



دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی
گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش: مخابرات

عنوان:

بررسی کاربری آنتن‌ها و سیستم‌های UWB در مخابرات نسل چهارم (4G)

استاد راهنما:

دکتر حبیب اله زلفخانی

نگارش:

حامد گروسی

شهریور ۹۰

از زمانی که مخابرات سیار کار خود را به طور عملی از سال ۱۹۷۹ شروع کرد تا کنون تحولات بسیاری را در نسل‌ها و استانداردهای به کار رفته در این زمینه شاهد بوده‌ایم، در ارتقا از نسلی به نسل دیگر رفع کاستی‌ها و

نواقص نسل قبل، ارائه سرویس‌های بیشتر با کیفیت بهتر و نیز ارائه خدمات ارزانتر از مهمترین اهداف به شمار می‌رود. رشد و گسترش روز افزون شبکه‌های مخابراتی و نیاز به سرویس‌های متنوع آن‌ها منجر به بکارگیری

پهنای باندهای بیشتر شده است. این موضوع در مخابرات بی‌سیم اهمیت به سزایی دارد. اخیراً سیستم‌های UWB به دلیل توانایی ارائه نرخ بیت‌های بسیار بالا و توان مصرفی بسیار پایین به عنوان نامزد مطلوبی برای مخابرات بی‌سیم، مورد توجه مراکز تحقیقاتی و سازمان‌های استاندارد سازی قرار گرفته‌اند. این سیستم‌ها

پالس‌های بسیار باریکی ارسال می‌کنند به همین جهت این سیستم‌ها impulse radio نیز نامیده می‌شوند و

در نتیجه پهنای باند بسیار وسیعی را اشغال می‌کنند. پهنای باند این سیستم‌ها از حدود DC تا چند GHz می‌باشد. از طرفی یک آنتن UWB مطلوب می‌بایست علاوه بر داشتن پهنای باند کاری مشخص شده از سوی

FCC، دارای خصوصیات تشعشعی مناسب و پایداری نیز در بازه‌ی فرکانسی کاری خود باشد، یعنی آنتن دارای پاسخ ضربه‌ای با کمترین اعوجاج باشد تا بتواند پالس‌های حامل اطلاعات را با کمترین اعوجاج منتقل کند.

هدف این پایان نامه ابتدا آشنایی با نسل‌های مختلف مخابرات سیار می‌باشد تا لزوم استفاده از سیستم

پیشنهادی هرچه بیشتر روشن شود، در مرحله بعد تکنولوژی UWB شرح داده می‌شود و همچنین تعدادی از

انواع آنتن‌های فرا پهن باند معرفی می‌شوند. هدف بعدی، بررسی عملکرد حوزه‌ی فرکانس آنتن‌های مونوپل چاپی دیسک دایروی با خط تغذیه‌ی میکرواستریپ و CPW و نیز آنتن مونوپل چاپی دیسک بیضوی از طریق

شبیه‌سازی با نرم‌افزار CST Microwave studioTM نسخه‌ی ۲۰۰۸ می‌باشد. بوسیله‌ی نتایج حاصل از

شبیه‌سازی روشن می‌شود که آنتن‌های مذکور می‌توانند آنتن‌هایی مناسب برای کاربردهای UWB در مخابرات

سیار داشته باشند.

پیشگفتار

با توجه به دنیای ارتباطی که با آن مواجه هستیم، یکی دغدغه‌های بزرگ توسعه‌دهندگان تلفن همراه، موضوع انتقال اطلاعات در این حوزه می‌باشد به طوری که هر روز سرعت‌های بیشتری برای انتقال

اطلاعات در نظر گرفته می‌شود و در بسترهای لازم برای این موضوع در حال ایجاد و توسعه است و روند حرکت شبکه و خدمات ارتباطی و فناوری اطلاعات به سمت استفاده از سرعت‌های بالا به وجود می‌آیند.

پس همه به سوی انتقال بسیار سریع اطلاعات، خصوصاً در اینترنت حرکت می‌کنند. در شبکه‌های موبایل

نسل چهارم رسیدن به نرخ بیت‌های بالا تا 1Gbps با قابلیت تحرک پذیری کامل مورد نظر می‌باشد. از لحاظ تکنیکی در نگاه ساده سرعت **uplink** و **downlink** در 4G نسبت به نسل‌های قبل بسیار بالاتر

است. البته جدای از نرخ داده بالا، تاخیر کمتر در ارسال بسته‌های اطلاعات که منجر به کیفیت فوق‌العاده

VoIP، ویدئو کنفرانس و سرویس‌های همزمان می‌شود از دیگر مزایای 4G می‌باشد. البته باید در نظر

داشت نرخ تبادل بالایی که برای نسل‌های جدید در نظر گرفته می‌شود بدون در نظر گرفتن پهنای باند

بالاتر نسبت به نسل‌های قبل امکان پذیر نمی‌باشد، لذا این گسترش‌ها سیستم‌های مورد استفاده را از

لحاظ باند فرکانسی به سوی سیستم‌های فوق پهن باند سوق می‌دهد لذا سیستم‌های فوق پهن باند می‌-

توانند به عنوان راهکاری برای رسیدن به اهداف تعریف شده در نسل 4G و بعد آن مطرح شوند.

در 20 سال اخیر از تکنولوژی UWB در مخابرات و ارسال دیتا استفاده‌های زیادی شده است. اساسی‌ترین

تحقیقات در زمینه UWB از زمانی آغاز شد که FCC مجموعه قوانینی را برای پیاده‌سازی سیستم‌های

UWB در ارتباطات دیتا در سیستم‌های بی‌سیم و مخابرات داده منتشر کرد. فن آوری باند فوق وسیع

(UWB) راه حل مناسبی برای مخابرات بی‌سیم سرعت بالا با برد کوتاه می‌باشد. این تکنولوژی اولین بار

در سال 1960 در رادارهای نظامی مورد استفاده قرار گرفت ولی در سال 1990 جنبه عمومی یافت و در

سال 1998 مورد توجه کمیسیون مرکزی مخابرات (FCC) قرار گرفت و استاندارد سازی‌های مرتبط در

این زمینه آغاز و از آن روز به بعد رشد و گسترش روز افزون شبکه‌های مخابراتی و نیاز به سرویس‌های

متنوع آنها به خصوص در مخابرات نسل چهارم (4G) منجر به بکارگیری پهنای باندهای بیشتر شده است.

این موضوع در مخابرات بی‌سیم اهمیت به‌سزایی دارد. در این میان سیستم‌های مخابراتی داخل ساختمان به علت تعداد کاربران زیاد با نرخهای ارسال بالا که در یک فضای کوچک مستقر هستند، نیاز به پهنای باندی وسیعتر از پهنای باند سیستم‌های موجود دارند. اخیراً سیستم‌های UWB به دلیل توانایی

ارائه نرخ بیت‌های بسیار بالا و توان مصرفی بسیار پایین به عنوان نامزد مطلوبی برای مخابرات بی‌سیم

چندکاربره، مورد توجه قرار گرفته‌اند. این سیستم‌ها از حامل‌های سینوسی برای انتقال سیگنال استفاده

نمی‌کنند در عوض پالس‌های بسیار باریکی ارسال می‌کنند به همین جهت این سیستم‌ها impulse radio

نیز نامیده می‌شوند و در نتیجه پهنای باند بسیار وسیعی را اشغال می‌کنند. در سال ۲۰۰۲، FCC پهنای

باندی معادل ۷٫۵ GHz (۳٫۱-۱۰٫۶ GHz) را برای کاربردهای UWB اختصاص داد به جز باند ۲٫۱ GHz و

۵٫۴GHz که به ۸۰۲٫۱۱.a و Wi-Fi اختصاص داده شده است. بر اساس این قوانین هر سیگنالی که

حداقل ۵۰۰ MHz طیف اشغال کند، در سیستم‌های UWB قرار می‌گیرد.

پارهای از مزایای UWB مثل ظرفیت بالای ارسال داده، که در فواصل کوتاه تا ۴۸۰ Mbps ارتقاء می‌یابد،

نیاز به SNR^۱ پایین، نیاز به توان ارسالی کم، مقاومت در برابر جمینگ و تداخل، ساختار ساده فرستنده-

گیرنده نسبت به سایر روش‌ها و قابلیت نفوذ بالای آن باعث شده‌است که در سیستم‌های مخابراتی جدید

از این فناوری استفاده شود. البته پارهای از معایب و مشکلات مثل طراحی پالس مناسب، مشکل تخمین

کانال، سنکرون سازی و تداخل چند کاربره نیز در این سیستم وجود دارد که به آن‌ها پرداخته خواهد

شد.

در این پایان‌نامه سعی شده کاربری سیستم و آنتن‌های UWB در مخابرات نسل چهارم به همراه مزایا و

معایب این سیستم‌ها و آنتن‌های مختلف معرفی شده مورد مطالعه قرار گیرد.

فصل	عنوان	صفحه
	پیشگفتار.....	I

فهرست مطالب.....برق سوزنیگاه پروژه برق.....انگاه زنجان.....انگاه مهندسی گروه برق سوزنیگاه پروژه.....III

اول	۱. کلیاتی در مورد نسل‌های مخابرات سیار	
۱.۱	مقدمه	۲
۱.۲	نسل اول G	۳
۱.۲.۱	سیر تکامل نسل اول	۳
۱.۲.۲	بررسی کارآیی شبکه نسل اول	۵
۱.۳	نسل دوم G	۵
۱.۳.۱	سیر تکامل نسل دوم	۶
۱.۳.۲	بررسی کارآیی سیستم نسل دوم	۶
۱.۳.۳	قابلیت‌های سیستم نسل دوم	۷
۱.۳.۴	مشکلات موجود در نسل دوم	۸
۱.۴	نسل ۲.۵G	۸
۱.۴.۱	سیر تکامل نسل ۲.۵G	۸
۱.۴.۲	بررسی کارآیی نسل ۲.۵G	۹
۱.۵	(EDGE) ۲.۷۵G	۱۰
۱.۵.۱	بررسی کارآیی سیستم ۲.۷۵G	۱۱
۱.۶	نسل سوم G	۱۱
۱.۶.۱	سیر تکامل نسل سوم	۱۱
۱.۶.۲	بررسی کارآیی شبکه نسل سوم	۱۲
۱.۶.۳	استانداردهای کلی شبکه نسل سوم	۱۴

- ۱۵ استانداردهای معروف نسل سوم ۱.۶.۴
- ۱۶ روند توسعه ۳G در کشورهای مختلف ۱.۶.۵
- ۱۷ طراحی شبکه‌های نسل سوم ۱.۶.۶

۱.۶.۷ بررسی کارایی نسل سوم ۱.۶.۷

۱.۶.۷.۱ نرخ تبادل داده ۱۸

۱.۶.۷.۲ امنیت ۱۹

۱.۶.۸ مشکلات و کمبودهای ۳G ۲۰

۱.۷ نسل چهارم 4G ۲۱

۱.۷.۱ سیر تکامل نسل چهارم 4G ۲۳

۱.۷.۲ الزامات ITU و استانداردهای بی سیم 4G ۲۴

۱.۷.۳ تکنولوژی‌های هدف برای 4G ۲۶

۱.۷.۴ اهداف ITU در جهت گسترش 4G ۲۸

۱.۷.۵ سیستم‌های کاندید 4G ۲۹

۱.۷.۵.۱ LTE Advanced ۲۹

۱.۷.۵.۲ Wireless MAN advanced یا IEEE 802.16m ۳۰

۱.۷.۵.۳ Ultra Wide Band یا UWB ۳۰

۱.۷.۶ مقایسه نرخ داده‌ها در تکنولوژی‌های مختلف ۳۱

۱.۷.۷ فرضیات آینده 4G ۳۳

۱.۸ خلاصه ۳۴

دوم ۲. معرفی تکنولوژی UWB

۲.۱ مقدمه ۳۷

۲.۲ تاریخچه فناوری فرابهن باند ۳۹

۲.۳ مفهوم UWB ۴۱

۲.۴ سیگنال‌های UWB ۴۳

۲.۵ مزایای UWB ۴۵

۲.۵.۱ قابلیت تقسیم طیف فرکانسی ۴۶

۲.۵.۲ کانال با ظرفیت بالا ۴۶

۲.۵.۳ قابلیت کار کردن انیستیم با نسبت سیگنال به نویز کوچک ۴۷

۲.۵.۴ امکان ردیابی و استراق سمع بسیار پایین ۴۸

۲.۵.۵ مقاوم بودن در برابر اختلالات پارازیتی ۴۸

۲.۵.۶ کارایی بالا در کانال‌های چند مسیری ۴۹

۲.۵.۷ ویژگی‌های برجسته‌ی نفوذپذیری ۵۱

۲.۵.۸ ساختار ساده‌ی گیرنده و فرستنده ۵۱

۲.۶ چالش‌ها ۵۳

۲.۶.۱ اعوجاج شکل پالس ۵۳

۲.۶.۲ همزمانی فرکانس بالا ۵۴

۲.۶.۳ تداخل دسترسی چندگانه ۵۴

۲.۷ تکنیک‌های تک‌باندی و چندباندی ۵۵

۲.۷.۱ تکنیک UWB دنباله‌مشتقیم ۵۵

۲.۷.۲ تکنیک OFDM چندباندی ۵۶

۲.۸ کاربردهای UWB ۵۷

۲.۸.۱ ارتباطات با نرخ داده بالا ۵۸

۲.۹ قوانین FCC ۵۹

۲.۱۰ محدودیت‌های تشعشی FCC ۶۰

۲.۱۰.۱ محدودیت‌های تعریف شده برای تجهیزات ارتباطی ۶۱

۲.۱۱ مشخصات خاص آنتن‌های UWB ۶۵

۲.۱۲ خلاصه ۶۷

سوم ۳. معرفی برخی از آنتن‌های پهن‌بند

V

۳.۱ مقدمه ۶۹

۳.۲ آنتن‌های UWB ۷۰

۳.۳ انواع آنتن‌های UWB ۷۳

۳.۳.۱ آنتن‌های مستقل از فرکانس ۷۳

۳.۳.۱.۱ ویژگی مستقل بودن از فرکانس ۷۴

۳.۳.۲ آنتن‌های خودمکمل ۷۵

۳.۳.۳ آنتن‌های Traveling wave ۷۶

۳.۳.۴ آنتن چند رزونانسه ۷۷

۳.۳.۵ آنتن المان کوچک ۷۸

۳.۴ چالش‌های موجود در طراحی آنتن‌های UWB ۷۹

۳.۵ خلاصه ۸۳

چهارم ۴ شبیه‌سازی‌ها و بررسی نتایج

۴.۱ مقدمه ۸۵

۴.۲ آنتن‌های شبیه‌سازی شده ۸۵

۴.۳ پارامترهای قابل استفاده برای بررسی عملکرد آنتن ۸۶

۴.۳.۱ نمودار تلف بازگشتی ۸۷

۴.۳.۲ VSWR ۸۸

۴.۳.۳ پترن‌های تابشی ۸۹

۴.۳.۴ توزیع جریان سطحی ۸۹

۴.۳.۵ امپدانس ورودی آنتن ۹۰

۴.۴ بررسی نتایج حاصل از شبیه‌سازی ۹۰

۴.۴.۱ آنتن مونوپل چاپی دیسک دایروی با خط تغذیه‌ی میکرواستریپ ۹۰

۴.۴.۱.۱ پورت تغذیه‌ی Wave port ۹۱

۴.۴.۱.۲ خط کواکس با SMA Connector ۹۶

۴.۴.۲ آنتن مونوپل چاپی دیسک دایروی با خط تغذیه‌ی CPW.....۱۰۰

۴.۴.۲.۱ پورت تغذیه‌ی Wave port.....۱۰۰

۴.۴.۲.۲ خط کوکس با SMA Connector.....۱۰۷

۴.۴.۳ آنتن مونوپل چاپی حلقه دایروی با خط تغذیه‌ی میکرواستریپ.....۱۱۰

۴.۴.۳.۱ پورت تغذیه‌ی Wave port.....۱۱۱

۴.۴.۳.۲ خط کوکس با SMA Connector.....۱۱۴

۴.۴.۴ آنتن مونوپل چاپی حلقه دایروی با خط تغذیه‌ی CPW.....۱۱۶

۴.۴.۴.۱ پورت تغذیه‌ی Wave port.....۱۱۷

۴.۴.۴.۲ خط کوکس با SMA Connector.....۱۲۰

۴.۴.۵ آنتن مونوپل چاپی صفحه بیضی با خط میکرواستریپ.....۱۲۳

۴.۴.۵.۱ پورت تغذیه‌ی Wave port.....۱۲۴

۴.۴.۵.۲ خط کوکس با SMA Connector.....۱۲۸

۴.۶ خلاصه.....۱۳۰

۱۳۱

مراجع

پنجم

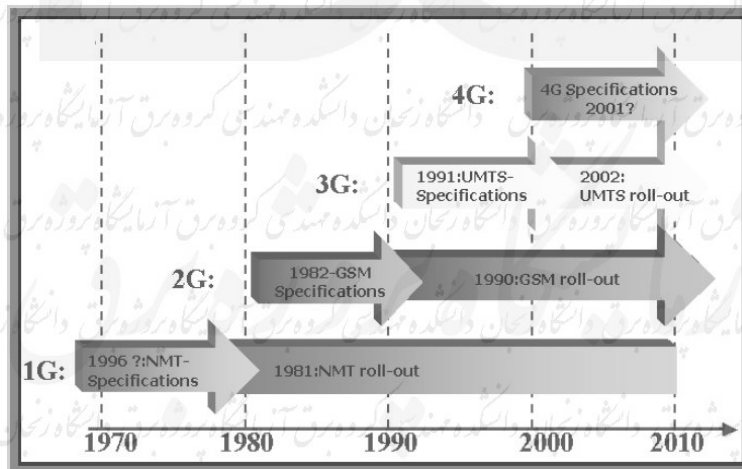
فصل اول

کلیاتی در مورد نسل های مخبرات سیار

۱.۱ مقدمه

یکی از پایه‌های رشد و پیشرفت بشر برقراری ارتباط بوده و این ارتباط در دانش، اطلاعات و تحکیم روابط انسان‌ها نقش برجسته‌ای را ایفا کرده‌است. با توجه به روند رو به رشد علم و تحولات مهمی که در زمینه‌های مختلف صنعت و فناوری دیده می‌شود ارتباطات سیار نیز از این امر مستثنی نبوده و دستخوش تغییرات بسیاری گردیده است، در ارتقا از نسلی به نسل دیگر رفع کاستی‌ها و نواقص نسل قبل، ارائه سرویس‌های بیشتر با کیفیت بهتر و نیز ارائه خدمات ارزانتر از مهمترین اهداف به شمار می‌رود. با این توضیح مختصر از مخابرات سیار و اهمیت ویژه آن در تبادل اطلاعات و نیز فراگیر شدن ارتباطات بیسیم و افزایش تقاضا از سوی کاربران این نوع سیستم‌ها نگاهی هرچند گذرا و مختصر به سیر تکامل سرویس‌های مخابرات سیار بسیار جذاب می‌باشد. زیر بنای مخابرات سیار و ارتباطات از راه دور انسان‌ها با یکدیگر در ۲۱ فوریه ۱۸۳۸ با به کارگیری تکنولوژی تلگراف مورس بین دو شهر مجاور واشینگتن و بالتی‌مور آغاز

شد و در سال ۱۸۷۶ مخترعی به نام بل صنعت تلفن را ابداع کرد که نقطه عطفی در سیستم ارتباطات و زمینیه نیل به تلفن سیار امروزی می‌باشد. در سال ۱۸۸۸ هرتز دانشمند آلمانی اختراع خود یعنی امواج رادیویی را به ثبت رساند و در سال ۱۸۹۴ مارکونی به ارسال امواج رادیویی پرداخت و در واقع بیسیم متولد شد و نسل‌های مختلف ارتباطات سیار بنا گردید شکل ۱.۱ روند رو به رشد ارتباطات سیار را نشان می‌دهد.



شکل ۱.۱ ارتقا مخابرات سیار از آغاز

با توجه به آنچه گفته شد مشاهده می‌شود رشد سریع اخیر در حوزه‌ی فناوری، خصوصاً فناوری مخابرات بی‌سیم، در طی سال‌های اخیر به طور چشمگیری بر زندگی روزمره‌ی ما تاثیر گذاشته‌است. در بسیاری از منازل و دفاتر تلفن‌های بی‌سیم جایگزین تلفن‌های سیمی دستی شده‌اند. تلفن‌های همراه حتی آزادی

عمل بیشتری به ما داده‌اند، بطوری که امروزه می‌توانیم از هر محلی در هر لحظه با یکدیگر ارتباط برقرار کنیم. فناوری شبکه‌ی بی‌سیم محلی^۱ (WLAN)، این امکان را برای ما فراهم ساخته که بتوانیم بدون استفاده از چند ده متر سیم‌کشی و کابل‌کشی ناخوشایند و بدمنظره و البته گران‌قیمت، به اینترنت دسترسی داشته باشیم.

۱.۲ نسل اول ۱G^۲

۱G به نسل اول از تکنولوژی تلفن، مخابرات بیسیم اتلاق می‌گردد. این نسل برپایه ارتباط آنالوگ بود.

۱.۲.۱ سیر تکامل نسل اول

اولین شبکه سلولی (۱G نسل اول) به صورت اقتصادی در سال ۱۹۷۹ توسط شرکت NTT^۳ در

توکیو ژاپن زیر نظر شهرداری توکیو راه‌اندازی شد. ظرف ۵ سال شبکه NTT به منظور پوشش همه

مردم ژاپن گسترش یافت و اولین شبکه سراسری کشور ژاپن گشت. شبکه نسل اول در سال ۱۹۸۱

توسط شرکت NMT^۴ به طور همزمان در کشورهای دانمارک، فنلاند، سوئد و نروژ پیگیری و راه‌اندازی

شد. NMT اولین شبکه تلفن همراه بود که به صورت رومینگ بین‌المللی شکل گرفت، این سیستم تلفنی

آنالوگ NMT۴۵۰ بود که به رشد سریعی نایل آمد و در همان سال NMT۹۰۰ تکامل یافته

۱. wireless local area network.

۲. First-Generation.

۳. Nippon Telegraph and Telephone.

۴. Nordic Mobile Telephone

منابع و مراجع

[۱] Wikipedia The Free Encyclopedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/%G%۲G%۳G%۴G>

[۲] Information Technology Wireless, www.learn.geekinterview.com

[۳] JANET, super Janet and UKERNA are registered trademarks of the Higher Education Councils for England, www.ja.net/documents/factsheets

[۴] Black Devils Boys, Wireless Hacking, Mohammad Mosafer, ۲۰۰۵-۲۰۰۶

[۵] CDMA Development Group-Technology Page
<http://www.cdg.org/technology/cdma۲۰۰۰۱x.asp>

[۶] Qualcomm halts UMB project, Reuters, ۱۳ November ۲۰۰۸

www.reuters.com/article/۲۰۰۸/۱۱/۱۳/qualcomm-umb

[۷] سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی <http://www.cra.ir/portal/Home/Default.aspx>

[۸] ۴G Wireless Systems, Next-Generation Wireless Working Group, Jawwad Ahmad, Ben

Garrison, Jim Gruen, Chris Kelly, and Hunter Pankey, May ۲, ۲۰۰۳.

[۹] Faranak Nekoogar, "ULTRA-WIDEBAND COMMUNICATIONS : Fundamentals and Applications", Prentice Hall, August ۳۱, ۲۰۰۵.

[۱۰] Zhi Ning Chen, "UWB antenna: design and application", IEEE ۲۰۰۷

[۱۱] Yvan Duroc, Anthony Ghiotto, Tan-Phu Vuong, Smail Tedjini, "Ultra-Wideband Antennas: Design and Modeling", ۲۰۰۸ IEEE

[۱۲] FCC, First Report and Order ۰۲-۴۸. February ۲۰۰۲.

[۱۳] Electronic Communications Committee (ECC) Report ۶۴, The protection requirements of radio communications systems below ۱۰.۶GHz from generic UWB applications", February ۲۰۰۵.

[۱۴] William Webb, Ultra Wideband - The final few regulatory processes", ۲۰۰۶ IET

Seminar on Ultra Wideband Systems, Technologies and Applications, London, UK, ۲۰
April ۲۰۰۶.

[۱۵] Ryuji Kohno and Kenichi Takizawa, "Overview of Research and Development
Activities in NICT UWB Consortium", ۲۰۰۵ IEEE International Conference on Ultra-
Wideband, Zurich, Switzerland, September ۵-۸, ۲۰۰۵, pp. ۷۳۵-۷۴۰.

[۱۵.۱] Mehdi Ebrahimi, "UWB ANTENNA ANALYSIS", BSC, Zanzan university ۱۳۸۹.

[۱۶] Johnna Powell, "ANTENNA DESIGN FOR ULTRA WIDEBAND RADIO", Master
of science in Electrical Engineering, Massachussets Institute of Technology, May ۷, ۲۰۰۴.

[۱۷] Aaron Zachary Hood, Tutku Karacolak, Erdem Topsakal, "A Small Antipodal Vivaldi
Antenna for Ultrawide-Band Applications", IEEE ANTENNAS AND WIRELESS
PROPAGATION LETTERS, VOL. ۷, ۲۰۰۸

[۱۸] Tan-Phu Vuong, Anthony Ghiotto, Yvan Duroc, and Smail Tedjini, "DESIGN AND
CHARACTERISTICS OF A SMALL USLOTTED PLANAR ANTENNA FOR IRUWB",
MICROWAVE AND OPTICAL TECHNOLOGY LETTERS / Vol. ۴۹, No. ۷, July ۲۰۰۷.

[۱۹] Jianxin Liang, "ANTENNA STUDY AND DESIGN FOR ULTRA WIDEBAND
COMMUNICATION APPLICATIONS", Department of Electronic Engineering Queen
Mary, University of London United Kingdom, July ۲۰۰۶.

[۲۰] Jianxin Liang, "ANTENNA STUDY AND DESIGN FOR ULTRA WIDEBAND
COMMUNICATION APPLICATIONS", Department of Electronic Engineering Queen
Mary, University of London United Kingdom, July ۲۰۰۶.

[۲۱] Stanislav Licul, "ULTRA WIDEBAND ANTENNA CHARACTERIZATION AND
MEASUREMENTS", Doctor of philosophy thesis in Electrical Engineering, Virginia
polytechnic Institute & State University, September ۱۷, ۲۰۰۴.

[۲۲] http://www.sphere.ne.jp/i-lab/ilab/tool/cx_line_e.htm