I. Katzela, and M. Naghshineh, "Channel Assignment Schemes for Cellular Mobile Telecommunication Systems: A Comprehensive Survey," IEEE Personal Commun. Mag., Vol. 3, No 3, June 1996, pp. 10-31.

[3] Y. Akaiwa, and H.Andoh, "Channel Segregation- A Self Organized Dynamic Allocation Method: Application to TDMA/FDMA Micocellular System," IEEE J. Select. Areas Commun., Vol. 11, No. 6, Aug. 1993, pp. 949-954.

[4] L. Ortigoza-Guerrero, and A. H. Aghvami, "A Distributed Dynamic Resource Allocation for a Hybrid TDMA/CDMA System," IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 47, No.4, Nov. 1998, pp. 1162-1178.

[5] A. Ghosh, M. Cudak, and K. Felix, 'Shared Channels for Packet Data Transmission in WCDMA', Proceeding of VTC'99 Fall, pp.943-947, 19-22 Sep. 1999.

[6] WWW.3GPP.org

[7] WWW.itu.int/imt/

[8] H. Holma, and A. Toslala, WCDMA For UMTS, John Wiley & Sons, Boston, (2001).

[9] 3GPP Tecchnical Specification 25.211 to 25.214 v3.1.1(FDD)(1999).

[10] S. Lal, and E. S. Sousa, "Distributed Resource Allocation for DS-CDMA Based Multimedia ad hoc Wireless LAN's," IEEE Journal on selected Areas in Communications, Vol. 17, No. 5, pp.947-967, May 1999.
[11] F. Adachi, M. Sawahashi, and K. Okawa, "Tree-structured Generation of Orthogonal Spreading codes with Different Lengths for Forward Link of DS-CDMA Mobile Radio," Electron. Lett., Vol. 33, pp. 27-28, Jan. 1997.
[12] ETSI, Technical Report UMTS 30.06, UMTS Terrestrial Radio Access (UTRA); Concept Evaluation, Version 3.0.0, December 1997.
[13] 3GPP Tecchnical Specification 3G TR 25.922, "radio Resource Management Strategies" (FDD)(1999).
[14] D. J. Goodman, Wireless Personal Communications Systems, Addison-Wesely, (1997).
[15] T. Minn, and K. Siu, 'Dynamic Assignment of Orthogonal Variable-Spreading-Factor Codes in W-CDMA', IEEE Journal on selected Areas in Communications, Vol. 18, No. 8, pp. 1429-1440, August 2000.
[16] T. Ojanpera and R. Prasad, 'Wideband CDMA for Third Generation Mobile Communications', Artech House, Boston, 1998.
[17] M. Iron, and D. W. Matula, 'Symmetric cellular Network Embedding on aTorus', 7th International Conference on computer Communications and networks, pp.732-736, 1998.