

آنتن‌های هوشمند
فن‌آوری، پردازش و کاربردها

تألیف
دکتر محمد عسگری

www.ketab.ir



انتشارات دانشکده صدا و سیما

عسگری، محمد، ۱۳۵۰ -

آتش‌های هوشمند: فن‌آوری، پردازش و کاربردها / تألیف محمد عسگری.

تهران: دانشکده صدا و سیما، جمهوری اسلامی ایران، ۱۳۸۸.

۲۴۴ ص: مصور، جدول، نمودار.

978-964-8857-10-8

۷۰۰۰۰ ریال:

فیا

کتابنامه.

آتش‌های هوشمند، مخابرات -- سیستم‌های سیار. آتش‌های ماهرآم‌ای. آتش‌ها -- طرح و ساختمان

دانشکده صدا و سیما، جمهوری اسلامی ایران.

TK۷۸۷۱/۶۷/ T ع ۱۳۸۷

۱۱۷۳۹۴۵

کتابخانه ملی

۶۲۱/ ۲۸۲۴



انتشارات دانشکده صدا و سیما

آتش‌های هوشمند فن‌آوری، پردازش و کاربردها

تألیف: محمد عسگری

ویراستار: نسیم یحیی سلطانی

ویراستار ادبی: سیاوش پیریایی

صفحه‌آرا: رضا حاجی‌رمضانعلی

طراح جلد: حسین میرزاپور

ناظر امور فنی: محمود محمدی

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: سروش

شمارگان: ۱۵۰۰ نسخه

چاپ اول: بهار ۱۳۸۸

قیمت: ۷۰۰۰ تومان

ISBN: 978-964-8857-10-8

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۸۸۵۷-۱۰-۸

کلیه حقوق این اثر متعلق به دانشکده صدا و سیما، جمهوری اسلامی ایران است.

بزرگراه نیایش - دانشکده صدا و سیما، جمهوری اسلامی ایران

WWW.IRIBU.IR

تلفن و دورنگار: ۲۲۰۱۴۶۵۲

فهرست مطالب

مقدمه‌ی مولف	۱۲
--------------------	----

فصل ۱

معرفی آنتن‌های هوشمند	۱۵
۱-۱ مقدمه	۱۷
۱-۲ تکامل از آنتن‌های تمام جهتی به سمت آنتن‌های هوشمند	۲۲
۱-۲-۱ آنتن‌های تمام جهتی	۲۲
۱-۲-۲ آنتن‌های جهتی و سیستم‌های ناحیه بندی شده	۲۳
۱-۲-۳ سیستم‌های دایورسیتی	۲۴
۱-۳ سیستم‌های آنتن هوشمند	۲۹
۱-۳-۱ فهرست تعاریف	۲۹
۱-۳-۲ مزایای نسبی پرتو سوئیچ شده و سیستم‌های آرایه‌ای افقی	۳۳
۱-۳-۳ تکامل آنتن‌های هوشمند	۴۰
منابع	۴۲

فصل ۲

مروری بر مخابرات سیار	۴۳
۲-۱ مقدمه	۴۵
۲-۲ ایستگاه مبنا	۴۵
۲-۲-۱ آغاز تماس از یک سیار	۴۶
۲-۲-۲ آغاز تماس با یک سیار	۴۶
۲-۲-۳ ثبت	۴۷
۲-۳ طرح دستیابی چندگانه	۴۸
۲-۳-۱ مشخصات انتشار	۵۱
۲-۳-۲ کانال‌های محو شونده	۵۱
۲-۳-۳ گستردگی داپلر	۵۲
۲-۳-۳-۱ گستردگی تأخیر	۵۲
۲-۳-۳-۲ هزینه‌ی مسیر و تلف مسیر	۵۳
۲-۴ تخصیص کانال	۵۴
۲-۵ استفاده‌ی مجدد از کانال	۵۵
۲-۶ HAND OFF	۵۶
۲-۷ شکافت سلولی	۵۸

۵۸	۲-۸ بخش بندی سلول
۵۹	۲-۹ کنترل توان
۵۹	۲-۱۰ سیستم سلولی و سیار رادیویی
۶۰	۲-۱۰-۱ سیستم هایی با سلول های کوچک
۶۰	۲-۱۰-۲ سلول های خیلی کوچک
۶۱	۲-۱۰-۳ ترکیب سلول ها و لایه ها
۶۲	۲-۱۱ ارتباطات سیار ماهواره ای
۶۵	۲-۱۲ پیشرفت ها و روند حرکت در ارتباطات سیار
۶۸	منابع

فصل ۳

۷۳	سیستم های مخابراتی سیار و آرایه های آنتنی
۷۵	۳-۱ استفاده از آرایه در سیستم های مخابراتی سیار
۷۵	۳-۱-۱ سیستم ایستگاه مینا - سیار
۷۶	۳-۱-۱-۱ استفاده از آرایه در ایستگاه مینا
۷۶	۳-۱-۱-۱-۱ ایجاد چند پرتو
۷۶	۳-۱-۱-۱-۲ ایجاد پرتوهای وقفی
۷۷	۳-۱-۱-۱-۳ ایجاد صفر
۷۷	۳-۱-۱-۱-۴ ترکیب بهینه
۷۹	۳-۱-۱-۱-۵ ایجاد سلول پویا
۸۰	۳-۱-۱-۲ نکات مورد توجه در عمل
۸۰	۳-۱-۱-۲-۱ استفاده از اطلاعات DOA
۸۱	۳-۱-۱-۲-۲ استفاده از بردار پاسخ آرایه
۸۲	۳-۱-۱-۲-۳ استفاده از سیگنال مرجع
۸۲	۳-۱-۱-۳ تخمین کور از سیگنال های هم کانال
۸۴	۳-۱-۱-۴ استفاده از آرایه در دستگاه سیار
۸۴	۳-۱-۲ سیستم رادیویی سیار داخل ساختمان
۸۵	۳-۱-۳ سیستم ماهواره - سیار
۸۵	۳-۱-۳-۱ آرایه در ماهواره ها
۸۶	۳-۱-۳-۱-۱ پرتو هایی با شکل ثابت
۸۷	۳-۱-۳-۱-۲ پرتو های پویا
۸۸	۳-۱-۳-۱-۳ پرتو های جداگانه برای هر سیار
۸۹	۳-۱-۳-۲ آرایه روی سیار
۹۰	۳-۱-۴ ارتباطات ماهواره به ماهواره
۹۱	۳-۱-۵ استفاده از آرایه ها در حالت ارسال

۹۲	۳-۲ بهبود عملکرد با استفاده از آرایه
۹۲	۳-۲-۱ کاهش گستردگی زمان تأخیر و محو چند مسیری
۹۲	۳-۲-۱-۱ استفاده از ترکیب دایورسیتی
۹۳	۳-۲-۱-۲ ترکیب سیگنال‌های دریافتی تأخیر یافته
۹۴	۳-۲-۱-۳ صفر کردن دریافتی‌های تأخیر یافته
۹۵	۳-۲-۲ کاهش در تداخل هم کانال
۹۶	۳-۲-۳ آرایه‌ها در ترکیب با سایر روش‌ها
۹۶	۳-۲-۳-۱ دایورسیتی فضایی و کدینگ کانال
۹۷	۳-۲-۳-۲ ترکیب دایورسیتی و حذف تداخل
۹۷	۳-۲-۳-۳ دایورسیتی ترکیبی و متعادل سازی وقتی
۹۸	۳-۲-۴ بازده طیفی و بهبود ظرفیت
۹۹	۳-۲-۴-۱ آنتن چندپرتوی در ایستگاه مبدا
۱۰۰	۳-۲-۴-۲ آرایه‌ی آنتن در ایستگاه مبدا با به کارگیری سیستم CDMA
۱۰۰	۳-۲-۴-۳ آرایه‌ی آنتن که در ایستگاه مبدا از سیستم TDMA استفاده می‌کند
۱۰۱	۳-۲-۴-۴ آرایه‌ی ایستگاه مبدا برای ارتباطات سیار داخل ساختمان
۱۰۲	۳-۲-۵ بهبود BER
۱۰۴	۳-۲-۶ کاهش احتمال خرابی
۱۰۵	۳-۲-۷ افزایش بازده ارسال
۱۰۶	۳-۲-۸ تخصیص کانال به شکل پویا
۱۰۷	۳-۲-۹ کاهش نرخ HAND OFF
۱۰۷	۳-۲-۱۰ کاهش روی هم افتادگی صحبت
۱۰۷	۳-۲-۱۱ به کارگیری به دلیل کم شدن هزینه‌ها
۱۰۸	۳-۲-۱۲ گستردگی زاویه و اثر آن در عملکرد
۱۰۹	۳-۲-۱۳ قیمت، پیچیدگی و استحکام شبکه
۱۱۰	۳-۳ امکان عملی شدن سیستم‌های آرایه‌ی آنتنی
۱۱۰	۳-۳-۱ پیشرفت‌های انجام شده در عناصر و آرایه‌های آنتنی
۱۱۴	۳-۳-۲ سیستم تعقیب کننده
۱۱۶	۳-۳-۳ سیستم‌های عملی
۱۱۹	منابع

فصل ۴

۱۳۱	مفاهیم اساسی آرایه‌ی وقتی
۱۳۳	۴-۱ مبانی آرایه‌های آنتنی
۱۳۳	۴-۱-۱ مدل تئوری آرایه‌ی آنتنی
۱۳۶	۴-۱-۲ هندسه‌ی آرایه و فاصله‌ی بین عناصر

۱۳۸	۴-۱-۳ پاسخ ضربه‌ی کانال و علائم فضایی
۱۳۹	۴-۲ شکل دهی پرتو
۱۴۰	۴-۲-۱ شکل دهی پرتو باند باریک
۱۴۰	۴-۲-۲ شکل دهی پرتو باند وسیع
۱۴۲	۴-۳ شکل دهی پرتو در فضای پرتو
۱۴۳	۴-۴ طبقه‌بندی الگوریتم‌های آرایه‌ی وفقی
۱۴۳	۴-۴-۱ الگوریتم‌های تعلیمی
۱۴۷	۴-۴-۲ الگوریتم‌های کور
۱۴۹	۴-۵ مشکل تداخل هم کانال: یکی از عوامل مهم محدود نمودن ظرفیت
۱۵۰	۴-۶ بررسی الگوریتم‌های آرایه‌ی وفقی
۱۵۱	۴-۶-۱ الگوریتم‌های مبتنی بر CM
۱۵۴	۴-۶-۲ الگوریتم‌های مبتنی بر CYCLOSTATIONARY
۱۵۶	۴-۶-۳ الگوریتم‌های تصمیم‌گیری مبتنی بر راستا
۱۵۸	منابع

فصل ۵

۱۶۳	کانال و مشخصات انتشار
۱۶۵	۵-۱ مقدمه
۱۶۶	۵-۱-۱ اتلاف متوسط مسیر
۱۶۷	۵-۲ محوشدگی
۱۶۷	۵-۲-۱ محوشدگی آرام
۱۶۸	۵-۲-۲ محوشدگی سریع
۱۶۹	۵-۳ گستردگی داپلر: محوشدگی با انتخاب زمان
۱۷۰	۵-۴ گستردگی تأخیر: محوشدگی با انتخاب فرکانس
۱۷۰	۵-۵ گستردگی زاویه: محوشدگی با انتخاب فضا
۱۷۰	۵-۶ انتشار چند مسیری
۱۷۱	۵-۶-۱ سلول‌های بزرگ
۱۷۲	۵-۶-۲ سلول‌های کوچک
۱۷۲	۵-۶-۳ پارامترهای معمولی کانال
۱۷۳	۵-۷ مدل پارامتریک کانال
۱۷۴	منابع

فصل ۶

۱۷۵	پردازش زمان-فضا در سیستم TDMA
۱۷۷	۶-۱ مدل سیگنال در سیستم TDMA

۱۷۸	۶-۲ ارتباط معکوس از نوع SU-SIMO
۱۸۰	۶-۳ ارتباط معکوس MU-SIMO
۱۸۱	۶-۴ ارتباط مستقیم SU-MISO
۱۸۲	۶-۵ خط ارتباطی مستقیم MU-MISO
۱۸۲	۶-۶ مدل سیگنال زمان گسسته
۱۸۶	منابع

فصل ۷

۱۸۷	مروری بر روش‌های پردازش وفقی TDMA
۱۸۹	۷-۱ ایجاد پرتو دیجیتالی به همراه TDMA
۱۹۲	۷-۲ پردازش ارتباط معکوس
۱۹۵	۷-۲-۱ روش‌های مبتنی بر جهت دریافت
۲۰۶	۷-۲-۲ روش‌های سیگنال تعلیمی
۲۱۲	۷-۲-۳ روش‌هایی با ساختار زمانی
۲۱۶	۷-۳ پردازش در خط ارتباطی مستقیم
۲۱۷	۷-۳-۱ مدل سیگنال گسسته در خط ارتباطی مستقیم
۲۱۸	۷-۳-۲ تخمین در کانال مستقیم
۲۱۹	۷-۳-۳ پردازش ST در خط ارتباطی مستقیم
۲۲۲	منابع

فصل ۸

۲۲۳	مروری بر روش‌های پردازش وفقی CDMA
۲۲۵	۸-۱ مقدمه
۲۲۶	۸-۲ شکل دهی پرتو دیجیتال با CDMA
۲۳۰	۸-۳ مدل سیگنال
۲۳۱	۸-۴ پردازش در خط ارتباطی معکوس
۲۳۱	۸-۴-۱ پردازش فقط زمان
۲۳۷	۸-۴-۳ پردازش زمان - فضا برای CDMA
۲۴۰	۸-۵ خط ارتباطی مستقیم
۲۴۲	منابع

فصل ۹

۲۴۳	به‌کارگیری آرایه‌ی آنتن وفقی در سیستم‌های CDMA
۲۴۵	۹-۱ مقدمه
۲۴۵	۹-۲ انتخاب پردازنده‌ی سیگنال دیجیتال و شاخص‌های آن
۲۴۵	۹-۲-۱ سرعت

۲۴۶	۹-۲-۲ چند پردازشی
۲۴۷	۹-۲-۳ حافظه
۲۴۷	۹-۲-۴ نرم افزار
۲۴۸	۹-۲-۵ نکات دیگر
۲۴۹	۹-۳ توصیف معماری فرستنده
۲۴۹	۹-۳-۱ بخش اول RF فرستنده
۲۴۹	۹-۳-۲ پردازش باند پایه در فرستنده
۲۵۰	۹-۴ معماری سخت افزار برای آرایه‌ی وقتی
۲۵۰	۹-۴-۱ بخش مربوط به کاربر RF در گیرنده
۲۵۱	۹-۴-۲ دیجیتال کردن سیگنال
۲۵۴	۹-۴-۳ DSP مبتنی بر زیر سیستم پردازشی باند پایه
۲۵۶	۹-۵ به کارگیری آرایه‌ی وقتی MT در ADSP ۲۱۰۲۰/۶۲ و مطالبی راجع به پیچیدگی محاسبات
۲۶۲	۹-۶ وضعیت حال و روند توسعه
۲۶۳	منابع

فصل ۱۰

۲۶۵	بهبود ظرفیت با استفاده از آرایه‌های وقتی در سیستم AMPS
۲۶۷	۱۰-۱ مقدمه
۲۶۸	۱۰-۲ به کارگیری SDMA در سیستم AMPS
۲۷۱	۱۰-۳ محاسبه‌ی بهبود ظرفیت با استفاده از شکل ده پرتو
۲۷۱	۱۰-۳-۱ منحنی‌های خرابی برای شکل ده پرتو ایده‌آل و سر صاف
۲۷۵	۱۰-۳-۲ کاهش ضریب استفاده‌ی مجدد-افزایش ظرفیت
۲۸۰	منابع

فصل ۱۱

۲۸۱	سیستم‌های مخابراتی چند ورودی-چند خروجی (MIMO)
۲۸۳	۱۱-۱ مقدمه
۲۸۴	۱۱-۲ ظرفیت برای تحقق یک کانال مشخص
۲۸۵	۱۱-۲-۱ ظرفیت کانال SISO
۲۸۶	۱۱-۲-۲ ظرفیت کانال MIMO
۲۸۷	۱۱-۲-۳ ظرفیت به عنوان یک متغیر تصادفی
۲۸۷	۱۱-۲-۴ راهبردهای لازم در اختصاص قدرت
۲۸۹	۱۱-۳ مثالهای شبیه سازی شده
۲۸۹	۱۱-۳-۱ ظرفیت کانالهای صاف SIMO/MISO بر حسب MIMO
۲۹۰	۱۱-۳-۲ ظرفیت به صورت تابعی از همبستگی محو شونده

۲۹۰	۱۱-۳-۳	ظرفیت به صورت تابعی از قدرت ارسالی
۲۹۰	۱۱-۳-۴	ظرفیت به صورت تابعی از تعداد عناصر آنتنی
۲۹۱	۱۱-۳-۵	ظرفیت به صورت تابعی از انتخاب فرکانس کانال
۲۹۱	۱۱-۳-۶	خلاصه
۲۹۶	۱۱-۴	MIMO در شبکه های بی سیم محلی
۲۹۶	۱۱-۴-۱	استقرار و اندازه گیری کانال
۲۹۷	۱۱-۴-۲	نتایج
۲۹۸	۱۱-۵	خلاصه
۳۰۲		منابع

فصل ۱۲

۳۰۳		آنتن های هوشمند در دستهای سیار
۳۰۵	۱۲-۱	مقدمه
۳۰۵	۱۲-۲	عناصر موجود در یک سیستم آنتن هوشمند
۳۰۵	۱۲-۲-۱	گیرنده ی آنتن هوشمند
۳۰۹	۱۲-۲-۲	فرستنده ی آنتن هوشمند
۳۱۱	۱۲-۳	شکل دهی پرتو و فوی سیار
۳۱۲	۱۲-۴	دو نوع آنتن و فوی روی سیارهای دستی
۳۱۲	۱۲-۴-۱	آنتن مارپیچ تریبی
۳۱۳	۱۲-۴-۲	آنتن نیمه هادی
۳۱۳	۱۲-۵	مطالب تحقیقاتی
۳۱۵	۱۲-۶	آنتن هوشمند: انواع آزمایشگاهی و تجارتي موجود
۳۲۰		منابع

فصل ۱۳

۳۲۳		فواید آنتن های هوشمند
۳۲۵	۱۳-۱	مقدمه
۳۲۵	۱۳-۲	بهبودها و مزایا
۳۲۷	۱۳-۳	شاخص های هزینه
۳۳۱	۱۳-۴	مطالب تحقیقاتی
۳۳۵	۱۳-۵	نتایج
۳۳۸		منابع
۳۳۹		ضمیمه

مقدمه‌ی مولف

آرایه‌ها در بسیاری از فعالیتهای مربوط به حوزه‌ی علم و فناوری مورد استفاده قرار می‌گیرند. آرایه‌های آنتنی، آرایه‌های صوتی (میکروفنی و بلند گویی)، آرایه‌های اولتراسونیک و موارد دیگر بخشی از مبحث وسیع آرایه‌ها می‌باشند، به‌طوری‌که تا سال (۲۰۰۶) ده‌ها کتاب در موارد گوناگون آن نوشته شده است. بخشی از این کتاب‌ها به‌طور خاص به تئوری‌های مورد استفاده در زمینه‌ی پردازش آرایه‌ای پرداخته‌اند و تعدادی دیگر در زمینه‌ی نوع حسگر مثلاً میکروفن، آرایه و الگوریتم‌های آن‌را مورد بررسی قرار داده‌اند. واقعیت آن است که، گرچه مقالات بسیاری در این حوزه همچون سایر زمینه‌ها از سال‌های قبل تا به‌حال ارائه شده، اما می‌توان گفت عمر مقالاتی که به تنوع کاربرد آرایه‌ها پرداخته باشد هنوز به دو دهه نرسیده است. بنابراین می‌توان آن‌را به‌عنوان یک حوزه‌ی علمی جدید به حساب آورد. دلیل این امر در مقایسه با سایر فناوری‌های ارتباطی کاملاً مشخص می‌شود؛ چرا که تعداد سیستم‌هایی که به پردازش آرایه‌ای مجهز هستند و از آنها به شکل کاملاً عملیاتی استفاده می‌کنند، کم است.

در این کتاب به یکی از بخش‌های بسیار کاربردی، یعنی ارتباطات سیار، پرداخته‌ایم و نقش پردازش آرایه‌ای یا همان آنتن هوشمند را در افزایش ظرفیت کانال‌های مخابراتی بررسی می‌کنیم. سعی شده است کتاب هم برای مخاطبان کاملاً آگاه به این مطلب و هم برای مهندسانی که در ابتدای این مسیر قرار گرفته‌اند قابل فهم و مفید باشد. بنابر این مفاهیم مخابرات سیار و پردازش آرایه‌ای به‌طور کاملاً روان مطرح شده‌اند و سپس به ادغام این دو با یکدیگر پرداخته‌ایم.

این کتاب مبانی به‌کارگیری آرایه در مخابرات سیار را مطرح و پیشرفت‌های حاصل از آن را ارائه می‌کند. بسیاری از نکات تئوری، تجربی و شبیه‌سازیهای کامپیوتری نیز برای

نشان دادن امکان پذیری چنین سیستم‌هایی آمده است. باید در نظر گرفت که بسیاری از سؤالات مربوط به ساختار شبکه، ساختار سیستم و استراتژی‌های کنترلی مورد نیاز، باید پیش از توسعه‌ی سیستم مخابرات سیار توسط آرایه‌های آنتنی پاسخ داده شود.

فصل اول کتاب به معرفی آنتن‌های هوشمند می‌پردازد و روش تبدیل یک عنصر آنتنی را به یک آرایه و چگونگی هوشمند شدن آن را توضیح می‌دهد. فصل دوم مفاهیم اساسی را در مخابرات سیار یادآور می‌شود تا بتوان در فصل سوم به روش استفاده از آرایه‌های هوشمند پرداخت. آرایه‌های وفقی به عنوان مفهوم پایه در پردازش آرایه‌ای در فصل چهارم ارائه شده است. از آنجایی که بیشتر مشکلات محدودیت پهنای باند و در واقع ظرفیت سیستم متوجه مسیر عبوری امواج است، در فصل پنجم مشخصات انتشار را بررسی و انواع مشکلات آن را مطرح می‌نماییم. فصل‌های شش تا نه به کارگیری آنتن‌ها را به روش‌های مختلف TDMA و CDMA به همراه فرمول، شبیه سازی و نتایج خاص نشان می‌دهند. در فصل دهم سیستم AMPS که یکی از انواع سیستم‌های مخابرات سیار است، معرفی و عملکرد آنتن هوشمند در بهبود ظرفیت آن آمده است. سیستم‌های MIMO یا سیستم‌هایی با چند ورودی و چند خروجی در فصل یازدهم معرفی می‌شود. این سیستم‌ها که خود نمونه‌ای جامع از مبحث آرایه‌ها و پردازش آرایه‌ای را مطرح می‌کنند امروزه در اکثر سیستم‌های مخابراتی بدون سیم استفاده می‌گردند. در اینجا نیز برای تکمیل مباحث گذشته این سیستم معرفی و نتایج آن ارائه می‌شود. در فصل آخر به بهره مندی‌های مختلف آنتن هوشمند اشاره کرده و فواید آن را که قبلاً مطرح شده، به اختصار بیان نموده‌ایم.

بر خود لازم می‌دانم از زحمات تمامی افرادی که اینجانب را در تهیه‌ی این کتاب یاری رساندند، به ویژه آقای دکتر رحیمیان، خانم خویی، خانم دکتر سلطانی، و خانم شجاعی تشکر و قدردانی نمایم. این کتاب تحفه‌ای است به درگاه تمامی شهیدان از صدر اسلام تا ظهور مهدی (عج)، به خصوص شهیدان مهدی و مصطفی واعظی.

محمد عسگری

بهار ۱۳۸۶