





طراحی، شبیه سازی و ساخت آنتن مایکرواستریپ با
عملکرد فیلترینگی در باند **WLAN**

محمد فتحی

دانشکده فنی

گروه برق

۱۳۹۱

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

استاد راهنما: دکتر محمدنقی آذرمنش

تقدیم به

همه‌ی اونایی که

دوستم دارند.

چکیده

در سال ۲۰۰۲ رنج فرکانسی ۳/۱ تا ۱۰/۶ گیگاهرتز توسط FCC به سیستم‌های UWB اختصاص یافت. در ارتباطات باند وسیع، آنتن‌ها دارای سایز کوچک، سرعت انتقال دیتای بالا، پهنای باند وسیع، توان مصرفی کم و پترن تشعشی همه‌جهته (جهت‌دهی کم)، تاخیر گروهی ناچیز، بهره پایدار و پاسخ فاز خطی هستند که در رادار، ردیابی، شبکه‌های سنسور و دستگاه‌های تشخیص سرطان سینه کاربرد دارد. در میان آنتن‌های مسطح باند گسترده و چندباند آنتن‌های تک قطبی به دلیل انعطاف‌پذیری بالای طراحی کاندید بسیار مناسبی برای سیستم‌های بی‌سیم محسوب می‌شوند. با استفاده از آنتن‌های تک‌قطبی می‌توان به دلخواه به پهنای باند گسترده و یا دو یا چند باند دست یافت. در عین حال پترن تشعشی آنها مطلوب بوده و سبک، ارزان و به راحتی قابل ساخت می‌باشند. تا به امروز انواع مختلفی از آنتن‌های تک‌قطبی در فرم ساده و ترکیبی ارائه و طراحی شده و مطالعات بیشتر در این زمینه ادامه دارد.

در این پایان‌نامه پس از بررسی و مطالعه روش‌های گذشته برای بهبود عملکرد آنتن‌های تک‌قطبی، ابتدا آنتن جدید تک قطبی ساده با پیچ بیضوی ارائه شده و به نحوی بهینه‌سازی شده‌است که بتواند باند فرکانسی UWB را پوشش دهد. در این ساختار با ایجاد تغذیه trident-shape می‌توان پهنای باند آنتن را افزایش داد. در ادامه برای حذف باند متداخل از باند فرکانسی اصلی، دو شکاف بیضوی شکل با زاویه متغییر در ساختار آنتن ایجاد شده‌است. آنتن پیشنهادی روی زیرلایه FR۴ با ابعاد $1 \text{ mm} \times 21 \text{ mm} \times 20$ قرار گرفته و به نحوی بهینه‌سازی شده که بتواند پهنای باند از ۲/۸ تا ۱۵.۵ گیگاهرتز را پوشش داده و باند متداخل از ۵/۱ تا ۵/۸ گیگاهرتز را حذف کند.

فهرست مطالب

فصل اول : مروری مختصر بر مخابرات بی سیم و پروتکل های آن.....	۱
۱-۱ مقدمه.....	۲
۲-۱ انواع شبکه های بی سیم و تکنولوژی استفاده شده در این شبکه ها [۲].....	۲
۱-۲-۱ معرفی تکنولوژی UWB.....	۴
۲-۲-۱ معرفی WLAN [۴].....	۸
۳-۲-۱ معرفی WiMAX.....	۹
فصل دوم : تئوری آنتن های فرا پهن باند.....	۱۲
۱-۲ مقدمه.....	۱۳
۲-۲ آنتن های میکرواستریپ.....	۱۵
۱-۲-۲ آنتن های دوقطبی میکرواستریپ.....	۱۷
۲-۲-۲ آنتن های شکافدار میکرواستریپ.....	۱۷
۳-۲-۲ آنتن های موج رونده.....	۲۱
فصل سوم: تکنیک های طراحی آنتن های فرا پهن باند.....	۲۳
۱-۳ مقدمه.....	۲۴
۲-۳ استفاده از دو یا سه تغذیه در ساختار تغذیه.....	۲۴
۳-۳ استفاده از ساختار تیبری و پلکانی در پیچ یا زمین.....	۲۸
۴-۳ استفاده از ساختار یکسان در پیچ و شکاف.....	۳۲
۶-۳ استفاده از المان های پارازیتیک.....	۳۳
۷-۳ استفاده از ساختارهای تکرار شونده (فراکتالی).....	۳۵
۸-۳ استفاده از تغذیه غیرمتقارن.....	۳۶
فصل چهارم: ایجاد عملکرد فیلترینگی در آنتن های میکرواستریپ.....	۴۰
۱-۴ مقدمه.....	۴۱
۲-۴ انواع آنتن های تک قطبی چاپی با یک باند فرکانسی فیلتر شده.....	۴۳

۴۳	..... استفاده از المان پارازیتمیک.....
۴۷	..... استفاده از شکاف‌های ربع و یا نیم طول موج.....
۴۹	..... استفاده از شکاف و پیچ با اشکال مشابه.....
۵۲	..... استفاده از رزوناتورهای حلقه-باز و حلقه-بسته.....
۵۴	..... استفاده از زمین.....
۵۵	..... فصل پنجم: معرفی آنتن پیشنهادی.....
۵۶	..... ۱-۵ مقدمه.....
۵۶	..... ۲-۵ ساختار آنتن پیشنهادی.....
۵۸	..... ۱-۲-۵: بررسی پیچ تشعشعی.....
۶۱	..... ۲-۲-۵ بررسی زمین آنتن.....
۶۳	..... ۳-۵ ساخت و تست آنتن.....
۶۹	..... ۴-۵ پیشنهادات.....
۷۳	..... Abstract.....
۷۰	..... References.....

فهرست اشکال

۴	..... شکل ۱-۱ دسته بندی فناوریهای یسیم.....
۶	..... شکل ۲-۱ نمایش پدیده چند مسیره.....
۷	..... شکل ۳-۱ عدم تطابق فاز دو سیگنال ناشی از مسیرهای مختلف.....
۷	..... شکل ۴-۱ اثر محو شدگی بر روی سیگنال کاربر ناشی از چندمسیرگی.....
۸	..... شکل ۵-۱ توپولوژی نقطه به نقطه.....
	..... شکل ۱-۲ تغذیه در آنتنهای میکرواستریپ (a) با کابل هم محور (b) با خط میکرواستریپ (c) تغذیه مجاورتی (d) تغذیه
۱۷	..... دریچه‌های.....
۱۸	..... شکل ۲-۲ الف) آنتن دوقطبی مکمل شکافدار (ب) آنتن شکافدار بریده شده بر روی صفحه فلزی.....

- شکل ۲-۳ تغذیه شکافدار به وسیله کابل کوآکسیال (الف) شکاف با تغذیه از مرکز (ب) شکاف با تغذیه خارج از مرکز (ج) تغذیه شکاف خارج از مرکز برای ایجاد پلاریزاسیون عمودی (د) تغذیه شکاف خارج از مرکز برای ایجاد پلاریزاسیون افقی..... ۱۹
- شکل ۲-۴ (الف) قراردادن یک محفظه در پشت شکاف (ب) اندازه مناسب برای عمق محفظه..... ۲۰
- شکل ۲-۵ شکاف تغذیه شده به وسیله موجبر که مد را تحریک میکند..... ۲۰
- شکل ۲-۶ پرتو تشعشعی از یک روزنه دایروی، نمودار سه بعدی و نمودار دو بعدی..... ۲۱
- شکل ۲-۷ ساختار آنتن سیمی دراز به عنوان یک نمونه از آنتنهای موج رونده..... ۲۲
- شکل ۳-۱ (a) آنتن میکرواستریپ با تغذیه چنگالی (b) آنتن با تغذیه ساده..... ۲۴
- شکل ۳-۲ نمودار اسمیت آنتنهای معرفی شده در جدول ۳-۱ به ترتیب شماره..... ۲۵
- شکل ۳-۳ توزیع جریان در پیچ تشعشعی در ساختار تغذیه (a) ساده یا تکی (b) دو گانه (c) سه گانه (d) سه گانه با برش کنارهای پائین..... ۲۶
- شکل ۳-۴ افت برگشتی آنتن شکل ۳-۳..... ۲۷
- شکل ۳-۵ پترن تشعشعی آنتن شکل ۳-۳ خطوط ممتد پترن صفحه H و خطوط منفصل پترن صفحه E (الف) ۳ (ب) ۶/۵ گیگاهرتز..... ۲۷
- شکل ۳-۶ برشهای متوالی جهت تطبیق بیشتر پهنای باند..... ۲۸
- شکل ۳-۷ جریانهای جاری بر پیچ در حالتی بدون برش و با برش..... ۲۸
- شکل ۳-۸ آنتن مرجع [۱۴] به همراه افت برگشتی..... ۲۹
- شکل ۳-۹ مراحل تشکیل پیچ تشعشعی و پاسخ برگشتی..... ۳۰
- شکل ۳-۱۰ (الف) تغییرات در ساختار زمین (ب) منحنیهای افت برگشتی..... ۳۰
- شکل ۳-۱۱ آنتن مرجع [۱۵] با زمین تپیری و پیچ بیضوی..... ۳۱
- شکل ۳-۱۲ (الف) افت برگشتی (ب) بهره آنتن..... ۳۱
- شکل ۳-۱۳ (الف) آنتن مرجع [۱۶] (ب) افت برگشتی..... ۳۲
- شکل ۳-۱۴ (الف) آنتن مرجع [۱۷] (ب) افت برگشتی (ج) پترن تشعشعی در فرکانس ۳ گیگاهرتز (b)H-Plane (a)..... ۳۳
- شکل ۳-۱۵ استفاده از via جهت افزایش پهنای باند و نیز عملکرد فیلترینگی..... ۳۴
- شکل ۳-۱۶ جریان سطحی آنتن در فرکانس (الف) ۷ گیگاهرتز (ب) ۱۱ گیگاهرتز (ج) VSWR به ازای مقادیر مختلف Wg..... ۳۵
- شکل ۳-۱۷ آنتنهای فراکانالی (الف) آنتن مرجع [۲۰] (ب) آنتن مرجع [۲۱] (ج) آنتن مرجع [۲۲]..... ۳۶
- شکل ۳-۱۸ (الف) تصویر آنتن مرجع [۲۳] (ب) پاسخ فرکانسی..... ۳۷
- شکل ۳-۱۹ آنتن مرجع [۲۴] نمای کناری، نمای پشتی، نمای جلویی..... ۳۷
- شکل ۳-۲۰ جریان سطحی در آنتن مرجع [۲۴]..... ۳۸

- شکل ۴-۱ ساختار کلی آنتن پهن باند فیلترینگی دو بانده برای حالات الف) آنتن پهن باند متصل به مدولهای فیلترینگی، ب) آنتن پهن باندی که بخشهای فیلترینگی را در داخل ساختار خود دارد..... ۴۲
- شکل ۴-۲ VSWR آنتن به ازای مقادیر مختلف g ۴۴
- شکل ۴-۳ VSWR آنتن به ازای مقادیر مختلف L_h ۴۵
- شکل ۴-۴ جریان سطحی آنتن در فرکانسهای ۸GHz (c) ۵GHz (b) ۴GHz (a)..... ۴۵
- شکل ۴-۵ آنتن پیشنهادی UWB (الف) بدون ساختار فیلتر، (ب) به همراه ساختار فیلتر..... ۴۶
- شکل ۴-۶ نمودار تلفات بازگشتی برای آنتن پیشنهادی UWB با و بدون المان پارازیتیک..... ۴۶
- شکل ۴-۷ نمودار تلفات بازگشتی برای آنتن پیشنهادی UWB برای مقادیر مختلف زاویه M ۴۷
- شکل ۴-۸ آنتن با عملکرد فیلترینگی در باند WLAN..... ۴۸
- شکل ۴-۹ پاسخ فرکانسی آنتن به ازای (الف) تغییر عرض شکاف (ب) تغییر طول شکاف..... ۴۸
- شکل ۴-۱۰ (الف) آنتن مرجع [۲۹] (ب) پاسخ فرکانسی آن..... ۴۹
- شکل ۴-۱۱ آنتن برای عملکرد فیلترینگی سه بانده..... ۴۹
- شکل ۴-۱۲ نمودار VSWR آنتن شکل ۴-۱۱..... ۵۰
- شکل ۴-۱۳ ساختار آنتن تکقطبی حلقوی با شکاف حلقوی..... ۵۱
- شکل ۴-۱۴ تغییرات نمودار VSWR آنتن شکل ۳-۱ با زاویه بازشدگی α ($s = 5/2$ mm)..... ۵۱
- شکل ۴-۱۵ تغییرات نمودار VSWR آنتن شکل ۴-۱۳ با عرض شکاف حلقوی ($\alpha = 205$ deg)..... ۵۲
- شکل ۴-۱۶ (a) هندسه آنتن پیشنهادی برای فیلتر کردن باند WLAN (b) ساختار رزنا تور..... ۵۲
- شکل ۴-۱۷ استفاده از via جهت اتصال رزنا تورها به پیچ..... ۵۳
- شکل ۴-۱۸ جریانهای جاری در آنتن در فرکانسهای (a) ۳/۶ (b) ۵/۵ گیگاهرتز..... ۵۳
- شکل ۴-۱۹ نسبت موج ساکن در آنتن شکل ۴-۱۷..... ۵۳
- شکل ۴-۲۰ ساختار آنتن پیشنهادی مرجع [۳۴]..... ۵۴
- شکل ۴-۲۱ (a) افت برگشتی (b) بهره آنتن..... ۵۴
- شکل ۵-۱ ساختار طراحی شده در این پایاننامه..... ۵۷
- شکل ۵-۲ نسبت موج ساکن در آنتن..... ۵۷
- شکل ۵-۳ ساختار پیچ به همراه ابعاد..... ۵۸
- شکل ۵-۴ نسبت موج ساکن در آنتن با دو ساختار تغذیه..... ۵۹
- شکل ۵-۵ جریانهای جاری بر سطح پیچ در فرکانسهای (الف) و (ب) ۴ گیگاهرتز (ج) و (د) ۸ گیگاهرتز..... ۵۹
- شکل ۵-۶ جریانهای جاری بر سطح پیچ در فرکانسهای (الف) ۳/۵ (ب) ۵/۵ (ج) ۹/۵ گیگاهرتز..... ۶۱
- شکل ۵-۷ آنتن با زمین ساده..... ۶۲
- شکل ۵-۸ بررسی افزایش طول زمین بر رفتار امپدانس آنتن..... ۶۲

- شکل ۹-۵ ساختار نهایی زمین-قسمتهای رنگی از زمین برش داده شده‌اند..... ۶۳
- شکل ۱۰-۵ (الف) افت برگشتی محاسبه شده توسط تحلیلگر شبکه (ب) مقایسه منحنیهای شبیهسازی شده و اندازهگیری شده ۶۳
- شکل ۱۱-۵ پترن صفحه H در فرکانس (الف) ۵ گیگاهرتز (ب) ۸ گیگاهرتز ۶۴
- شکل ۱۲-۵ پلاریزاسیون آنتن در جهات X و Y ۶۴
- شکل ۱۳-۵ تاخیر گروه آنتن پیشنهادی ۶۵
- شکل ۱۴-۵ بهره اندازهگیری و شبیهسازی شده آنتن ۶۶
- شکل ۱۵-۵ مدار معادل آنتن میکرواستریپی با عملکرد فیلترینگی ۶۶
- شکل ۱۶-۵ ساختار اولیه آنتن و چارت اسمیت آنتن ۶۷
- شکل ۱۷-۵ آنتن با تغذیه سه شاخکی و چارت اسمیت آنتن ۶۷
- شکل ۱۸-۵ ساختار آنتن با شکاف مستطیلی در زمین و چارت اسمیت آنتن ۶۸
- شکل ۱۹-۵ نحوه قرار گرفتن پروبهای مجازی جهت مانیتورینگ سیگنالهای ساعه از آنتن ۶۸
- شکل ۲۰-۵ سیگنال پروب های مجازی اطراف آنتن با زوایای صفر، ۴۵ و ۶۰ ۶۹

فهرست جداول

- جدول ۱-۱ محدودیت توان انتشاری در بازه‌های مختلف توسط FCC ۴
- جدول ۲-۱ مقایسه سرعت و ظرفیت کانال در سیستم های بی سیم داخلی ۸
- جدول ۱-۲ مشخصات آنتن های UWB ۱۴
- جدول ۱-۳ مقایسه طول چنگال های تغذیه آنتن های پیشنهادی به همراه پهنای باند ۲۵

فصل اول

مروری مختصر بر مخابرات بی سیم و پروتکل های آن

۱-۱ مقدمه

دنیای امروز شاهد تکامل گسترده در ارتباطات می باشد. نیاز به ارتباطات از راه دور نیازی غیر قابل انکار در تمامی جوامع بشری بوده به طوریکه امروزه در هر کشوری اهمیت استراتژیک ارتباط از راه دور در کاهش انکار ناپذیر هزینه هایی از قبیل حمل و نقل، سیستم های ارتباطی پولی و بانکی، پست و ...، که مردم در زندگی روزمره با آن ها دست و پنجه نرم می کنند، بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. با گسترش فناوری های مخابراتی و پیشرفت های حاصل در طراحی ادوات مخابراتی راه برای زندگی بهتر و با کیفیت بالاتر فراخ تر شده است. تامین امنیت ملی و پاسداری از کشور در برابر تهاجم های خارجی و جلوگیری از ماجراجویی های متخاصمان در سایه بهره برداری از تکنولوژی های پیشرفته مخابراتی نظیر سیستم های ردیابی بر پایه رادار و سیستم های موشکی هدایت شونده از راه دور قابل دستیابی می باشد.

یکی از عناصر پایه ای در هر سیستم فرستنده و گیرنده آنتن می باشد. شاید بتوان اولین نمونه انتشار بی سیم امواج الکترومغناطیسی به وسیله آنتن را در کار گیگلیلمو مارکنی^۱ ایتالیایی در سال ۱۸۹۵ جستجو کرد. وی با این روش موفق به انتشار امواج رادیویی به فاصله ۱ مایل شد. سپس وی موفق شد با استفاده از منعکس کننده های سهموی این فاصله انتقال را به ۴ مایل افزایش دهد [۱].

امروزه نیاز به آنتن های فشرده و با پهنای باند بالا بیش از گذشته در حال افزایش است. علت این امر را می توان در افزایش تقاضا برای ادوات مخابراتی قابل حمل نظیر تلفن همراه، لپ تاپ، سیستم های RFID و ... دنبال کرد. امروزه طراحی آنتن های فشرده و کارآمد برای کاربردهای این چنینی یکی از حوزه های فعال در دامنه فعالیت های مهندسان طراح آنتن می باشد. آنتن های میکرواستریپ در ابتدا پاسخگوی این امر بوده اند. خانواده این آنتن ها به دلیل ساختار فشرده و قابل نصب در بسیاری از سیستم های فشرده مخابراتی علاقمندی های زیادی را به سوی خود منعطف کرده اند.

۱-۲ انواع شبکه های بی سیم و تکنولوژی استفاده شده در این شبکه ها [۲]

فناوری بی سیم بر اساس حوزه و نوع کاربرد آن به فناوری های تخصصی تر تقسیم می گردد، که هر یک مشخصات و ویژگی های منحصر به فردی دارند و دارای استانداردهای جهانی و تحت نظارت سازمان های معتبر استاندارد سازی فناوری ها نظیر

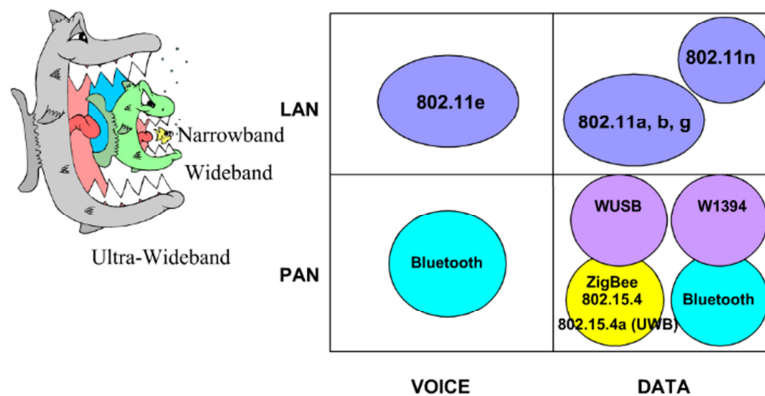
^۱ Guglielmo Marconi

IEEE و ITU می‌باشند و هرکدام نیاز یکی از شبکه‌های بی‌سیم موجود را برآورده می‌سازند. این شبکه‌ها به ترتیب زیر هستند.

۱. **WLAN^۲** : شبکه‌های فوق، امکان دستیابی کاربران ساکن در یک منطقه محدود نظیر محوطه یک دانشگاه و یا کتابخانه را به شبکه و یا اینترنت، فراهم می‌نماید.
۲. **WPAN^۳** : در شبکه‌های فوق، امکان ارتباط بین دستگاه‌های شخصی، نظیر لپ‌تاپ در یک ناحیه محدود، حدود ۹۱۴ سانتی‌متر فراهم می‌گردد.
۳. **WMAN^۴** : در شبکه‌های فوق، امکان ارتباط بین چندین شبکه موجود در یک شهر بزرگ فراهم می‌گردد. از شبکه‌های فوق، اغلب به عنوان شبکه‌های پشتیبان کابلی (مس، فیبر نوری) استفاده می‌گردد.
۴. **WWAN^۵** : در شبکه‌های فوق، امکان ارتباط بین شهرها و یا حتی کشورها و از طریق سیستم‌های ماهواره‌ای متفاوت، فراهم می‌گردد. شبکه‌های فوق به سیستم‌های **G^۲** (نسل دوم) معروف شده‌اند.

در بالا ذکر شد که هر یک از شبکه‌های بی‌سیم مذکور نیاز به تکنولوژی‌ها و استانداردهای متفاوتی دارند که زیرمجموعه فناوری بی‌سیم بوده و به ترتیب در شکل ۱-۱ دسته‌بندی شده‌اند.

General Positioning Wireless LAN/PAN



Wireless local area network ^۲

Wireless Personal Area Networks ^۳

Wireless Metropolitan Area Networks ^۴

Wireless Wide Area Networks ^۵

شکل ۱-۱ دسته‌بندی فناوری‌های بی‌سیم

۱-۲-۱ معرفی تکنولوژی UWB

تکنولوژی UWB بعنوان یک تکنولوژی بی‌سیم نو ظهور، برای کاربرد در مخابرات کوتاه-برد^۶، انتقال سریع‌تر داده در وسایل قابل حمل و سیستم‌های راداری توسط کمیته مخابرات فدرال^۷ آمریکا در سال ۲۰۰۲ تصویب شد [۳]. پهنای باند تخصیص داده شده ۱۵۰۰ برابر پهنای باند UMTS^۸ بوده و این پهنای باند گسترده، UWB را قادر به ارسال داده با سرعت‌هایی در مقیاس Mbps می‌سازد.

پهنای باند UWB برابر ۷/۵ GHz بوده که با توان بسیار پایینی ($-101/3 \text{ dBm/Hz} = -41/3 \text{ dbm/MHz}$) در بازه فرکانسی ۳/۱ تا ۱۰/۶ گیگاهرتز اجازه انتشار دارد. بعلت چگالی انرژی سیگنال‌های UWB به سیگنال‌های شبه-نویز^۹ معروف هستند. اگرچه این امر آشکارسازی این سیگنال‌ها را تا حدودی دشوار ساخته است، ولی انتقال داده توسط سیستم‌های UWB تداخل زیادی با دیگر سیستم‌های رادیویی (بعلت پایین بودن چگالی طیفی توان UWB در مقایسه با سیستم‌های باند باریک) ندارد. جدول ۱-۱ محدودیت توان انتشاری بازه‌های مختلف انتشاری توسط FCC را نشان می‌دهد.

جدول ۱-۱ محدودیت توان انتشاری در بازه‌های مختلف توسط FCC

Frequency in MHz	Indoor	Outdoor
	EIRP in dBm	EIRP in dBm
۹۶۰ - ۱۶۱۰	-۷۵/۳	-۷۵/۳
۱۶۱۰ - ۱۹۹۰	-۵۳/۳	-۶۳/۳
۱۹۹۰ - ۳۱۰۰	-۵۱/۳	-۶۱/۳
۳۱۰۰ - ۱۰۶۰۰	-۴۱/۳	-۴۱/۳
۱۰۶۰۰ - ...	-۵۱/۳	-۶۱/۳

^۶ Short-range communication

^۷ Federal Communication Commission

^۸ Universal mobile telecommunication system

^۹ Noise like

از جمله مزایای سیستم‌های UWB می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

☞ پیچیدگی و هزینه کمتر در مقایسه با دیگر تکنولوژی‌ها

برخلاف سیستم‌های رادیویی مرسوم، بعلاوه آنکه فرستنده UWB از قطار پالس با دوره‌های اندک استفاده می‌کند، این مسئله باعث بی‌نیازی از ظرف‌های مخلوط‌سازی^{۱۰} معمول (که برای سیستم‌های RF استفاده می‌شود) می‌گردد. در واقع این ظرف-های مخلوط‌سازی فرکانس باند پایه را به فرکانس سیگنال حامل تزریق کرده یا سیگنال را به فرکانسی که قابلیت انتشار مطلوب را داشته باشد تبدیل می‌کنند (که بر اساس تعداد طبقات مخلوط‌سازی به سیستم‌های هتروداین یا سوپرهتروداین معروف هستند). طبیعت فرایهن باند سیگنال‌های UWB بدان معنی است که فرکانس‌های معمول بعنوان فرکانس‌های حامل بکار برده می‌شوند. بنابراین سیگنال بدون نیاز به تغییر یا تقویت انتشار می‌یابد. به همین ترتیب گیرنده‌های UWB نیز نیازی به تغییر یا تبدیل سیگنال ندارند به عبارتی در گیرنده نیازی به نوسان ساز محلی^{۱۱} و حلقه‌های دنبال کننده^{۱۲} فاز نداریم.

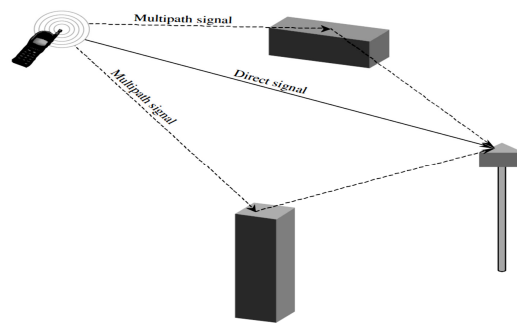
☞ پنهان در نویز شدن که امکان جیمینگ^{۱۳} (تداخل) را بسیار کم می‌کند.

بخاطر چگالی کم انرژی، سیگنال‌های UWB مثل نویز می‌باشند. بنابراین برای دستگاه‌های برنامه‌ریزی نشده، غیرقابل شناسایی است، از طرفی سیگنال‌های شبه نویز اندازه ویژه و خاصی دارا هستند. در واقع سیگنال‌های نویز شکل خاصی ندارند. برای مثال توان یک وات که در بازه طیف فرکانسی یک گیگا هرتز انتشار می‌یابد، تنها به مصرف یک نانو وات از توان برای هر هرتز از فرکانس منجر می‌شود، بنابراین سیگنال‌های UWB با سیستم‌های بی‌سیم دیگر تداخل قوی ندارند. چون سیستم‌های UWB در توان‌های انتقالی خیلی پایین هم کار می‌کنند.

☞ محافظت در مقابل پدیده چند مسیره^{۱۴}

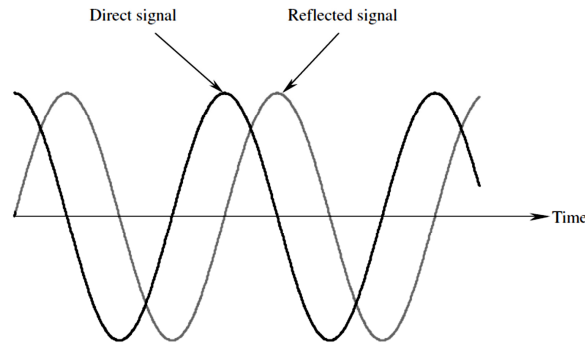
-
- ۱۰ mixing
 - ۱۱ Local oscillator
 - ۱۲ Phase tracking loops
 - ۱۳ jamming
 - ۱۴ multipath

نحوه انتشار رادیویی پیچیده بوده و همراه با پدیده‌های تضعیف، انعکاس، پراش، پراکندگی و... است که این پدیده‌ها یا بعلت وجود فاصله بین فرستنده و گیرنده و یا بعلت وجود ناهمواری‌ها و موانع موجود در مسیر انتشار پدید می‌آیند و سبب بوجود آمدن محو شونده می‌شوند. باید توجه داشت که محوشدگی چندمسیره^{۱۵} و گستردگی تأخیر^{۱۶} به شدت در کاهش ظرفیت یک سیستم بسیار موثر می‌باشند. سیستم‌های UWB اغلب بعنوان سیستم‌های مصون از چندمسیرگی^{۱۷} یا مقاوم در برابر چندمسیرگی^{۱۸} طبقه‌بندی می‌شوند. این مصونیت بدان دلیل است که اگر پالس‌های رسیده دارای عرض‌های مشترکی باشند (هم پوشانی اتفاق افتاده باشد)، یعنی تداخل در سیگنال اتفاق افتاده است. در حالی که اگر پالس‌های رسیده دارای عرض‌های جدا باشند، پس تداخلی نداریم. در این حالت می‌توان از یک فیلتر حوزه زمان براحتی جهت آشکارسازی استفاده کرد. برای درک مسئله هم‌پوشانی یک آنتن همه‌جهته موبایل را در نظر می‌گیریم. در واقع سیگنال تولید شده بوسیله آنتن موبایل یک طبیعت همه‌جهته را داراست. این امر باعث می‌شود که سیگنال بوسیله سازه‌هایی چون ساختمان منعکس شود و نهایتاً از چندین مسیر سیگنال‌های ساطع شده از آنتن تلفن همراه به ایستگاه پایه برسد (شکل ۱-۲). این شرایط به چند مسیرگی معروف است. متأسفانه سیگنال‌های رسیده به ایستگاه پایه در حالت کلی دارای فاز یکسانی نیستند و چه بسا اختلاف فاز آنها به ۱۸۰ درجه برسد. که این امر از بین رفتن سیگنال را در پی دارد. شکل ۱-۳ یکسان نبودن دو سیگنال منعکس شده و مستقیم را نشان می‌دهد.



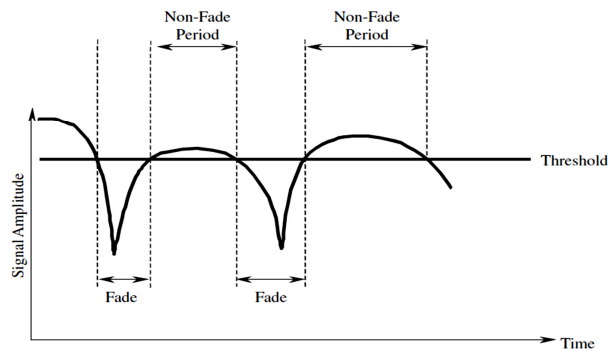
شکل ۱-۲ نمایش پدیده چند مسیره

-
- ۱۵ multipath fading
 - ۱۶ delay spread
 - ۱۷ Multipath immune
 - ۱۸ Multipath resistant



شکل ۳-۱ عدم تطابق فاز دو سیگنال ناشی از مسیرهای مختلف

عدم تطابق فاز منجر به محو سیگنال‌ها حتی در یک پهنای باند کمی می‌شود. به عبارت دیگر در این حالت برآیند دو سیگنال مخرب بوده و آشکار کردن آن دیگر به راحتی امکان پذیر نیست. شکل ۴-۱ نشان می‌دهد که اگر جمع دو سیگنال از حد آستانه کمتر شود، پدیده محو شدگی روی می‌دهد.



شکل ۴-۱ اثر محو شدگی بر روی سیگنال کاربر ناشی از چندمسیرگی

سرعت در ارسال داده

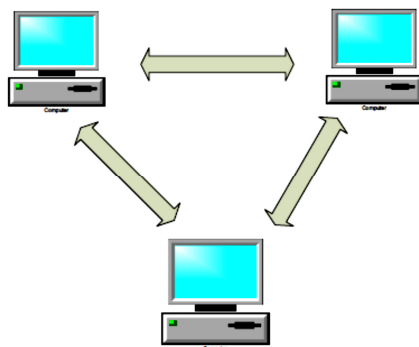
سرعت بالا در ارسال اطلاعات شاید درخور تحسین‌ترین منظر برای سازندگان و استفاده‌کنندگان وسایل تجاری باشد. این سرعت برابر 100 Mbps می‌باشد که در فواصل کم حتی قابلیت ارتقا نیز دارد. جدول ۲-۱ مقایسه‌ای بین سیستم‌های بی‌سیم داخلی را نشان می‌دهد.

جدول ۱-۲ مقایسه سرعت و ظرفیت کانال در سیستم های بی سیم داخلی

System name	Maximum data rate [Mbps]	Transmission distance [m]	Spatial capacity [kbps/m ²]	Spectral capacity [bps/Hz]
UWB	۱۰۰	۱۰	۳۱۸.۳	۰.۰۱۳
IEEE ۸۰۲.۱۱a	۵۴	۵۰	۶.۹	۲.۷
Bluetooth	۱	۱۰	۳.۲	۰.۰۱۲
IEEE ۸۰۲.۱۱b	۱۱	۱۰۰	۰.۳۵۰	۰.۱۳۱۷

۲-۲-۱ معرفی WLAN [۴]

شبکه محلی بی سیم یا WLAN به نوعی از شبکه محلی اطلاق می شود که در آن برای انتقال اطلاعات از یک نقطه به نقطه دیگر از امواج رادیویی استفاده می شود. مزیت مهم یک شبکه بی سیم آنست که نیاز به سیم کشی ندارد و در نتیجه کاربران می توانند در محدوده شبکه جابجا شوند. برای برپایی یک شبکه بی سیم دو نوع زیرساخت یا توپولوژی وجود دارد. یکی نقطه به نقطه و دیگری شالوده ای که در شکل ۱-۵ نمایش داده شده اند.



شکل ۱-۵ توپولوژی نقطه به نقطه

تکنولوژی و صنعت WLAN به اوایل دهه ۸۰ میلادی بازمی گردد. مانند هر تکنولوژی دیگری، پیشرفت شبکه های محلی بی سیم به کندی صورت می پذیرفت. اولین شبکه محلی بی سیم در سال ۱۹۷۱ در دانشگاه هاوایی و تحت پروژه ای به نام "آلوهانت" ثبت شده است. در سال ۱۹۸۰ گسترش شبکه های محلی بی سیم استاندارد شده بر عهده گروه کاری IEEE ۸۰۲.۱۱ قرار گرفت. در حال حاضر، مقصود از WLAN تمامی پروتکل ها و استانداردهای خانواده ی IEEE ۸۰۲.۱۱ است. در این شبکه ها، داده ها به وسیله حامل ها مدوله شده و در گیرنده استخراج می شوند. چندین حامل توسط فرستنده در یک فضا و با فرکانس های مختلف می توانند وجود داشته باشند. به منظور استخراج داده در این شبکه، گیرنده باید یا تیون

شده (تنظیم شده) یا یک فرکانس را انتخاب کرده و بقیه را فیلتر نماید. توجه کنید که کاربران براحتی قادر به اشتراک گذاری داده‌ها بدون جستجو برای مکانی جهت اتصال به شبکه می‌باشند. نرخ‌های انتقال داده برای سیستم‌های WLAN به طور نوعی از ۱ Mbps تا ۵۰ Mbps تغییر می‌کند. چندین نوع مختلف از سیستم‌های WLAN ۸۰۲.۱۱ وجود دارد که توسعه یافته‌اند. بعضی از این سیستم‌ها با سیستم‌های دیگر سازگار هستند. تفاوت‌های کلیدی در باندهای فرکانسی، نوع دسترسی بی‌سیم و ماکزیمم نرخ‌های انتقال داده است. ویژگی اصلی ۸۰۲.۱۱ به نرخ‌های انتقال داده ۱Mbps و ۲ Mbps اشاره می‌کند و در فرکانس ۲/۴ GHz کار می‌کند. این استاندارد در طول مدولاسیون جدید رشد کرده تا ۸۰۲.۱۱b را تولید کند که کار در ۲/۴ GHz را فراهم می‌کند و نرخ انتقال داده ۱۱ Mbps را فراهم می‌کند. همچنین به منظور فراهم کردن نرخ‌های انتقال داده با سرعت بالا و فراهم کردن سازگاری با ۸۰۲.۱۱ و ۸۰۲.۱۱b سیستم‌های ۸۰۲.۱۱g توسعه یافتند که نرخ داده ۵۴ Mbps را در ۲/۴ GHz ایجاد می‌کنند.

۱-۲-۳ معرفی WiMAX

بیش از یک قرن است که سیم مسی به عنوان تنها وسیله اتصالات عمومی مخابراتی به کار می‌رود اما با روی کار آمدن فناوری‌های بی‌سیم کم‌سیم مسی از تنهایی در می‌آید. فناوری‌های ارتباطی، گذشته از تمام ویژگی‌های محتوایی و پیام‌رسانی آنها، وابسته به واسطه‌های انتقال هستند. این واسطه‌ها که زیرساخت‌های ارتباطی را فراهم می‌کنند، استفاده از دیگر فناوری‌ها را ممکن ساخته و شرایط را برای انتقال پیام تسهیل می‌کنند. از طرفی یکی از اصلی‌ترین دغدغه‌های ارتباطات عمومی نیز وابستگی به محل و همچنین واسطه‌های فیزیکی مانند کابل مسی است که فناوری در حال رشد امروز قصد از بین بردن این محدودیت را دارد. فناوری‌هایی مانند بلوتوث که امکان برقراری ارتباط موج متوسط در فاصله کوتاه را فراهم می‌کند. یا فناوری وای‌فای که امکان ارسال امواج و تبادل داده یا ایجاد شبکه‌های محلی بی‌سیم کوتاه برد را فراهم ساخته است. اما فناوری که می‌تواند ما را در ابعادی بیشتر از چند ده متر و در فضاهایی مانند سالن فرودگاه، منزل، دفتر کار و امثال آن به هم ارتباط دهد وای‌مکس نام دارد.

فناوری وای‌مکس یا ارتباط متقابل برای دسترسی جهانی مبتنی بر مایکروویو بستری برای ارائه خدمات در شهر و روستای الکترونیکی است. این فناوری که در لایه دسترسی قرار دارد دارای ساختار تقریباً ساده‌ای است. یعنی یک برج وای‌مکس که از نظر شکل و ابعاد مثل برج‌های مخابراتی است، نقش فرستنده را دارد و در طرف دیگر کاربران در حکم یک گیرنده هستند.

گیرنده می‌تواند یک رادیو، آنتن چندمتری روی بام یا یک چیپ آنتن دار داخل رایانه دستی باشد. دامنه تغییرات فرکانسی این فناوری از ۲ تا ۶۶ گیگاهرتز و پهنای باند آن به ازای هر فرستنده از ۱/۵ تا ۲۰ مگاهرتز است که نرخ تبادل داده آن را تا ۷۰ مگابیت بر ثانیه می‌رساند. البته این عدد برای مکان و شرایط مختلف متغیر بوده و قابلیت ارتقا برای فرستنده‌های قوی‌تر را نیز دارد. برد دامنه تحت پوشش این شبکه محدوده‌ای تا شعاع ۵۰ کیلومتر است، که می‌تواند یک شهر یا محدوده بزرگ را پوشش دهد. اما در نوع شبکه‌بندی‌های مختلف و به دلیل موقعیت ساختمان‌ها، در شهر از آنتن‌هایی با قدرت و شعاع فرستندگی تا حدود ۸ کیلومتر استفاده و تبادل اطلاعات میان فرستنده و گیرنده به دو صورت دید مستقیم و دید غیر مستقیم انجام می‌شود.

در روش دید غیرمستقیم بین فرستنده و گیرنده خط مستقیمی نمی‌توان کشید و موانع فیزیکی در این میان وجود دارند، چیزی شبیه سیستم وای‌فای یا بی‌سیم خانگی. این روش سهولت کاربری بیشتری دارد اما نرخ تبادل داده آن کمتر است. این روش برای مناطق شهری مفید است چرا که ساختمان‌ها معمولاً مانع امواج هستند.

در روش دیگر یعنی دید مستقیم، برج فرستنده و دستگاه گیرنده در یک خط مستقیم قرار دارند، یا به اصطلاح یکدیگر را می‌بینند. در این روش یک آنتن با پایه بلند روی بام یا یک نقطه مرتفع قرار می‌گیرد و جهتش مستقیم به سمت آنتن فرستنده است و از طریق کابل امواج تبدیل شده را به داخل ساختمان هدایت می‌کند. ضریب خطای کمتر و قدرت تبادل داده بیشتر اصلی‌ترین مزیت آن است. این فناوری از سری استاندارد IEEE ۸۰۲.۱۶ استفاده کرده و برای امنیت انتقال داده از روش‌ها و استانداردهایی نظیر استاندارد رمزگذاری پیشرفته^{۱۹} و استاندارد رمزگذاری داده^{۲۰} استفاده می‌کند که از جمله مزایای آن می‌توان امنیت در برابر شنود و قابلیت مقابله با نفوذ را برشمرد.

زیرساخت وای‌مکس نیز می‌تواند شما را هم به اینترنت متصل کند، هم به شما امکان استفاده از تلفن بر پایه (VoIP) بدهد و هم شما را در شبکه‌های دیگر عضو کند و در کل، زیرساخت دسترسی شما به دنیای دیجیتال باشد. این سیستم دو ویژگی و مزیت مهم دارد:

^{۱۹} Advances Encryption Standard

^{۲۰} Data Encryption Standard

اول: برای پوشش یک منطقه شهری هزاران تن سیم مسی را در خاک دفن نمی‌کنیم و هرازگاه نیازی به نیش قبر آنها وسط خیابان نیست و این یعنی مکان شما برای اتصال به شبکه، یک نقطه در انتهای سیم مسی نیست بلکه یک منطقه است در محدوده پوشش اپراتوری که مشترک آن هستید. یعنی شما می‌توانید از حساب کاری خود، هم در محل کار استفاده کنید هم در منزل و هم در محل شهر زادگاه خود و حتی در سفر، البته اگر اپراتور وای‌مکس شما در آن منطقه پوشش آنتن‌دهی داشته باشد.

دوم: خدمات قابل پیاده‌سازی وایمکس بیشتر از کابل مسی است و همچنین کاهش قیمت خدمات و افزایش کارایی فرد در یک شبکه ارتباطی نیز نسبت به فناوری سیم مسی چشمگیر است. از جمله این افزایش کارایی قابلیت ارایه پهنای باند تا ۳۰ مگابیت بر ثانیه است که این امکان در بهترین شبکه کابل مسی و با استفاده از تجهیزات گران قیمت تا ۸ مگابیت بالا می‌رود.