سرشناسه	:	
عنوان و نام پدیدآور	:	
مشخصات نشر	:	
مشخصات ظاهری	:	
شابک		
وضعیت فهرست نویسی	:	فیپا
یادداشت	:	کتابنامه
موضوع	:	
موضوع	:	
شناسه افزوده	:	
رده بندی کنگره	:	
رده بندی دیویی	:	
شماره کتابشناسی ملی		

سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران

شبکه‌های سنسوری رادیو شناختی، بیان مفاهیم و اصول عملکرد

نویسندگان: شروین امیری، مسعود موحدی

ناشر: سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران

نوبت چاپ: اول

تاریخ چاپ:

شمارگان:

چاپ و صحافی:

طراح روی جلد:

قیمت:

نشانی: احمدآباد مستوفی، بعد از میدان پارسا، خیابان انقلاب، خیابان شهید احسانی راد، صندوق پستی:۱۱۵- ۳۷۵۷۵

تمام حقوق مادی این اثر اعم از چاپ، تکثیر، نسخه‌برداری، ترجمه و مانند آن برای سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران محفوظ است.

فهرست عناوین

فهرست مطالب

سخن مؤلفین ..... ت
پیش‌گفتار ..... ت
فهرست عناوین ..... خ
اختصارات ..... ن
فصل ۱. تبیین مبانی و بیان مفاهیم اصلی در سامانه‌های رادیوشناختی ۳
۱. ۱. مقدمه ۳
۱. ۲. تعاریف و مفاهیم اولیه ۳
۱. ۳. رادیوی شناختی ۷
۱. ۳. ۱. قابلیت بازپیکربندی ۷
۱. ۳. ۲. قابلیت شناخت ۸
۱. ۴. حسگری طیفی ۹
۱. ۴. ۱. روش‌های غیرمشارکتی ۱۱
۱. ۴. ۲. روش‌های مشارکتی ۱۲
۱. ۵. تصمیم‌گیری طیفی ۱۳
۱. ۶. تسهیم طیفی ۱۵
۱. ۷. جابه‌جایی طیفی ۱۷
۱. ۸. شبکه رادیوشناختی ۱۸
۱. ۹. ساختار رادیوی شناختی ۲۰
۱. ۹. ۱. اندازه گیری مشارکتی ۲۳
۱. ۹. ۲. پاسخ زمانی ۲۴
۱. ۹. ۳. آگاهی از منابع ۲۴
۱. ۹. ۴. مدیریت منابع ۲۵
۱. ۹. ۵. موتور شناختی ۲۶
۱. ۹. ۶. مدیریت منابع رادیویی ۲۷
۱. ۹. ۷. مدیریت دیگر منابع ۳۱
۱. ۱۰. مفاهیم مهم شناختی در توپولوژی مخابرات تاکتیکی ۳۱
۱. ۱۱. مزایای روآوردن به فناوری رادیوشناختی ۳۶

۱. ۱۲. معماری لایه‌ای شبکه‌های رادیوشناختی ۳۶
۱. ۱۳. بررسی محصولات رادیوشناختی ۳۷
۱. ۱۳. ۱. فعالیت‌های دانشگاهی ۳۹
۱. ۱۴. نتیجه گیری ۴۰
فصل ۲. مطالعه ساختارهای مختلف پیاده‌سازی شبکه‌های رادیوشناختی ۴۵
۲. ۱. مقدمه ۴۵
۲. ۲. شبکه‌های موبایل Ad hoc یا Mobile ad hoc networks(MANET) ۴۵
۲. ۳. ساختار شبکه‌های MANET ۴۵
۲. ۳. ۱. خصوصیات MANET ۴۶
۲. ۳. ۲. معایب MANET ۴۸
۲. ۴. شبکه‌های موبایل نسل یک شبکه‌هایAMPS ۴۹
۲. ۵. شبکه‌های موبایل نسل ۲ شبکه‌های GSM و EDGE ۴۹
۲. ۶. نسل کنونی شبکه‌های مخابرات سیار سلولی ۵۰
۲. ۷. مقایسه فنی شبکه‌های تلفن همراه(نسل سوم و چهارم) ۵۰
۲. ۸. مزایای شبکه ی ad hoc ۵۰
۲. ۹. ابزار طراحی MANET ۵۱
۲. ۱۰. طراحی خودکار MANET ۵۴
۲. ۱۰. ۱. ابزار طراحی شبکه ۵۴
۲. ۱۱. مدیریت خودکار طراحی (ADM) ۵۴
۲. ۱۱. ۱. نتایج طراحی برای یک سناریوی نمونه ۵۸
۲. ۱۲. شبکه‌های سنسوری بی‌سیم (WSN) ۵۹
۲. ۱۲. ۱. کاربردهای شبکه سنسوری ۶۱
۲. ۱۲. ۱. ۱. کاربردهای نظامی ۶۱
۲. ۱۲. ۱. ۲. رصد شرایط محیطی ۶۲
۲. ۱۲. ۱. ۳. سلامت ۶۲
۲. ۱۲. ۱. ۴. کاربردهای تجاری دیگر ۶۲
۲. ۱۲. ۲. عوامل تأثیرگذار در طراحی سنسور ۶۳
۲. ۱۲. ۳. توپولوژی شبکه سنسوری ۶۳
۲. ۱۲. ۴. ارسال/دریافت اطلاعات ۶۴

۲. ۱۲. ۵. ارتباطات ۶۵
۲. ۱۲. ۶. معماری ارتباطات شبکه سنسوری ۶۵
۲. ۱۲. ۶. ۱. پیاده‌سازی شبکه‌های بی‌سیم سنسوری ۶۶
۲. ۱۲. ۶. ۲. استاندارد IEEE 802.15.4 ۶۷
۲. ۱۲. ۶. ۳. استاندارد ZigBee ۶۷
۲. ۱۲. ۶. ۴. برد ارتباطی ۶۸
۲. ۱۳. شبکه‌های سنسوری برمبنای رادیو شناختی ۶۸
۲. ۱۴. معرفی معماری شناختی WSN ۶۹
۲. ۱۴. ۱. حسگری طیف ۷۱
۲. ۱۴. ۲. دوره‌ی سکوت ۷۱
۲. ۱۴. ۳. بازیابی در شناسایی کاربر اولیه ۷۲
۲. ۱۵. مورد مطالعاتی نوع اول ۷۲
۲. ۱۵. ۱. تحلیل عملکرد برد ارتباطی ۷۷
۲. ۱۶. مورد مطالعاتی نوع دوم ۷۸
۲. ۱۶. ۱. نتیجه‌گیری ۸۱
۳. بررسی ساختار و قابلیت‌های CMANET ۸۵
۳. ۱. مقدمه ۸۵
۳. ۲. تفاوت‌های اصلی CMANET با MANET ۸۵
۳. ۲. ۱. انتخاب باند طیفی مناسب برای ارسال ۸۵
۳. ۲. ۲. کنترل توپولوژی شبکه ۸۶
۳. ۲. ۳. ارسال چند پرشه (Multi-hop) و چند طیفه (Multi-spectrum) ۸۶
۳. ۲. ۴. تشخیص تفاوت بین حرکت گره‌ها (Mobility) و حضور PU ۸۶
۳. ۳. ساختار مدیریت طیفی (Spectrum management) در CMANET ۸۷
۳. ۴. اندازه‌گیری طیفی ۹۱
۳. ۵. تشخیص کاربر اولیه (Primary User) ۹۱
۳. ۵. ۱. کنترل اندازه‌گیری طیفی ۹۶
۳. ۵. ۲. همکاری در اندازه‌گیری طیفی ۹۸
۳. ۵. ۳. چالش اصلی CMANET تحرک رادیوها ۱۰۱
۳. ۵. ۴. چالش‌های دیگر اندازه‌گیری طیفی ۱۱۶

۳. ۶. تصمیم‌گیری طیفی ۱۱۶
۳. ۶. ۱. مراحل تبیین طیف محیط رادیویی ۱۱۹
۳. ۶. ۲. مدل‌سازی فعالیت PU ۱۱۹
۳. ۶. ۳. انتخاب طیف ۱۲۱
۳. ۶. ۴. دوباره پیکربندی ۱۲۲
۳. ۶. ۵. سایر چالش‌های تصمیم‌گیری طیفی ۱۲۲
۳. ۷. تقسیم طیفی در شبکه‌های رادیوی شناختی اقتضایی ۱۲۳
۳. ۷. ۱. اختصاص منابع ۱۲۴
۳. ۷. ۲. اختصاص کانال ۱۲۶
۳. ۷. ۳. اختصاص توان ۱۲۷
۳. ۷. ۴. دسترسی طیفی- رادیو شناختیMAC ۱۲۸
۳. ۷. ۵. دسترسی تصادفی- پروتکل‌های رادیو شناختیMAC ۱۲۹
۳. ۷. ۶. پروتکل‌های برش زمانی MAC ۱۳۲
۳. ۷. ۷. پروتکل‌های ترکیبی ۱۳۳
۳. ۷. ۸. دسترسی طیفی فرصت طلبانه برای رادیوهای شناختی متحرک ۱۳۶
۳. ۷. ۹. بررسی و تحلیل رفتار رادیوی شناختی متحرک ۱۳۷
۳. ۷. ۱۰. مدل سیستم ۱۳۹
۳. ۷. ۱۱. انتخاب بهینه کانال ۱۴۰
۳. ۷. ۱۲. مقایسه‌ی عملکرد ۱۴۲
۳. ۷. ۱۳. چالش‌های تحقیقاتی ۱۴۴
۳. ۸. تحرک طیفی در رادیو شناختیMANET ۱۴۶
۳. ۸. ۱. مؤلفه‌ی spectrum hand-off ۱۴۸
۳. ۸. ۲. مدیریت اتصالات ۱۴۹
۳. ۸. ۳. چالش‌های تحقیقاتی ۱۵۰
۳. ۸. ۴. روش Prospect ۱۵۱
۳. ۸. ۵. روش هماهنگ سازی شبکه ۱۵۲
۳. ۸. ۵. ۱. روش هماهنگ سازی با یک آمدگاه ۱۵۲
۳. ۸. ۵. ۲. روش هماهنگ سازی با چند آمدگاه ۱۵۳
۳. ۸. ۶. نگاهی به پروتکل spectrum handoff ۱۵۴

۳. ۸. ۷. الگوریتم انتخاب کانال به طور پراکنده ۱۵۶
۳. ۸. ۸. کانال کنترلی مشترک ۱۵۷
۳. ۸. ۹. CCC داخل باند ۱۵۸
۳. ۸. ۱۰. CCC خارج از باند ۱۵۹
۳. ۸. ۱۱. سایر چالش‌های انتخاب CCC ۱۶۰
۳. ۹. معرفی مفهومی ابزار طراحی شبکه CMANET ۱۶۰
۳. ۱۰. ابزار طراحی MANET شناختی ۱۶۳
۳. ۱۱. تغییرات مورد نیاز در ابزار طراحی خودکار CMANET ۱۶۶
۳. ۱۱. ۱. تعریف یک مدل عمومی شناختی ۱۶۸
۳. ۱۲. مدل طراحی سیستم شناختی ۱۷۰
۳. ۱۳. اصول طراحی شبکه شناختی ۱۷۷
۳. ۱۳. ۱. اهداف طراحی ۱۷۸
۳. ۱۴. مقیاس‌های زمانی طراحی ۱۷۸
۳. ۱۵. سطوح طراحی ۱۷۹
۳. ۱۶. ابزار خودکار طراحی شبکه شناختی ۱۸۲
۳. ۱۷. نتیجه‌گیری ۱۸۳
فصل ۴. بررسی ساختارها و قابلیت‌های شبکه‌های حسگر شناختی ۱۸۷
۴. ۱. ویژگی‌های اصلی CWSN ۱۸۷
۴. ۱. ۱. تصمیم‌گیری شناختی ۱۸۸
۴. ۱. ۲. عمل شناختی ۱۸۸
۴. ۱. ۳. برپایی معماری ارتباطی ۱۸۹
۴. ۱. ۴. توابع و پیاده‌سازی جزئیات CN ۱۸۹
۴. ۲. تفکر کامل CWSN ۱۹۰
۴. ۳. روش حسگری همکارانه در برابر حسگری برنامه‌ریزی شده ۱۹۲
۴. ۴. مدیریت پویای طیف در CWSN ۱۹۳
۴. ۵. حسگری طیف ۱۹۴
۴. ۶. روش‌های مدیریت طیف و تخصیص کانال بین سنسورها ۱۹۸
۴. ۶. ۱. سناریوی ۱: ماکزیمم کردن جمع وزن‌دار نرخ داده شبکه با حداقل spectrum hand-off ۱۹۹

۴. ۶. ۲. سناریوی ۲: در نظر گرفتن سایر پارامترهای مهم در بهینه‌سازی مانند کیفیت اندازه‌گیری‌های سنسورها، کیفیت کانال رادیوها، طول صف(Queue) رادیوها، و مدل‌سازی طیفی PU ۲۰۳
۴. ۶. ۳. سناریوی ۳: تخصیص پراکنده کانال‌ها با پیچیدگی پایین ۲۰۵
۴. ۶. ۴. سناریوی ۴: تخصیص بهینه فرکانس در داخل خوشه‌ای با ارتباطاتone-hop ۲۰۶
۴. ۶. ۵. سناریو ۵: استفاده از POMDP برای بهینه‌سازی تصمیمات ادراکی ۲۰۹
۴. ۷. پروتکل‌های MAC و روش‌های دسترسی به کانال (channel access) ۲۱۱
۴. ۷. ۱. پروتکل ۱: تخصیص غیرمتمرکز و بنابر نیاز فرکانس برای کانال‌های با مشخصات آماری نامشخص ۲۱۲
۴. ۷. ۱. ۱. بررسی عملکردی یک پروتکل ساده ۲۱۳
۴. ۷. ۲. پروتکل ۲: استفاده هم‌زمان گره‌ها از کانال‌های داده ۲۱۳
۴. ۸. روش‌های تخصیص کانال کنترلی در CWSN ۲۱۶
۴. ۹. لایه شبکه ۲۱۹
۴. ۱۰. لایه انتقال ۲۲۰
۴. ۱۱. لایه کاربرد ۲۲۲
۴. ۱۲. امنیت CWSN ۲۲۳
۴. ۱۲. ۱. تهاجم‌های مشترک ضد WSNs و CWSNs ۲۲۳
۴. ۱۲. ۲. تهاجم‌های ویژه ضد CWSNs ۲۲۴
۴. ۱۲. ۳. امنیت، و مکانیزم‌های اطمینان‌ساز CWSNs ۲۲۷
۴. ۱۲. ۴. شناسایی تهاجم‌هایی که از طبیعت شناختی CWSNs بهره می‌برند ۲۲۸
۴. ۱۲. ۵. حملات لایه MAC ۲۲۹
۴. ۱۲. ۶. محرمانگی اطلاعات شبکه ۲۳۰
۴. ۱۲. ۷. امنیت لایه‌ی شبکه ۲۳۳
پیوست آ. مطالعه محصولات ارائه‌شده در حوزه دانشگاهی ۲۴۲
آ. ۱. CogNet ۲۴۲
آ. ۲. BEE2 ..... ۲۴۲
آ. ۳. SSF SDR ۲۴۳
آ. ۴. محصولات دانشگاه صنعتی ویرجینیا ۲۴۴

آ. ۵. WARP ۲۴۶
آ. ۶. HYDRA ۲۴۶
آ. ۷. ARAGON ۲۴۶
آ. ۸. فعالیت‌های صنعتی ۲۴۷
آ. ۹. ADROIT ۲۴۸
آ. ۱۰. XG1 ..... ۲۴۸
آ. ۱۱. شرکت Shared Spectrum ۲۴۹
پیوست ب. بررسی محصولات CMANET ۲۵۲
ب. ۱. محصول TAC WIN ۲۵۲
ب. ۱. ۱. امتیازات محصول ۲۵۷
ب. ۱. ۲. مشخصات محصول ۲۵۷
ب. ۲. محصول دوم: BNET ساخت شرکت RAFAEL ۲۶۲
ب. ۲. ۱. مزایا ۲۶۲
ب. ۳. محصولات دیگر با جهت گیری به مخابرات نسل آینده (LTE/4G) ۲۶۵
ب. ۳. ۱. چالش و محدودیت‌های مخابرات تاکتیکی مرسوم و راه حل‌های موجود ۲۶۵
ب. ۴. نتیجه گیری ۲۷۶
پیوست ت. معرفی محصولات شبکه‌های حسگر شناختی ۲۷۸
ت. ۱. بردهای سنسوری و گیرنده-فرستنده ۲۷۸
ت. ۱. ۱. برد سنسوری TI ۲۷۹
ت. ۱. ۲. برد سنسوری WISIP ۲۷۹
ت. ۱. ۳. انتقال از CC2430 به CC2530 ..... ۲۸۲
ت. ۱. ۴. الگوریتم‌های پیاده شده در CN ۲۸۳
ت. ۲. وظایف شناختی پیش از پیاده سازی ۲۸۸
ت. ۲. ۱. استخراج حالت‌های باتری ۲۸۸
ت. ۲. ۲. عامل استفاده‌ی گره ۲۸۹
ت. ۲. ۳. جدول مرجع ۲۸۹
ت. ۲. ۴. پوشش شبکه ۲۹۰
ت. ۲. ۵. حفظ پوشش در CWSN ۲۹۱
ت. ۲. ۶. ارزیابی و آزمون تجربی ۲۹۲

ت. ۲. ۷. ارزیابی توپولوژی گره شناختی در حالت انفرادی..... ۲۹۳
ت. ۲. ۸. توپولوژی گره شناختی چند تایی..... ۲۹۸
ت. ۲. ۹. مطالعه‌ی عمر در برابر نرخ ارسال داده..... ۳۰۳
ت. ۲. ۱۰. ارزیابی هزینه..... ۳۰۳
ت. ۳. نتیجه‌گیری..... ۳۰۵
ت. ۴. پلتفورم cNGD طراحی شده توسط دانشگاه مادرید..... ۳۰۶
ت. ۴. ۱. الزامات سخت‌افزاری..... ۳۰۶
ت. ۴. ۲. طراحی پروتکل و میان‌افزار..... ۳۱۰
ت. ۴. ۳. الزامات نرم‌افزاری..... ۳۱۱
ت. ۴. ۴. تست‌های عملکردی..... ۳۱۲
ت. ۴. ۵. نتیجه‌گیری برای این محصول..... ۳۱۳
ت. ۴. ۶. بررسی سابقه پلتفورم cNGD..... ۳۱۳
ت. ۵. محصول برای شبکه‌ای هوشمند برای مانیتورینگ و کنترل خطوط قدرت..... ۳۱۴
ت. ۵. ۱. مثالی از عملکرد شبکه..... ۳۱۵
ت. ۵. ۲. معماری شبکه و سخت‌افزار سیستم..... ۳۱۶
ت. ۵. ۳. نرم‌افزار و پروتکل ارتباطی..... ۳۱۷
ت. ۵. ۴. خلاصه‌ای از بررسی این محصول..... ۳۱۹
ت. ۵. ۵. پلتفورم WiNC2R ساخت دانشگاه Rutgers..... ۳۲۰
ت. ۵. ۶. سخت‌افزار WiNC2R..... ۳۲۱
ت. ۵. ۷. طراحی بورد WiNC2R..... ۳۲۳
ت. ۵. ۸. پلتفورم نرم‌افزاری..... ۳۲۶
ت. ۵. ۹. نتیجه گیری..... ۳۲۷
مراجع..... ۳۲۹
واژه نامه..... ۳۵۳

فهرست اشکال

شکل ۱-۱ بررسی FCC در مورد میزان استفاده از طیف [۷] ۴
شکل ۱-۲ مقایسه دو روش لایه رویین و لایه زیرین ۵
شکل ۱-۳ مفهوم حفره طیفی و استفاده از آن در شبکه‌های رادیوشناختی ۶
شکل ۱-۴ مقایسه بین رادیوی معمولی، نرم افزاری و شناختی [۸] ۸
شکل ۱-۵ سیکل شناختی در یک رادیوی شناختی ۹
شکل ۱-۷ معماری‌های مختلف در شبکه‌های رادیوشناختی ۱۸
شکل ۱-۸ چرخه‌ی شناختی [۲۰] ۲۱
شکل ۱-۹ احتمال سیگنال‌های اندازه‌گیری شده[۲۰] ۲۲
شکل ۱-۱۰ مثالی از اندازه‌گیری مشارکتی[۲۰] ۲۳
شکل ۱-۱۱ اصول برنامه‌ریزی بسته‌ها و وفق‌پذیری لینک در [LTE [۲۰] ۲۹
شکل ۱-۱۲ مثالی از الگوی برنامه‌ریزی [۲۰] ۲۹
شکل ۱-۱۳ مثالی از عملکرد سیستم LTE تحت تداخل[۲۰] ۳۰
شکل ۱-۱۴ نمونه‌ای از سناریوی مخابرات تاکتیکی [۲۰] ۳۲
شکل ۱-۱۵ نمونه‌ای از طیف دو بعدی [۲۰] ۳۴
شکل ۱-۱۶ معماری لایه‌ای مطرح برای شبکه‌های رادیوشناختی متمرکز [۳] ۳۸
شکل ۱-۱۷ معماری لایه‌ای مطرح برای شبکه‌های رادیوشناختی توزیع‌شده [۳] ۳۸
شکل ۲- ۱طبقه بندی توابع هدف در طراحی مورد نظر [۴۲] ۵۲
شکل ۲- ۲ طبقه بندی پارامترهای قابل تنظیم [۴۲] ۵۳
شکل ۲- ۳ گام‌های طراحی MANET در NEDAT [۴۲] ۵۵
شکل ۲- ۴ حالت محدود ماشین (FSM) برای ADM [۴۲] ۵۶
شکل ۲- ۵ خسارت‌های ترافیکی در دو مجموعه‌ی پارامتر تنظیم پذیر (snapshot در ثانیه ۱۲۰۰)[۴۲] ۵۹
شکل ۲- ۶ کمینه‌ی خسارت ترافیکی برای تمام مدت مأموریت تحت دو مجموعه‌ی پارامتر مذکور [۴۲] ۶۰
شکل ۲- ۷ اجزاء یک سنسور ۶۴
شکل ۲- ۸ معماری تبادل اطلاعات در شبکه سنسوری بی‌سیم ۶۶
شکل ۲- ۹ پروتکل شبکه سنسوری ۶۶

شکل ۲- ۱۰ توپولوژی شبکه [۶۲] ۷۲
شکل ۲- ۱۱ ظرفیت کاربرد و overhead ترافیک ناشی از بازیابی کاربر اولیه [۶۲] ۷۴
شکل ۲- ۱۲ هیستوگرامِ تعداد پرش‌ها در هر بسته[۶۲] ۷۴
شکل ۲- ۱۳ CDF تأخیر کلی بسته‌ها در لایه‌ی کاربرد [۶۲] ۷۵
شکل ۲- ۱۴ تعداد دستورهای دریافت کاربر [۶۲] ۷۶
شکل ۲- ۱۵ میانگین در پنجره‌ی دو ثانیه‌ای در تأخیر کلی لایه‌ی کاربرد [۶۲] ۷۷
شکل ۲- ۱۶ مطالعه‌ی برد ارتباطی [۶۲] ۷۸
شکل ۳-۱ اجزای یک معماری نمونه در CMANET [۱] ۸۸
شکل ۳-۲ چرخه شناختی [۱] ۸۸
شکل ۳-۳ چهار چوب مدیریت طیفی [۱] ۸۹
شکل ۳-۴ اندازه گیری طیف برای شبکه‌های اقتضایی [۱] ۹۲
شکل ۳-۵ طبقه بندی اندازه گیری طیفی [۱] ۹۲
شکل ۳-۶ آشکار ساز با فیلتر تطبیق [۱] ۹۴
شکل ۳-۷ آشکار ساز انرژی [۱] ۹۵
شکل ۳-۸ آشکار ساز Cyclo-stationary [۱] ۹۵
شکل ۳-۹ پارامترهای پیکربندی که توسط کنترل اندازه گیری هماهنگ می‌گردند [۱] ۹۷
شکل ۳-۱۰ محوشوندگی و Shadowing عامل ایجاد همبستگی در آمارگان سیگنال دریافتی و عدم آشکارسازی درست رویداد طیفی [۸۰] ۱۰۳
شکل ۳-۱۱ تأثیر تعداد نمونه گیری M و سرعت سنسور متحرک V بر احتمال Missed detection و غلبه بر مشکلات کانال [۸۰] ۱۰۳
شکل ۳-۱۲ قدرمطلق قسمت حقیقی ضریب همبستگی را مربوط دو سناریوی منعکس کننده‌های یکنواخت $(\zeta = 0)$ و غیر یکنواخت $(\zeta = 5)$ [۷۹] ۱۰۵
شکل ۳-۱۳ روش انتخاب رادیوهای شناختی با کم‌ترین همبستگی میان آن‌ها بر اساس محاسبه‌ی الگوریتم شکل ۳-۱۴ ..... ۱۰۶
شکل ۳-۱۴ الگوریتم رادیوهای شناختی بر اساس انتخاب آگاه به همبستگی[۷۹] ۱۰۶
شکل ۳-۱۵ نمایشی از نحوه‌ی ارسال کاربران شناختی در نواحی محافظ ε-band و محدودیت‌های ارسال آن‌ها [۸۱] ۱۰۷
شکل ۳-۱۶ ساختاری از زمان‌بندی عملکرد رادیو شناختی [۸۱] ۱۰۸

شکل ۳-۱۷ مدلسازی اشغال بودن کانال توسط PU برای رادیوهای ساکن به صورت یک زنجیره مارکف پیوسته در زمان دو حالته [۸۱] ۱۰۹
شکل ۳-۱۸ مدلسازی آماری در دسترس بودن کانال برای کاربران شناختی متحرک با استفاده از یک زنجیره مارکف پیوسته سه حالته[۸۱] ۱۱۰
شکل ۳-۱۹ تأثیر بسیار مهم باند حفاظتی بر در دسترس بودن کانال [۸۱] ۱۱۱
شکل ۳-۲۰ توپولوژی شبکه با ۱۰ گره در حالت گراف تصادفی[۷۷] ۱۱۳
شکل ۳-۲۱ توپولوژی شبکه با ۱۰ گره در حالت گراف ثابت[۷۷] ۱۱۳
شکل ۳-۲۲ همگرایی شبکه با ۱۰ گره در گراف ثابت با گام های یادگیری $\varepsilon = 0.19$ [۷۷] ۱۱۴
شکل ۳-۲۳ همگرایی شبکه با ۱۰ گره در گراف تصادفی با گام های یادگیری $\varepsilon = 0.19$ [۷۷] ۱۱۵
شکل ۳-۲۴ همگرایی شبکه با ۵۰ گره در گراف تصادفی با گام های یادگیری $\varepsilon = 0.15$ [۷۷] ۱۱۵
شکل ۳-۲۵ ساختار تصمیم گیری طیفی برای شبکه‌های اقتضایی [۱] ۱۱۸
شکل ۳-۲۶ ساختار تقسیم طیفی برای شبکه‌های اقتضایی [۱] ۱۲۴
شکل ۳-۲۷ طبقه‌بندی پروتکل‌های MAC در CR adhoc [۱] ۱۲۹
شکل ۳-۲۸ ۱)پایانه‌ی پنهان: گره C می‌تواند منجر به تصادف در A گردد؛ ۲) پایانه‌ی در معرض: گره A می‌تواند از ارسال C به D جلوگیری کند[۹۷] ۱۳۱
شکل ۳-۲۹ ساختار ابر فریم چند-کاناله در C-MAC، هر کانال به شکل ابر فریم، با BP های نا هم پوشان در سرتاسر کانال تحقق یافته است[۹۹]. ۱۳۳
شکل ۳-۳۰ خوشهها از طریق گرههای دروازه به هم متصل میگردند[۱۰۰] ۱۳۵
شکل ۳-۳۱ ۶ گره شناختی با مجموعه‌ای از کانال‌های آزاد در هر گره [۱۰۱] ۱۳۶
شکل ۳-۳۲ ۵ کانال با انتقال رویدادهای کنترلی و داده در برهه‌های زمانی مربوطه در پروتکل SYNC_MAC مربوط به گره های [۱۰۱] ۱۳۷
شکل ۳-۳۳ نمایش مدلی از شبکه‌های متحرک رادیو شناختی [۸۱] ۱۳۹
ب) تأثیر چگالی رادیو شناختی الف) تأثیر در دسترس بودن کانال ۱۴۱
شکل ۳-۳۴ احتمال انتخاب بهینه‌ی کانال ($\bar{v} = 4m/s$)،الف)استراتژی انتخاب بهینه‌ی کانال وابسته به میانگین در دسترس بودن کانال است ($\overline{w_{idle}}$)، ب) تأثیر آمارگان ترافیک PU با افزایش چگالی رادیو شناختی کاهش یابد [۸۱] ۱۴۱

شکل ۳-۳۵ تأثیر چگالی PU بر p^*: توزیع فضایی PUs بر احتمال انتخاب کانال بهینه تأثیر گذار است($\rho_p = [0.1, 0.2, 0.5, 1, 2] / km^2$ و $\overline{w_{idle}} = 0.4$ و p_i با افزایش اندیس کانال افزایش می یابد[۸۱] ۱۴۲
شکل ۳-۳۶ تأثیر سرعت رادیو شناختیs بر Λ_i و p^*: در دسترس بودن فضایی-زمانی کانال وابسته به سرعت رادیو شناختیs می‌باشد، بنابراین بر استراتژی بهینه‌ی انتخاب کانال p^* تأثیر می گذارد $\left(\overline{w_{idle}} = 0.4, \rho_s = 10 / km^2, \rho_p = [0.1, 0.2, 0.5, 1, 2] / km^2\right)$ [۸۱] ۱۴۳
شکل ۳-۳۷ عملکرد الگوریتم انتخاب کانال پراکنده‌ی OPT-ST : OPT-ST از نظر الف) ظرفیت شبکه و ب) عدالت (Jain's index)، نسبت به روش‌های دیگر برتری دارد (میانگین چگالی SU در $\rho_s = 1 / km^2$ ثابت شده است)[۸۱] ۱۴۳
شکل ۳-۳۸ تأثیر چگالی رادیو شناختی بر عملکرد ظرفیت: عملکرد OPT-ST با افزایش میانگین چگالی رادیو شناختی افزایش می‌یابد(سرعت رادیو شناختیs در $\bar{v} = 4m / s$ ثابت است)[۸۱] ۱۴۴
شکل ۳-۳۹ چالش‌های تقسیم طیف در رادیو شناختیAHNs [۱] ۱۴۵
شکل ۳-۴۰ ساختار تحرک طیفی برای رادیو شناختیAHNs [۱] ۱۴۸
شکل ۳-۴۱ نمونه‌ای از روش هماهنگ سازی با یک آمدگاه[۱۱۶] ۱۵۳
شکل ۳-۴۲ نمونهای از روش هماهنگ سازی با چند آمدگاه[۱۱۶] ۱۵۴
شکل ۳-۴۳ عملکرد پروتکل ۲ و به طور کلی پروتکل فراکنشی درspectrum handoff [۱۱۶] ۱۵۵
شکل ۳-۴۴ طبقه بندی نحوه‌ی طراحی کانال کنترلی مشترک [۱] ۱۵۸
شکل ۳-۴۵ انتخاب‌های پیاده‌سازی برای طراحی مدول‌های Cognitive- MANETs [۴۲] ۱۶۷
شکل ۳-۴۶ موقعیت و امکانات پلتفورم‌ها [۱۲۷] ۱۷۱
شکل ۳-۴۷ اختصاص گروه پلتفرم و گروه فرکانسی [۱۲۷] ۱۷۲
شکل ۳-۴۸ طراحی توپولوژی [۱۲۷] ۱۷۴
شکل ۳-۴۹ کانال‌های فرکانسی مشترک میان زیر شبکه‌ها(سمت چپ) و شکل موج‌ها (سمت راست) [۱۲۷] ۱۷۴
شکل ۳-۵۰ اختصاص کانال به زیر شبکه‌ها [۱۲۷] ۱۷۵
شکل ۳-۵۱ اختصاص مجموعه‌ی فرکانسی [۱۲۷] ۱۷۶
شکل ۳-۵۲ برنامه ریزی در MAC [۱۲۷] ۱۷۷
شکل ۳-۵۳ محاسبه‌ی گذرهای مسیریابی [۱۲۷] ۱۷۷

شکل ۳-۵۴ طراحی‌های سطح مأموریت، سطح فاز و سطح Snapshot [۱۲۷] ۱۸۰
شکل ۳-۵۵ اجرای غیر تکراری در طراحی C_MANET [۱۲۷] ۱۸۱
شکل ۴- ۱ چرخه‌ی شناختی [۴۹] ۱۸۸
شکل ۴- ۲ وظایف شناختی [۴۹] ۱۸۹
شکل ۴- ۳ توپولوژی شبکه‌ی شناختی و صفحه‌ی دانش CN [۴۹] ۱۹۰
شکل ۴- ۴ مثالی از WRAN 802.22 با کاربر اولیه، فرستنده‌ی TVو سنسورهای ایستان و متحرک [135] ۱۹۱
شکل ۴- ۵ عملکرد حسگری فضا-زمانی با سنسورهای متحرک. الف) احتمال شناسایی اشتباه را کاهش می‌دهد ب). بهره‌ی برنامه‌ریزی حسگری افرایش می‌یابد. پارامترهای مربوط به شبیه سازی در [۱۰۵] ذکر شده است. ۱۹۲
شکل ۴- ۶ ترکیبات (N, M) برای برآوردن نیازهای شناسایی [۱۰۵] ۱۹۳
شکل ۴-۵۶ مسئله بهینه‌سازی چندمعیاری [۱۵۳] ۲۰۲
شکل ۴- ۷ شمایی از شبکه‌های خوشه‌ای با سرخوشه‌های رادیوی ادراکی و گره‌ی سینک [۱۵۴] ۲۰۳
شکل ۴- ۸ نحوه انتخاب فرکانس در یک سناریوی نمونه[۱۵۵] ۲۰۷
شکل ۴- ۹ نوع پیام‌های انتقالی در کانال کنترلی[۱۵۵] ۲۰۷
شکل ۴- ۱۰ چرخه‌ی شناختی و تهاجم های مربوط به آن[۱۷۷] ۲۲۶
شکل آ- ۱ BEE2 ساخت دانشگاه برکلی [۴۱] ۲۴۳
شکل آ- ۲ شمای عملیاتی کلی SSF-SDR طراحی شده توسط دانشگاه یوتا[۴۱] ۲۴۴
شکل آ- ۳ شمای کلی از معماری CROSS [۴۱] ۲۴۵
شکل آ- ۴ شمای کلی از Hydra[41] ۲۴۷
شکل آ- ۵ شمای کلی از معماری کنترلی ADROIT [۴۱] ۲۴۹
شکل ب- ۱ سمت راست واحد رادیویی و سمت چپ مسیر یاب تاکتیکی [۲۰] ۲۵۳
شکل ب- ۲ ساختار، پیکربندی MANET [۲۰] ۲۵۴
شکل ب- ۳ II ساختار نقطه به نقطه I ساختار نقطه به چند نقطه [۲۰] ۲۵۵
شکل ب- ۴ نمایشی از RH-IV دارای آنتن integrate [۲۰] ۲۵۸
شکل ب- ۵ خانواده‌ی BNET-SDR، در محصول ۱) BNET در سمت چپ ۲)BNET-HH در سمت راست[۲۱۷] ۲۶۳
شکل ب- ۶ شکاف در ظرفیت داده : برتری مخابرات تجاری نسبت به مخابرات تاکتیکی[۲۱۸]. ۲۶۶

شکل ب- ۷ کاربردهای تکنولوژی تجاری در شبکه‌های تاکتیکی[۲۲۱]..... ۲۶۹
شکل ب- ۸ روش‌های آموزش SON برای عملکرد مطلوب در مخابرات سلولی ناهمگون[۲۲۲]... ۲۷۰
شکل ت- ۱ تصویر گیرنده-فرستنده CC2430 [۲۲۴]..... ۲۷۹
شکل ت- ۲ برد سنسوری TI (SOC_BB)[۲۲۵]..... ۲۸۰
شکل ت- ۳ برد سنسوری WISIP [۴۹]..... ۲۸۰
شکل ت- ۴ ویژگی دشارژ باتری گره سنسور [۴۹]..... ۲۸۸
شکل ت- ۵ الف) توزیع اهداف حرارتی و گره‌های سنسور در سه کلاس کوچکتر ب) توزیع اهداف فرابنفش و گره‌های سنسور در ۷ کلاس کوچکتر [۴۹]..... ۲۹۲
شکل ت- ۶ شبکه‌ی سنسوری بی‌سیم شناختی با یک گره شناختی به منظور رصد محیط زیست [۴۹]..... ۲۹۴
شکل ت- ۷ عمر شبکه با عامل استفاده‌ی ۵ برای تمام گره‌های سنسوری (نتایج تجربی بر اساس سناریوی دوم) [۴۹]..... ۲۹۵
شکل ت- ۸ عمر شبکه با عامل استفاده‌ی ۵ برای تمام گره‌های سنسوری (نتایج محاسبات تئوری) [۴۹]..... ۲۹۵
شکل ت- ۹ مقایسه‌ی عمر شبکه غیرشناختی از لحاظ تئوری و عملی [۴۹]..... ۲۹۶
شکل ت- ۱۰ مقایسه‌ی عمر شبکه شناختی از لحاظ تئوری و عملی [۴۹]..... ۲۹۶
شکل ت- ۱۱ عمر شبکه با عامل استفاده‌ی ۵ برای تمام گره‌های سنسوری (نتایج محاسبات تئوری و بر اساس سناریوی اول) [۴۹]..... ۲۹۷
شکل ت- ۱۲ عمر شبکه با عامل استفاده‌ی تصادفی برای تمام گره‌های سنسوری (نتایج محاسبات تئوری و بر اساس سناریوی اول) [۴۹]..... ۲۹۷
شکل ت- ۱۳ توپولوژِی گره شناختی چندتایی [۴۹]..... ۲۹۸
شکل ت- ۱۴ گره سینک در حال دریافت و نمایش داده [۴۹]..... ۲۹۹
شکل ت- ۱۵ شبکه‌ی پیاده‌سازی شده [۴۹]..... ۳۰۰
شکل ت- ۱۶ زیر کلاس ۰ و سنسورهای آن [۴۹]..... ۳۰۰
شکل ت- ۱۷ گره شناختی [۴۹]..... ۳۰۱
شکل ت- ۱۸ برپایی آزمایش برای توپولوژی گره شناختی چندتایی، n تعداد گره‌ها در هر زیر کلاس است [۴۹]..... ۳۰۲
شکل ت- ۱۹ عمر دربرابر تعدادگره‌های هر زیرکلاس در هر حالت شبکه‌های شناختی و غیرشناختی [۴۹]..... ۳۰۲

شکل ت- ۲۰ چگونگی تغییرات عمر CWSN با افزایش تعداد گره‌های در هر زیر کلاس [۴۹]..۳۰۳
شکل ت- ۲۱ مقایسه‌ی عمر شبکه‌های شناختی و غیر شناختی با۲ گره‌های شناختی و ۲ گره در هر زیر کلاس [۴۹].....۳۰۴
شکل ت- ۲۲ مقایسه‌ی عمر شبکه‌های شناختی و غیر شناختی با۲ گره‌های شناختی و ۳ گره در هر زیر کلاس [۴۹].....۳۰۴
شکل ت- ۲۳ مقایسه‌ی عمر شبکه‌های شناختی با۲ گره‌های شناختی و n تعداد گره‌ها در هر زیر کلاس [۴۹].....۳۰۴
شکل ت- ۲۴ هزینه‌ی اضافه سازی گره‌های شناختی [۴۹].....۳۰۵
شکل ت- ۲۶ بورد اصلی cNGD [۲۳۲].....۳۰۸
شکل ت- ۲۷ ماژول RI [۲۳۲].....۳۰۸
شکل ت- ۲۸ شیلد باطری در بالا و شیلد اتصال UART در پایین[۲۳۲].....۳۰۹
شکل ت- ۲۹ شبکه‌های هوشمند انتقال نیرو [۲۳۵].....۳۱۵
شکل ت- ۳۰ ساختار شبکه شبکه‌های هوشمند انتقال نیرو[۲۳۵].....۳۱۶
شکل ت- ۳۱ ساختار سخت‌افزاری WiNC2R [۲۳۶].....۳۲۲
شکل ت- ۳۲ نحوه عملکرد پلتفورم[۲۳۶].....۳۲۳
شکل ت- ۳۳ بورد WiNC2R [۲۳۶].....۳۲۴
شکل ت- ۳۴ ماژول‌های مودم (همان پردازش باند پایه) و شبکه[۲۳۶].....۳۲۴
شکل ت- ۳۵ ماژولRF [236].....۳۲۵

فهرست جداول

جدول ۲- ۱ فرکانس‌های ISM ۶۵
جدول ۲- ۲ بهره‌های سه آنتن مختلفا[۴۹] ۶۹
جدول ۲- ۳ تأخیر کلی لایه‌ی کاربرد و آمارگان تأخیر لایه‌ی MAC برای سناریوی گزارش وضعیت سنسورها[۶۲] ۷۵
جدول ۲- ۴ تأخیر کلی لایه‌ی کاربرد و آمارگان تأخیر لایه‌ی MAC برای سناریوی دستور کنترلی [۶۲] ۷۷
جدول ۴-۱ انواع حملات در شبکه‌های حسگر شناختی در لایه‌های مختلف شبکه و مقایسه‌ی با WSN از نظر اشتراک در حملات [۲۱۶] ۲۳۶
جدول ۴-۲ مقایسه شبکه‌های حسگر رادیوشناختی با شبکه‌های حسگر و شبکه‌های رادیوشناختی توزیع‌شده[۱۷] ۲۳۷
جدول آ- ۱ محصولات مقایسه رادیو شناختی موجود ۲۴۲
جدول ب- ۱ مشخصات تکنیکی مسیریاب تاکتیکی [۲۰] ۲۵۹
جدول ب- ۲ مشخصات سه مدل مختلف واحد رادیویی[۲۰] ۲۶۰
جدول ب-۳ مشخصات فیزیکی در محصولات BNET [۲۱۷] ۲۶۴
جدول ب-۴ مشخصات فنی در محصولات BNET [۲۱۷] ۲۶۴
جدول ب-۵ کاربردهای رایج و نگاشت با کاربردهای نظامی[۲۱۹] ۲۶۷
جدول ب- ۶ توانمندیهای شبکه LTE ۲۶۷
جدول ب- ۷ تکنولوژِی تجاری و مشابه نظامی آن [۲۲۱] ۲۶۹
جدول ت- ۱ اتصالات P1 و P2 به CC2430 [۴۹] ۲۸۱
جدول ت- ۲ تفاوت‌های میان CC2430 و CC2530 [۲۲۸] ۲۸۲
جدول ت- ۳ حالات سطوح باتری (در ۶ حالت) [۴۹] ۲۸۹
جدول ت- ۴ جدول عامل استفاده [۴۹] ۲۸۹
جدول ت- ۵ جدول مرجع گره شناختی در پیاده‌سازی [۴۹] ۲۹۰
جدول ت- ۶ متغیرها و تعاریف آن‌ها [۴۹] ۲۹۱
جدول ت- ۷ هزینه‌ی سنسورها [۴۹] ۲۹۲
جدول ت- ۸ هزینه‌ی گره‌ها [۴۹] ۲۹۳
جدول ت- ۹ میزان جریان مصرفی در ماژول‌های مختلف بورد[۲۳۲] ۳۱۲

جدول ت- ۱۰ frequency agility یا همان توانایی بورد در تغییر سریع پارامترهای ارسال رادیویی مانند فرکانس ارسال و توان ارسال است[۲۳۲].....۳۱۲
جدول ت- ۱۱ نرخ‌هایی قابل دستیابی در لایه کاربرد با شبکه‌ای از این سنسور بوردها[۲۳۲].....۳۱۳