

دانشگاه تبریز



دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

گروه مخابرات میدان

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

طراحی، شبیه‌سازی و بهینه‌سازی آنتن UWB در باند فرکانسی 3.1 – 10.6 GHz

استاد راهنما

دکتر سعید نیک‌مهر

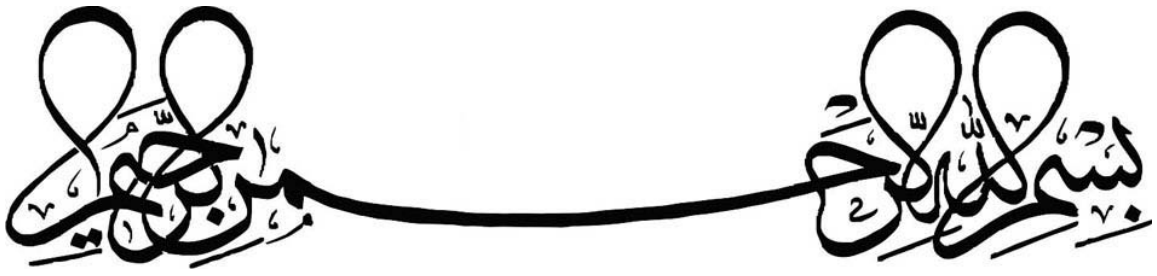
استاد مشاور

دکتر غلامرضا داداش‌زاده

پژوهشگر

لیلا قنبری

بهمن ۱۳۸۸



نام خانوادگی دانشجو: قنبری یوسف آباد نام: لیلا
عنوان پایان نامه: طراحی، شبیه سازی و بهینه سازی آنتن UWB در باند فرکانسی 3.1 – 10.6 GHz
استاد راهنما: دکتر سعید نیک مهر- دانشگاه تبریز استاد مشاور: دکتر غلامرضا داداش زاده- دانشگاه شاهد
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد رشته: مهندسی برق گرایش: مخابرات- میدان دانشگاه: تبریز دانشکده: برق و کامپیوتر تاریخ فارغ التحصیلی: بهمن ۸۸ تعداد صفحه: ۱۲۸
کلید واژه ها: UWB، آنتن مونوپل، فراکتال، کوچک سازی، پترن همه جهتی، میکرواستریپ
چکیده: از زمانی که FCC پهنای باند بالای 7.5GHz (3.1GHz تا 10.6GHz) را به کاربردهای ارتباطی UWB اختصاص داده است این تکنولوژی به سرعت در حال پیشرفت است. تکنولوژی UWB راهکار کلیدی در سیستم های WPAN آتی خواهد بود زیرا می تواند نرخ دیتای بالایی را پشتیبانی کند. همانند سیستم های مخابراتی بی سیم مرسوم، آنتن در سیستم های UWB نقش مهمی را ایفا می کند. اگرچه چالش های بیشتری در طراحی آنتن های UWB نسبت به آنتن های باند باریک وجود دارد. در این پایان نامه یک آنتن UWB برای پوشش باند فرکانسی پیشنهادی FCC طراحی می شود. برای اینکه بتوان این آنتن را در مدارات مجتمع استفاده نمود، ساختار مسطحی برای این آنتن انتخاب می گردد. علاوه بر آن آنتن پیشنهادی باید دارای پترن تشعشعی همه جهتی باشد. یکی از چالش های کوچک سازی آنتن ها رابطه بین پهنای باند و کاهش اندازه فیزیکی آنتن است. با استفاده از یک ساختار فراکتال مانند جدید که برای اولین بار در این پایان نامه معرفی شده است، یک آنتن مونوپل مسطح چاپی کوچک شده پیشنهاد گردیده است. این آنتن باند فرکانسی 2.55 تا 12.1GHz را پوشش می دهد و پترن های همه جهتی دارد. ابعاد این آنتن فراکتال مانند نسبت به ساختار اولیه خود یعنی آنتن مونوپل دیسک دایروی ۵۰٪ کاهش نشان داده است. هم چنین نسبت به آنتن فراکتال با تغذیه CPW که ساختار پایه آن دیسک دایروی است، ۴۵٪ کاهش نشان داده است. ویژگی بارز این فراکتال این است که همچنان پهنای باند بالای خود را حفظ نموده است. هم چنین ابعاد آنتن مورد نظر با استفاده از الگوریتم ژنتیک بهینه شده است. علاوه بر دست یابی به هدف اولیه یعنی کوچک سازی و بهینه سازی ساختار، یک آنتن با پهنای باند بالا و VSWR بسیار پایین ($1.5 <$) نیز حاصل شده است.

فهرست مطالب

شماره صفحه

iv.....	فهرست جداول و شکل‌ها.....
۱.....	مقدمه.....
۲.....	فصل اول: بررسی منابع.....
۳.....	۱-۱ تاریخچه UWB.....
۶.....	۲-۱ استانداردها.....
۷.....	۱-۲-۱ قوانین FCC در ایالات متحده.....
۸.....	۲-۲-۱ آیین‌نامه‌های جهانی.....
۱۱.....	۳-۲-۱ استانداردهاسازی.....
۱۵.....	۳-۱ کاربردها.....
۱۸.....	۴-۱ مزایای UWB.....
۱۹.....	۵-۱ معرفی برخی از روش‌های کوچک کردن آنتن‌ها.....
۱۹.....	۱-۵-۱ استفاده از زیرلایه با ثابت دی‌الکتریک بالا.....
۲۰.....	۲-۵-۱ استفاده از اتصال کوتاه کننده‌ها.....
۲۴.....	۳-۵-۱ کاهش ابعاد آنتن با استفاده از Meandering.....
۲۶.....	۴-۵-۱ آنتن‌های فراکتالی، تکنیک نوین برای کوچک کردن آنتن‌ها.....
۳۰.....	۵-۵-۱ استفاده از صفحه زمین نامنظم شده.....
۳۱.....	۶-۵-۱ استفاده از چیپ‌های مقاومتی و خازنی در آنتن‌های میکرواستریپ.....
۳۱.....	۷-۵-۱ تکنیک جایگذاری اسلات.....
۳۳.....	۶-۱ آنتن‌های UWB.....
۳۴.....	۱-۶-۱ آنتن‌های مستقل از فرکانس.....
۳۷.....	۲-۶-۱ آنتن‌های از لحاظ الکتریکی کوچک.....

۳۹	..... traveling wave آنتن‌های ۳-۶-۱
۴۱	..... آنتن چند رزونانس ۴-۶-۱
۴۳	..... ۷-۱ روش‌های افزایش پهنای باند
۴۴	..... ۱-۷-۱ اثرات پارامترهای زیر لایه بر روی پهنای باند
۴۶	..... ۲-۷-۱ انتخاب شکل پیچ مناسب
۴۶	..... ۳-۷-۱ تکنیک چند مدی
۴۷	..... ۴-۷-۱ افزایش پهنای باند با استفاده از المان‌های پشت‌ای
۴۷	..... ۵-۷-۱ المان‌های پارازیتیکی
۴۸	..... ۶-۷-۱ تاثیر حجم آنتن در افزایش پهنای باند آنتن
۵۰	..... ۷-۷-۱ استفاده از شبکه تطبیق امپدانس برای افزایش پهنای باند
۵۱	..... ۸-۷-۱ بارگذاری مقاومتی
۵۱	..... ۸-۱ آنتن‌های مسطح
۵۲	..... ۱-۸-۱ آنتن مونوپل دیسک دایروی چاپی برای سیستم‌های UWB
۵۳	..... ۲-۸-۱ آنتن‌های حلقوی دایره‌ای چاپی
۵۵	..... ۳-۸-۱ آنتن‌های مونوپل بیضوی چاپی UWB
۵۶	..... ۴-۸-۱ سایر آنتن‌های مونوپل چاپی با ساختار دایروی
۵۹	..... فصل دوم: مواد و روش‌ها
۶۰	..... ۱-۲ تکنیک‌های مدل کردن عددی الکترومغناطیسی
۶۰	..... ۱-۱-۲ روش FIT
۶۳	..... ۲-۱-۲ روش FEM
۶۵	..... ۲-۲ الگوریتم ژنتیک
۶۸	..... ۳-۲ آنتن‌های مونوپل مسطح

۷۱	۴-۲ فراکتال‌ها و کاربرد آنها در طراحی آنتن
۷۸	فصل سوم: نتایج و بحث
۷۹	۱-۳ آنتن مونوپل دیسک دایروی
۸۲	۲-۳ آنتن مونوپل با پهنای باند بالا بر مبنای تئوری Descartes Circle Theorem
۸۳	۳-۳ فراکتال مرتبه اول
۸۷	۴-۳ آنتن مونوپل فراکتال مانند مرتبه اول با صفحه زمین تغییر شکل یافته جدید
۹۶	۵-۳ آنتن مونوپل فراکتال مانند مرتبه اول حلقوی
۹۸	۶-۳ فراکتال مرتبه دوم
۱۰۲	۷-۳ مقایسه آنتن مونوپل دیسک دایروی و آنتن مونوپل فراکتال مانند مرتبه دوم
۱۰۴	۸-۳ مقایسه یک آنتن مونوپل جدید با صفحه زمین شکاف‌دار و آنتن مونوپل فراکتال مانند مرتبه دوم
۱۰۶	۹-۳ مقایسه آنتن فراکتال با پهنای باند بسیار بالا با تغذیه CPW و آنتن مونوپل فراکتال مانند مرتبه دوم
۱۰۸	۱۰-۳ آنتن مونوپل فراکتال مانند مرتبه دوم با ابعاد بهینه شده برای پوشش باند FCC
۱۱۴	۱۱-۳ آنتن مونوپل فراکتال مانند مرتبه دوم با VSWR بسیار پایین
۱۲۰	فصل چهارم: نتیجه‌گیری و پیشنهاد
۱۲۱	۱-۴ نتیجه‌گیری
۱۲۳	۲-۴ پیشنهادات
۱۲۵	مراجع

جدول (۱-۱) سطوح تشعشع indoor و outdoor	۱۰
جدول (۲-۱) تخصیص باند UWB در ایالات متحده، اروپا، ژاپن	۱۴
جدول (۳-۱) مشخصه آنتن حلقوی و فراکتالی	۲۸
جدول (۴-۱) روش‌های افزایش پهنای باند	۴۳
جدول (۵-۱) مقایسه پهنای باند $VSWR = 2$ در فرکانس 2GHz با ثابت دی‌الکتریک زیرلایه $2/32$ و ضخامت 1.59mm	۴۶
شکل ۱-۱ سطوح تشعشع indoor و outdoor	۱۰
شکل ۲-۱ سطح تشعشع ECC	۱۱
شکل ۳-۱ سطح تشعشع در آسیا	۱۱
شکل ۴-۱ مثال طیف انتشاری توالی مستقیم	۱۳
شکل ۵-۱ (الف) تکنیک OFDM در مقابل (ب) تکنیک چندحامله مرسوم	۱۴
شکل ۶-۱ طرح باند برای سیستم OFDM UWB	۱۵
شکل ۷-۱ ارتباطات با پهنای باند بالا انرژی را در طیف فرکانسی وسیعی انتشار می‌دهد	۱۹
شکل ۸-۱ آنتن‌های مایکرواستریپ مربعی با پلاریزاسیون دایروی برای کاربردهای GPS در فرکانس 1575 MHz (الف) طراحی با زیرلایه مایکروویوی با ثابت دی‌الکتریک ۳ و ضخامت ۱/۵۲۴ میلی‌متر؛ (ب) طراحی با زیرلایه سرامیکی با ثابت دی‌الکتریک ۲۸ و ضخامت ۴/۷۵ (واحد ابعاد میلی‌متر است)	۲۰
شکل ۹-۱ (الف) دیوار اتصال کوتاه کننده؛ (ب) صفحه اتصال کوتاه کننده؛ (ج) پین اتصال کننده	۲۱
شکل ۱۰-۱ (الف) پیچ مستطیلی، (ب) پیچ دایروی، (ج) پیچ مثلثی با پین اتصال کوتاه کننده	۲۲
شکل ۱۱-۱ منحنی فرکانس رزونانس برحسب مکان پین اتصال کوتاه کننده برای یک پیچ مثلثی	۲۳
شکل ۱۲-۱ افت بازگشتی آنتن‌های مایکرواستریپ مثلثی با و بدون پین اتصال کوتاه کننده. خط توپر آنتن اتصال کوتاه شده با $d=15.3\text{ mm}$ و $d_s=13.25\text{mm}$ و $d_p=12.75$ ؛ خط چین نمودار آنتن معمولی با $d=59.9\text{mm}$ و $d_p=24.1\text{ mm}$ را نشان می‌دهد	۲۳
شکل ۱۳-۱ ایجاد شیار در مسیر جریان	۲۴
شکل ۱۴-۱ یک آنتن پیچ دایروی با اسلات‌هایی به طول l و عرض w	۲۵

- شکل ۱-۱۵ تغییرات فرکانس روزنانس برحسب افزایش طول نرمالیزه شده اسلات‌ها برای پیچ دایروی شکل ۱-۱۴ با ابعاد $R=7.5\text{mm}$ و $d_s=6.5\text{mm}$ ۲۵
- شکل ۱-۱۶ رویه ایجاد تکرارشونده برای فراکتال Minkowski island. هر بخش مستقیم هندسه با یک ایجاد کننده جایگزین شده است. شکل اولیه یعنی مربع، به همراه سه تکرار اول ۲۷
- شکل ۱-۱۷ تولید کننده فراکتال Minkowski ۲۸
- شکل ۱-۱۸ مولد فراکتال $3/2$ curve ۲۸
- شکل ۱-۱۹ آنتن PGK تا پنج تکرار ۲۹
- شکل ۱-۲۰ آنتن PGK ۲۹
- شکل ۱-۲۱ (الف) افت بازگشتی آنتن معمولی، (ب) افت بازگشتی آنتن شکل ۱-۲۰ ۳۰
- شکل ۱-۲۲ فشردن کردن آنتن با قرار دادن اسلات در صفحه زمین ۳۱
- شکل ۱-۲۳ هندسه پیچ مایکرواستریپ مثلثی متساوی الاضلاع با یک جفت اسلات شاخه مانند ۳۲
- شکل ۱-۲۴ افت بازگشتی اندازه‌گیری شده برحسب فرکانس برای آنتن نشان داده شده در شکل ۱-۲۳؛ با $\epsilon_r = 4.4$ ۳۳
- شکل ۱-۲۵ یک نمونه از آنتن خود مکمل $d_p = 23\text{mm}$, $d = 50\text{mm}$, $h = 1.6\text{mm}$ و با زمینی با ابعاد 75cm در 75cm (الف) آنتن ۱، (ب) آنتن ۲ و (ج) آنتن ۳ ۳۳
- شکل ۱-۲۵ یک نمونه از آنتن خود مکمل ۳۵
- شکل ۱-۲۶ آنتن ماریچی ۳۶
- شکل ۱-۲۷ VSWR آنتن ماریچی با ابعاد $w=0.0757\text{cm}$, $N = 8$, $r_2=10\text{cm}$, $r_1=0.3\text{cm}$ ۳۷
- شکل ۱-۲۸ آنتن monocone با صفحه زمین بزرگ شده (با قطر 80mm) ۳۸
- شکل ۱-۲۹ آنتن‌های مونوپل مسطح. (چپ) با تغذیه CPW، (راست) با تغذیه خط مایکرواستریپ با صفحه زمین در سمت پایین [۲۷]. ۳۹
- شکل ۱-۳۰ Vivaldi آنتن ۴۰
- شکل ۱-۳۱ VSWR آنتن Vivaldi ۴۰
- شکل ۱-۳۲ تاخیر گروه آنتن vivaldi ۴۱
- شکل ۱-۳۳ پیکربندی پیشنهاد شده برای آنتن مایکرواستریپ لوگ-پریودیک ۴۲
- شکل ۱-۳۴ ضریب بازتاب شبیه‌سازی شده آنتن ۴۲
- شکل ۱-۳۵ تاثیر ضخامت زیرلایه بر روی پهنای باند و کارایی آنتن ۴۵
- شکل ۱-۳۶ تغییرات Q تشعشی برای یک آنتن پیچ مستطیلی بصورت تابعی از ثابت دی‌الکتریک زیر لایه ۴۵
- شکل ۱-۳۷ تغییرات Q تشعشی برای یک آنتن پیچ مستطیلی بصورت تابعی از ضخامت زیر لایه ۴۵
- شکل ۱-۳۸ شکل گسترده آنتن مایکرواستریپ پیچ پشته‌ای ۴۷

- شکل ۱-۳۹ آرایش آنتن‌های مایکرواستریپ با بهره‌گیری از تکنیک روزناتورهای کوپلاناار..... ۴۸
- شکل ۱-۴۰ پهنای باند امیدانسی برحسب حجم نرمالیزه شده برای آنتن‌های روزناتوری کوپلاناار..... ۴۹
- شکل ۱-۴۱ پهنای باند امیدانسی برحسب حجم نرمالیزه شده برای آنتن‌های روزناتوری پیچ پشته‌ای..... ۴۹
- شکل ۱-۴۲ شبکه تطبیق تعبیعه شده در پیچ..... ۵۰
- شکل ۱-۴۳ آنتن پیچ پهن باند با بارگذاری مقاومتی تراشه مقاومتی..... ۵۱
- شکل ۱-۴۴ شکل هندسی مونوپل دیسک دایروی..... ۵۲
- شکل ۱-۴۵ منحنی‌های افت بازگشتی اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده آنتن مونوپل دیسک دایروی با ابعاد $r = 10$ mm, $W = 42$ mm, $L = 50$ mm, $L_1 = 20$ و $h = 0.3$ mm..... ۵۳
- شکل ۱-۴۶ شکل هندسی مونوپل دیسک حلقوی دایروی..... ۵۴
- شکل ۱-۴۷ مقایسه مقادیر اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده آنتن مونوپل حلقوی با ابعاد بهینه..... ۵۴
- شکل ۱-۴۸ آنتن مونوپل بیضوی چاپی با تغذیه‌ای در امتداد محور اصلی..... ۵۶
- شکل ۱-۴۹ اشکال VSWR شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده برای الف) PCMA با $a = 2.5$ cm و $p = 1.0$ mm و ب) PEMA_b1 با $a = 2.6$ cm, $b = 2.4$ cm (نسبت بیضویت 1.1)، $p = 1.0$ mm و لایه FR4 با ابعاد $9.0\text{cm} \times 9.0\text{cm}$ ، $\epsilon_r = 4.4$ و $\tan \delta = 0.01$ و $h = 1.59$ mm..... ۵۷
- شکل ۱-۵۰ پیکربندی آنتن UWB [۳۷]..... ۵۷
- شکل ۱-۵۱ VSWR شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده در مرجع [۳۷]..... ۵۸
- شکل ۱-۲-۱ مش بندی در FIT..... ۶۲
- شکل ۲-۲ الف) سلول V شبکه G با ولتاژ شبکه الکتریکی e روی لبه‌های A_n و شار سطح مغناطیسی b_n در این سطح ب) سلول V شبکه G با شش شار سطح مغناطیسی ج) سلول \bar{V} شبکه \bar{G} با ولتاژ شبکه مغناطیسی h روی لبه‌های \bar{A}_n و شار الکتریکی \bar{d}_n در این سطح..... ۶۴
- شکل ۲-۳ یک المان در روش المان محدود..... ۶۵
- شکل ۲-۴ آنتن مونوپل دیسک مسطح به همراه منحنی VSWR آن..... ۶۹
- شکل ۲-۵ مراحل تشکیل فراکتال Sierpinski gasket تا مرحله ۳..... ۷۲
- شکل ۲-۶ مراحل تشکیل فراکتال Koch Snowflake تا مرحله ۳..... ۷۳
- شکل ۲-۷ فراکتال Ternary-tree..... ۷۳
- شکل ۲-۸ مراحل تشکیل فراکتال Hilbert..... ۷۴

۷۵	..... شکل ۲-۹ Koch Snowflake و Minkowski Island
۷۵	..... شکل ۲-۱۰ مولد فراکتال Minkowski Island
۷۵	..... شکل ۲-۱۱ مولد فراکتال Koch Snowflake
۷۶	..... شکل ۲-۱۲ پیکربندی‌های Descartes
۷۶	..... شکل ۲-۱۳ بسته Apollonian
۷۹	..... شکل ۳-۱ شکل هندسی مونوپل دیسک دایروی
۷۹	..... شکل ۳-۲ نتایج شبیه‌سازی آنتن CDM در دو نرم‌افزار CST و HFSS با ابعاد
۸۰	..... شکل ۳-۳ توزیع جریان در فرکانس‌های مختلف الف) 3GHz ب) 6.5GHz ج) 9GHz
۸۱	..... شکل ۳-۴ آنتن مونوپل دیسک CDT
۸۲	..... شکل ۳-۵ افت بازگشتی آنتن مونوپل CDT با ابعاد $h = 0.3 \text{ mm}$, $L_1 = 20$, $L = 50 \text{ mm}$, $W = 42 \text{ mm}$, $r = 10 \text{ mm}$
۸۳	..... شکل ۳-۶ آنتن مونوپل دیسک دایروی
۸۴	..... شکل ۳-۷ افت بازگشتی آنتن مونوپل دیسک دایروی با ابعاد
۸۴	..... شکل ۳-۸ آنتن مونوپل فراکتال مانند مرتبه اول
۸۵	..... شکل ۳-۹ مقایسه افت بازگشتی آنتن مونوپل دیسک دایروی و آنتن فراکتال مرتبه اول با ابعاد
۸۷	..... شکل ۳-۱۰ توزیع جریان در آنتن فراکتال مانند مرتبه اول در فرکانس‌های 3.5 و 6.5GHz
۸۸	..... شکل ۳-۱۱ صفحه زمین اصلاح شده
۸۸	..... شکل ۳-۱۲ منحنی افت بازگشتی آنتن مونوپل با یک و سه شکاف در صفحه زمین با ابعاد
۸۹	..... شکل ۳-۱۳ الگوهای تشعشعی آنتن مونوپل فراکتال مانند مرتبه اول در فرکانس‌های 3.6 و 6.5GHz در صفحات
۹۰	..... شکل ۳-۱۴ حداکثر بهره آنتن مونوپل فراکتال مانند مرتبه اول با ابعاد $L_2 = 4.5 \text{ mm}$, $L_1 = 3 \text{ mm}$, $W_1 = 3 \text{ mm}$, $r = 7 \text{ mm}$, $h = 2.7 \text{ mm}$, $L = 32 \text{ mm}$, $W = 30 \text{ mm}$, $W_2 = 4.5 \text{ mm}$
۹۱	..... شکل ۳-۱۵ تاخیر گروه آنتن فراکتال مانند با یک تکرار ابعاد
۹۳	..... شکل ۳-۱۶ تغییر افت منحنی برحسب h با ابعاد $W = 30 \text{ mm}$, $W_2 = 4.5 \text{ mm}$, $L_2 = 4.5 \text{ mm}$, $L_1 = 3 \text{ mm}$, $W_1 = 3 \text{ mm}$, $r = 7 \text{ mm}$, $L = 32 \text{ mm}$
۹۳	..... شکل ۳-۱۷ تغییر افت منحنی برحسب r در آنتنی با ابعاد $W = 30 \text{ mm}$, $W_2 = 4.5 \text{ mm}$, $L_2 = 4.5 \text{ mm}$, $L_1 = 3 \text{ mm}$, $W_1 = 3 \text{ mm}$, $h = 2.7 \text{ mm}$, $L = 32 \text{ mm}$
۹۴	..... شکل ۳-۱۸ تغییر افت منحنی برحسب W_2 و L_2 در آنتنی با ابعاد $L = 32 \text{ mm}$, $W = 30 \text{ mm}$, $L_1 = 3 \text{ mm}$, $W_1 = 3 \text{ mm}$, $r = 7 \text{ mm}$, $h = 2.7 \text{ mm}$

- شکل ۳-۱۹ تغییر افت منحنی برحسب تغییر W_1 و L_1 در آنتنی با ابعاد $W_2=4.5\text{mm}$ ، $L_2=4.5\text{mm}$ ، $W=30\text{mm}$ ،
 ۹۴ $r=7\text{mm}$ $h=2.7\text{mm}$ ، $L=32\text{mm}$
- شکل ۳-۲۰ ساختار آنتن مونوپل فراکتال مانند مرتبه اول حلقوی
 ۹۵
- شکل ۳-۲۱ مقایسه افت بازگشتی آنتن مونوپل فراکتال مانند مرتبه اول و آنتن مونوپل فراکتال مانند مرتبه اول حلقوی با
 ابعاد $W_1=3\text{mm}$ ، $L_1=3\text{mm}$ ، $L_2=4.5\text{mm}$ ، $W_2=4.5\text{mm}$ ، $W=30\text{mm}$ ، $L=32\text{mm}$ ، $h=2.7\text{mm}$ ، $r=7\text{mm}$
 ۹۶
- شکل ۳-۲۲ بررسی تغییر افت بازگشتی آنتن مونوپل فراکتال مانند مرتبه اول حلقوی با ابعاد $W_1=3\text{mm}$ ،
 $L_1=3\text{mm}$ ، $W_2=4.5\text{mm}$ ، $L_2=4.5\text{mm}$ ، $W=30\text{mm}$ ، $L=32\text{mm}$ ، $h=2.7\text{mm}$ ، $r=7\text{mm}$ برحسب تغییر شعاع دیسک درونی
 ۹۷
- شکل ۳-۲۳ ساختار هندسی آنتن فراکتال مانند مرتبه دوم
 ۹۸
- شکل ۳-۲۴ منحنی افت بازگشتی آنتن مونوپل فراکتال مانند مرتبه دوم با ابعاد $W=30\text{mm}$ ، $r=7\text{mm}$ ،
 $L=32\text{mm}$ ، $h=4.5\text{mm}$ ، $W_1=3\text{mm}$ ، $L_1=3\text{mm}$ ، $L_2=4\text{mm}$ ، $W_2=4\text{mm}$ ، $W_f=3\text{mm}$
 ۹۹
- شکل ۳-۲۵ پترن‌های تشعشی آنتن مونوپل فراکتال مانند مرتبه دوم در فرکانس‌های 3.2، 5.9 و 8GHz در صفحات الف)
 xy (ب) xz (ج) zy
 ۱۰۰
- شکل ۳-۲۶ تاخیر گروه آنتن مونوپل فراکتال مانند با دو تکرار با ابعاد $W=30\text{mm}$ ، $h=4.5\text{mm}$ ، $r=7\text{mm}$ ،
 $L=32\text{mm}$ ، $W_1=3\text{mm}$ ، $L_1=3\text{mm}$ ، $L_2=4\text{mm}$ ، $W_2=4\text{mm}$ ، $W_f=3\text{mm}$
 ۱۰۱
- شکل ۳-۲۷ منحنی افت بازگشتی آنتن مونوپل دایروی با ابعاد $W=42\text{mm}$ ، $L=50\text{mm}$ ، $r=10\text{mm}$ ، $h=0.3\text{mm}$ ،
 $W_f=2.6\text{mm}$ و $L_g=20\text{mm}$ و آنتن مونوپل فراکتال مانند مرتبه دوم با ابعاد $W=30\text{mm}$ ، $L=32\text{mm}$ ، $r=7\text{mm}$ ، $h=1\text{mm}$
 ۱۰۲
- شکل ۳-۲۸ مقایسه بهره آنتن مونوپل فراکتال مانند با دو تکرار و آنتن مونوپل دیسک دایروی با صفحه زمین اصلاح شده

 ۱۰۳
- شکل ۳-۲۹ آنتن مونوپل فشرده UWB
 ۱۰۴
- شکل ۳-۳۰ VSWR شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده در مرجع [۳۷]
 ۱۰۴
- شکل ۳-۳۱ VSWR آنتن مونوپل فراکتال مانند با دو تکرار و ابعاد $W=30\text{mm}$ ، $L=32\text{mm}$ ، $r=7\text{mm}$ ، $h=4.5\text{mm}$
 ۱۰۵
- شکل ۳-۳۲ آنتن فراکتال با پهنای باند بسیار بالا با تغذیه CPW
 ۱۰۶
- شکل ۳-۳۳ افت بازگشتی آنتن فراکتالی با تغذیه CPW
 ۱۰۶
- شکل ۳-۳۴ منحنی افت بازگشتی آنتن فراکتال مانند مرتبه دوم با زیرلایه Teflon و با ابعاد آنتن $W=30\text{mm}$ ،
 $L=32\text{mm}$ ، $W_f=3\text{mm}$ ، $L_g=10.5\text{mm}$ ، $W_2=4\text{mm}$ ، $L_2=4\text{mm}$ ، $L_1=3\text{mm}$ ، $W_1=3\text{mm}$
 ۱۰۷

شکل ۳-۳۵	منحنی افت بازگشتی آنتن فراکتال مانند مرتبه دوم بهینه‌سازی شده با ابعاد $W=23.2224\text{mm}$	۱۰۹
	$W_f=2.74985\text{mm}$ $L_g=6.81911\text{mm}$ $W_f=2.98801\text{mm}$ $h=4.44097\text{mm}$ $r=7.42106\text{mm}$ $L=29.8662\text{mm}$	
	$L_1=3\text{mm}$, $L_2=3.28349\text{mm}$, $W_2=3.28349\text{mm}$	
شکل ۳-۳۶	بهره آنتن فراکتال مانند مرتبه دوم بهینه‌سازی شده با ابعاد $W=23.2224\text{mm}$	۱۰۹
	$W_f=2.74985\text{mm}$, $L_1=3\text{mm}$, $L_g=6.81911\text{mm}$ $W_f=2.98801\text{mm}$ $h=4.44097\text{mm}$ $r=7.42106\text{mm}$	
	$L_2=3.28349\text{mm}$, $W_2=3.28349\text{mm}$	
شکل ۳-۳۷	پترن‌های تشعشعی آنتن با ابعاد بهینه در فرکانس‌های 3.8GHz, 5.8GHz و 9.2GHz در صفحات xy, xz و yz	۱۱۰
شکل ۳-۳۸	منحنی افت بازگشتی آنتن مونوپل فراکتال مانند مرتبه دوم بهینه شده با تغییر پارامتر h و ابعاد	۱۱۱
	$L_g=6.81911\text{mm}$, $W_f=2.74985\text{mm}$, $W_f=2.98801\text{mm}$ $r=7.42106\text{mm}$ $L=29.8662\text{mm}$ $W=23.2224\text{mm}$	
	$L_1=3\text{mm}$, $L_2=3.28349\text{mm}$, $W_2=3.28349\text{mm}$	
شکل ۳-۳۹	منحنی افت بازگشتی آنتن مونوپل فراکتال مانند مرتبه دوم بهینه شده با تغییر پارامتر r و ابعاد	۱۱۱
	$L_g=6.81911\text{mm}$, $W_f=2.98801\text{mm}$, $h=4.44097\text{mm}$, $L=29.8662\text{mm}$ $W=23.2224\text{mm}$	
شکل ۳-۴۰	منحنی افت بازگشتی آنتن مونوپل فراکتال مانند مرتبه دوم بهینه شده با تغییر پارامترهای L_2 و W_2 و ابعاد	۱۱۲
	$L_g=6.81911\text{mm}$, $W_f=2.98801\text{mm}$ $h=4.44097\text{mm}$ $r=7.42106\text{mm}$ $L=29.8662\text{mm}$ $W=23.2224\text{mm}$	
شکل ۳-۴۱	منحنی افت بازگشتی آنتن مونوپل فراکتال مانند مرتبه دوم بهینه شده با تغییر پارامترهای L_1 و W_1	۱۱۳
شکل ۳-۴۲	فرآیند تکراری طراحی فراکتال مبتنی بر DCT	۱۱۴
شکل ۳-۴۳	دیگرام شماتیک آنتن فراکتال پیشنهادی در مرجع [۵۰]	۱۱۴
شکل ۳-۴۴	مقایسه افت بازگشتی در طرح‌های مختلف	۱۱۵
شکل ۳-۴۵	آنتن پیشنهادی مرجع [۵۱]	۱۱۵
شکل ۳-۴۶	پیکربندی آنتن eye (الف) با صفحه زمین تخت (ب) با صفحه زمین شکل دار	۱۱۶
شکل ۳-۴۷	VSWR آنتن eye با صفحه زمین تخت	۱۱۶
شکل ۳-۴۸	VSWR آنتن eye با صفحه زمین شکل دار	۱۱۷
شکل ۳-۴۹	VSWR شبیه‌سازی شده آنتن فراکتال مانند مرتبه دوم با ابعاد $h=3\text{mm}$ $r=7\text{mm}$ $L=32\text{mm}$ $W=30\text{mm}$	۱۱۸
	$W_f=3\text{mm}$ $L_1=3\text{mm}$, $L_2=4\text{mm}$, $W_2=4\text{mm}$ $L_g=10.5\text{mm}$ $W_f=3\text{mm}$	
شکل ۳-۵۰	بهره فراکتال مانند با ابعاد $L_g=10.5\text{mm}$ $W_f=3\text{mm}$ $h=3\text{mm}$ $r=7\text{mm}$ $L=32\text{mm}$ $W=30\text{mm}$	۱۱۸
	$W_f=3\text{mm}$ $L_1=3\text{mm}$, $L_2=4\text{mm}$, $W_2=4\text{mm}$	

مقدمه

از زمانی که FCC پهنای باند 7.5GHz را به ارتباطات بی‌سیم بسیار پهن باند (UWB) اختصاص داده است، UWB به عنوان یک تکنولوژی بی‌سیم با نرخ داده بالا به سرعت در حال پیشرفت است. همانند سیستم‌های ارتباطی مرسوم آنتن نقش مهمی در سیستم‌های UWB ایفا می‌کند. چالش‌های بیشتری در طراحی آنتن با پهنای باند بالا نسبت به آنتن باند باریک وجود دارد. یک آنتن UWB مناسب باید باند فرکانسی موردنظر را پوشش دهد و در حین حال خصوصیات تشعشعی مناسبی در تمام باند داشته باشد.

در این پایان‌نامه بر روی آنتن UWB و کوچک سازی آن تمرکز می‌شود. تاکنون روش‌های کوچک‌سازی فراوانی معرفی شده است. یکی از چالش‌های اصلی در آنتن‌ها رابطه بین پهنای باند و کاهش اندازه فیزیکی است. برای مثال یکی از روش‌های فشرده‌سازی آنتن استفاده از زیرلایه با ثابت دی‌الکتریک بالا برای کاهش فرکانس رزونانس است، زیرا نفوذپذیری و فرکانس رزونانس ارتباط معکوس دارند. اما پهنای باند نیز نسبت معکوس با ضریب نفوذپذیری دارد. در نتیجه همراه با کاهش اندازه فیزیکی، پهنای باند نیز کاهش می‌یابد. بنابراین باید روش مناسبی برای فشرده‌سازی یافت. یکی از تکنیک‌هایی که اخیراً معرفی شده است، استفاده از ساختارهای فراکتالی می‌باشد. این ساختارها می‌توانند طول الکتریکی آنتن را افزایش دهند. اگرچه غالب فراکتال‌های معرفی شده باند باریک هستند. در این پایان‌نامه یک آنتن با ساختار فراکتالی جدید معرفی شده است. با استفاده از این فراکتال اندازه فیزیکی آنتن تقریباً ۵۰٪ کاهش یافته است. آنتن فراکتال مانند با دو تکرار بهینه‌سازی گردیده و آنتنی با ابعاد کوچک حاصل شده است. علاوه بر حصول اهداف اولیه، آنتن فراکتال مانند با دو تکرار و با VSWR پایین معرفی گردیده است.

فصل اول

بررسی منابع

مقدمه

در این فصل ابتدا در بخش ۱-۱ تاریخچه مختصری در مورد سیستم‌های با پهنای باند بسیار بالا (UWB) آورده می‌شود. استانداردها بخش مهمی از هر تکنولوژی را تشکیل می‌دهند. استانداردهای UWB در بخش ۲-۱ شرح داده خواهد شد. سیستم‌های UWB کاربردهای فراوانی دارند که در یک دسته بندی جامع در بخش ۴-۱ توضیح داده خواهد شد. تاکنون روش‌های مختلفی برای فشرده نمودن آنتن‌های مایکرواستریپ معرفی شده است که به شرح آن در بخش ۵-۱ پرداخته خواهد شد. همانند سیستم‌های باند باریک، آنتن یکی از اجزای کلیدی این سیستم می‌باشد. در بخش ۶-۱ انواع آنتن‌های UWB معرفی خواهد شد. علاوه بر آن روش‌های افزایش پهنای باند آنتن به اختصار در بخش ۷-۱ شرح داده خواهد شد. آنتن‌های مسطح UWB همانند آنتن‌های حجمی و بزرگ UWB پهنای باند و خصوصیات تشعشعی مطلوبی دارند. در بخش ۸-۱ آنتن‌های مونوپل مسطح چاپی با تشعشع کننده دایروی بررسی می‌شود.

۱-۱ تاریخچه UWB

ارتباطات^۱ UWB از سال ۲۰۰۰ بسیار مورد توجه قرار گرفته است. در مجلات عمومی ارتباطات با پهنای باند بسیار بالا چنین وصف شده است: "یکی از ده تکنولوژی که جهان شما را تغییر خواهد داد". در حال، نباید از این حقیقت غافل شد که UWB بیش از یک قرن قدمت دارد. درحقیقت، ارتباطات الکترومغناطیسی با UWB شروع شد. در اواخر دهه ۱۸۰۰، ساده‌ترین راه برای ایجاد یک سیگنال الکترومغناطیسی، تولید یک پالس کوتاه بود: ژنراتور شکاف-جرقه‌ای^۲ توسط Hertz در آزمایشات معروفش استفاده شد و توسط مارکونی برای اولین بار در ارتباطات الکترومغناطیسی بکار برده شد. بنابراین، اولین سیستم‌های UWB عملی در حقیقت قدمتی بیش از ۱۰۰ سال دارند. هم چنین، تحقیقات تئوری در مورد انتشار تشعشع UWB به یک قرن قبل برمی‌گردد. نظریه پرداز معروف سامرفلد، اولین کسی بود که یکی از مسائل پایه انتشار UWB یعنی پراش پالس کوتاه توسط یک نیم صفحه را تحلیل کرد [۱-۲].

بعد از سال ۱۹۱۰ توجه عمومی به سمت ارتباطات باند باریک سوق پیدا کرد. بخشی از دلیل آن ناشی از این حقیقت بود که بازده طیفی سیگنال‌های تولید شده توسط فرستنده‌های شکاف-جرقه‌ای بسیار پایین بود- در نتیجه سیگنال‌های تولیدی دارای نرخ داده پایینی بودند، اما پهنای باند زیادی را اشغال می‌کردند. به عبارت دیگر، این سیگنال‌ها فاکتور پراکندگی^۳ بالایی داشتند. در آن زمان، چگونگی بهره‌برداری از چنین پراکندگی سیگنالی ناشناخته بود؛ و به عنوان یک نقص در نظر گرفته می‌شد.

1- Ultra-WideBand

2- Spark-gap

3- Spreading factor

در طرف دیگر ارتباطات باند باریک، که مالتی پلکسینگ تقسیم فرکانسی را فراهم می‌کرد، روش ساده‌ای برای انتقال سیگنال‌های چندگانه در یک پهنای باند باریک را عرضه می‌کرد. بنابراین تحقیقات در مورد ارتباطات UWB با تاخیر مواجه شد.

در دهه ۱۹۶۰ در زمینه متفاوتی که رادار نظامی نامیده می‌شد، UWB دوباره زنده شد. در این سیستم بازده طیفی تامل اصلی نبود بلکه بهبود رزولوشن فضایی مد نظر بود. با اختراع اسیلوسکوپ نمونه‌برداری کننده، که آنالیز تجربی سیگنال‌های با استمرار کوتاه را در حوزه زمان فراهم می‌آورد، توجه افزون‌تری به این مسئله شد. جز کلیدی سیستم‌های رادار UWB طراحی ژنراتورهای پالس-کوتاه با توان بالا بود، که در بخش‌های نظامی USA و شوروی بررسی شد.

ارتباطات UWB در دهه ۱۹۷۰ مجدداً مورد توجه قرار گرفت. در این زمان، ارتباطات باند "پایه" یا ارتباطات "بدون حامل" نامیده می‌شد. حدود سال ۱۹۷۳، تشخیص داده شد پالس‌های کوتاه، که روی طیف فرکانسی بزرگی گسترده می‌شوند، توسط تداخل‌کننده‌های باند باریک موجود چندان تحت تاثیر قرار نمی‌گیرند و با آنها تداخل نیز ندارند. در دهه ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ ارتباطات UWB بیشتر در بخش نظامی بررسی شد، در این سیستم‌ها بازده طیفی اهمیت کمتری داشت. با پیشرفت‌های طراحی تجهیزات الکترونیکی ترکیب شده کمپانی‌های بی‌سیم تجاری به UWB علاقه‌مند شدند.

یکی از موانع استفاده تجاری از UWB قانون‌گذاری‌های فرکانسی بود. قانون‌گذاران فرکانسی در همه جهان باندهای فرکانسی باریک را به سرویس‌های ویژه یا اپراتورها اختصاص داده‌اند. سیستم‌های UWB به تخصیص‌های فرکانسی، به علت تشعشع در محدوده فرکانسی بزرگ، که شامل باندهایی است که هم اکنون به سایر سرویس‌ها اختصاص داده شده است، تجاوز می‌کنند. استدلال کننده‌های UWB تلاش

کردند تا قانون‌گذاران ایالات متحده یعنی FCC^۱ را متقاعد کنند، که تشعشع UWB تداخلی با سایر سرویس‌ها نخواهد داشت. بعد از مجادله فراوان، FCC قوانینی را در ۲۰۰۲ صادر کرد که تشعشعات UWB در محدوده فرکانسی 3.1 تا 10.6GHz را عرضه می‌کرد که شامل محدودیت‌هایی برای طیف توان انتشاری بود.

با قانون‌گذاری FCC طوفانی در فعالیتهای تجاری UWB ایجاد شد. در طول دو سال، بیش از ۲۰۰ کمپانی بر روی این موضوع کار کردند. IEEE^۲ گروه کاری (IEEE 802.15.3a) با وظیفه استانداردسازی لایه فیزیکی ارتباطات بی‌سیم پرسرعت مبتنی بر UWB را برپا کرد. کاربردهای با نرخ داده بالا هدف اولیه بزرگی است، به علت اینکه قابلیت تجاری شدن بالایی دارد. درحالی که این پروسه در IEEE درحال رشد بود، با دو پیمان صنعتی (Multiband-OFDM Alliance/WiMedia و UWB Forum) ترقی کرد. این دو پیمان از تکنولوژی‌های نسبتاً بالغ‌تر که OFDM^۳ و DS-CDMA^۴ نامیده می‌شدند، بهره می‌بردند. برای اهداف نسبتاً متفاوت از کاربردهای با نرخ داده بالا، نیز گروه استانداردسازی متفاوتی مسئول گسترش مشخصات متداول برای هر وسیله گردید، که گروه IEEE 802.15.4a نامیده شد.

جالب است بدانیم که تحقیقات بر روی آنتن‌ها و انتشار UWB سال‌ها باز بوده است. آنتن‌های UWB بیش از ۱۰۰ سال قدمت دارند. بعضی از اولین آنتن‌ها، آنتن‌های biconical و دیپل‌های کروی بودند که خصوصیات پهن‌بند بسیار خوبی دارند. آنها در دهه ۱۹۳۰ توسط Carter کشف شدند و انتقالات پهن‌بند از تغذیه به المان‌ها نیز بدان افزود شد. قابل توجه است که تحقیقات بروی آنتن UWB هیچگاه رکود

1- Federal Communication Commission

2- Institute of Electric and Electronics Engineers

3- Orthogonal frequency division multiplexing

4- Direct-sequence code division multiple access

ارتباطات UWB را تجربه نکرده است. همانطور که ارتباطات UWB تبدیل به یک گزینه تجاری در دهه ۱۹۹۰ می‌گردید، توسعه آنتن‌های کوچکتر بسیار مورد توجه قرار گرفت. آنتن‌های اسلات و آنتن‌های چاپی استفاده ویژه‌ای در این مبحث داشت.

تحقیقات بر روی انتشار UWB دارای تحولات تاریخی بیشتری است. بررسی‌های تئوری بسیاری بر روی برهم‌کنش پالس‌های کوتاه با اشیاء مختلف انجام گرفته است. مطالعات انتشار عملی محدود به اندازه‌گیری‌های رادار شده بود. توسعه مدل‌های کانال UWB آماری، که برای توسعه سیستم‌های UWB نیاز است، اخیراً آغاز شده است. گروه IEEE 802.15.3a یک مدل کانال برای محیط‌های اداری و مسکونی در محدود 3-10GHz معرفی کرده است، که مبتنی بر اندازه‌گیری است. این مدل در صنعت و دانشگاه بین سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۵ به صورت وسیعی مورد استفاده قرار گرفته است. اندازه‌گیری‌های بیشتری پس از ۲۰۰۳ انجام شد، و مدل دیگری استاندارد شد، مدل IEEE 802.15.4a که در سال ۲۰۰۵ انتشار یافت؛ این مدل محیط‌های مختلفی را در بر می‌گرفت و تاثیرات انتشار بیشتری را در نظر می‌گرفت.

۱-۲ استانداردها

هر تکنولوژی ویژگی‌ها و اضطراهای مبتنی بر فیزیک آن و علاوه بر آن آیین‌نامه‌ها خود را دارد. قانون‌گذاران روش عملکرد تکنولوژی‌ها را تعیین می‌کنند به گونه‌ای که بتوانند هماهنگ و ایمن با هم کار کنند. از آنجایی که سیستم‌های UWB در طیف فرکانسی فوق‌العاده بالایی کار می‌کنند با سیستم‌های

بی سیم موجود مانند سیستم مکانی یابی عمومی^۱ (GPS) و IEEE 802.11 WLAN هم پوشانی دارند، بسیار طبیعی است که قوانین مبحث بسیار مهمی است.

۱-۲-۱ قوانین FCC در ایالات متحده

پس از چندین سال بحث، FCC اولین گزارش خود را عرضه و عملکرد بخش ۱۵ تجهیزات UWB را ۱۴ فوریه ۲۰۰۲ اتخاذ کرد. FCC هرگونه تمهیدی که پهنای باند کسری بزرگتر یا برابر ۰/۲ یا پهنای باند مطلق برابر یا بزرگتر از 500 MHz دارد [۳]، به عنوان سیستم UWB معرفی می کند. پهنای باند UWB در باند فرکانسی بین فرکانسهای زیر 10dB- محدود می شود. حد بالایی و حد پایینی f_L و f_H هستند. پهنای باند کسری (FBW) از معادله (۱) به صورت زیر بدست می آید.

$$FBW = 2 \frac{f_H - f_L}{f_H + f_L}$$

سیستم های UWB سطح توان انتقالی پایینی دارند، اما نگرانی هایی در مورد تداخل بالقوه ای که ممکن است با سایر سیستم های بی سیم داشته باشند، وجود دارد. برای اجتناب از تداخل مضر، FCC در وسایل UWB سطح تشعشعی را معین کرده است که حداکثر توان تشعشع شده برای وسایل UWB را تعریف می کند.

در اولین گزارش FCC، وسایل UWB به صورت سیستم های عکس برداری^۱، سیستم های رادار وسایل نقلیه^۲، سیستم های خانگی^۳ و سیستم های hand-held تعریف شده است. دو مورد آخر در کاربردهای

1- Global Positioning System

تجاری UWB مورد توجه هستند. سیستم UWB باند فرکانسی 3.1GHz تا 10.6GHz را در بر می گیرد و چگالی طیفی توان تشعشع شده^۴ (PSD) باید با سطح تشعشع جدول (۱-۱) و شکل ۱-۱ تطابق داشته دارد.

تجهیزات UWB hand-held از زیرسازهای ثابتی استفاده نمی کنند. آنها باید تنها هنگامی که اطلاعات را به گیرنده مربوطه می فرستند، انتقال دهند. آنتن‌ها باید روی خود وسیله نصب شوند و قرار دادن آن در خارج ساختار مجاز نمی باشد. تجهیزات UWB hand-held ممکن است در داخل ساختمان یا محیط بیرونی عمل کنند. سطح تشعشع outdoor همانند سطح تشعشع indoor در باند UWB از 3.1GHz تا 10.6GHz دارای سطح -41.3dBm/MHz است و در خارج این باند 10dB کمتر است تا حفاظت بیشتری برای سایر سرویس‌های بی سیم فراهم کنند.

همانند سایر فرستنده‌های رادیویی، تداخل بالقوه به مسائل زیادی وابسته است، مانند زمان و مکانی که وسیله استفاده می شود، سطح توان انتقالی، دفعات عملکرد وسیله، فرکانس تکرار پالس، جهت سیگنال انتقال داده شده و غیره. اگرچه FCC به تجهیزات UWB اجازه داده است تا زیر سطوح تشعشعی عمل کند، بررسی تداخل UWB با سایر سیستم‌های بی سیم هم چنان ادامه دارد.

۱-۲-۲ آیین‌نامه‌های جهانی

در اروپا، کمیته ارتباطات الکترونیکی^۱ (ECC) کنفرانس مخابرات و پست‌های اروپایی^۲ (CEPT) پیش‌نویس گزارشی درباره نیازهای حفاظتی سیستم‌های ارتباطی رادیویی از کاربردهای UWB را تکمیل

1- Imaging systems
2- Vehicular radar systems
3- Indoor systems
4- Power Spectral Density