

جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه کشور

آیین نامه ارتباطات رادیویی ایران

جلد اول:

راه کارهای ارتباطات رادیویی درون ساختمانی

ضابطه شماره ۱-۷۰۰

ویرایش: ۱۶-۰۳-۱۴۰۵

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

معاونت تحقیقات

bhrc.ac.ir

معاونت فنی، امور زیربنایی و تولیدی

امور نظام فنی و اجرایی

nezamfanni.ir

سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی

معاونت امور رادیویی

cra.ir

۱۴۰۵



شماره : ۱۴۰۵/۳۸۸۶۶۰	بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران
تاریخ : ۱۴۰۵/۰۷/۲۹	

به استناد ماده (۳۴) قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور و تبصره ذیل بند (۳-۱) ماده (۴) «سند نظام فنی‌و اجرایی یکپارچه کشور»، موضوع تصویب‌نامه شماره ۴۰۵۴۴/ت/۶۳۷۱۹ هـ مورخ ۱۴۰۴/۰۳/۰۶ هیئت وزیران؛ ضابطه پیوست با مشخصات زیر ابلاغ و در «سامانه نظام فنی‌و اجرایی کشور» به نشانی Nezamfanni.ir منتشر می‌شود:

عنوان:	آیین‌نامه ارتباطات رادیویی ایران جلد اول : راهکارهای ارتباطات رادیویی درون ساختمانی
شماره ضابطه:	۷۰۰-۱
نوع ابلاغ:	لازم الاجرا (به استناد بند ۲۸ ماده (۱) سند نظام فنی و اجرایی یکپارچه کشور)
حوزه شمول:	همه قراردادهای جدیدی که از محل وجوه عمومی و یا به صورت مشارکت عمومی-خصوصی منعقد می‌شوند.
تاریخ اجرا:	۱۴۰۶/۰۱/۰۱ (مهلت اجرای بین تاریخ ابلاغ و تاریخ اجرا، به استناد بند ۳-۳ ماده (۴) سند نظام فنی و اجرایی یکپارچه کشور و به منظور اتخاذ تمهیدات لازم برای اجرای ضابطه و ملاحظات ارجاع کار می‌باشد).
متولی تهیه، اخذ بازخورد و اصلاح:	سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی
مرجع اعلام اصلاحات:	امور نظام فنی‌و اجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور

سیدحمید پورمحمدی

رونوشت :

معاونت حقوقی ریاست جمهوری - سامانه ملی قوانین و مقررات جمهوری اسلامی ایران
امور حقوقی قوانین و مقررات
مرکز روابط عمومی، امور بین‌الملل و مدیریت دانش
دبیرخانه مرکزی سازمان

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی و اجرایی معاونت فنی، زیربنایی و تولیدی سازمان برنامه و بودجه کشور، با همکاری مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی و با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این ضابطه کرده و آن را برای استفاده به جامعه‌ی مهندسی کشور عرضه نموده است.

نظر به تهیه این ضابطه به وسیله آن مرکز، مسئولیت مطالب تهیه شده، تفسیر و اصلاح آن با آن مجموعه می‌باشد. مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، دریافت کننده نظرات و پیشنهادهای اصلاحی در مورد مفاد این ضابطه بوده و اصلاحات لازم را امور نظام فنی و اجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور اعلام خواهد کرد.

با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلطهای مفهومی، فنی، ابهام، ابهام و اشکالات موضوعی نیست از این رو، از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی، مراتب را منعکس فرمایید. کارشناسان مربوط، نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت. پیشاپیش از همکاری و دقت نظر شما قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه:

تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی‌شاه - مرکز تلفن ۳۳۲۷۱ سازمان برنامه و بودجه کشور، امور نظام فنی و اجرایی

Email: nezamfanni@chmail.ir

web: nezamfanni.ir

تهران، بزرگراه شیخ فضل‌انوری، جنب شهرک فرهنگیان، خیابان نارگل، خیابان شهید علی مروی، خیابان حکمت، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

کدپستی: ۱۴۶۳۹۱۷۱۵۱

شناسه پستی: ۱۴۶۳۹۱۷۱۵۱

صندوق پستی: ۱۶۹۶ - ۱۳۱۴۵

Email : info@bhrc.ac.ir

web: www.bhrc.ac.ir

پیشگفتار:

تدوین، بازنگری و به‌روزرسانی ضوابط و دستورالعمل‌های فنی، از الزامات ارتقای کیفیت طرح‌های عمرانی و هماهنگی میان مراحل مطالعه، طراحی، اجرا و بهره‌برداری است. سازمان برنامه و بودجه کشور در چهارچوب وظایف و مسئولیت‌های قانونی خود، به‌ویژه مفاد ماده (۳۴) قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور و آیین‌نامه اجرایی آن، تدوین و ابلاغ ضوابط فنی و اجرایی را دنبال می‌کند تا مبنایی منسجم برای فعالیت عوامل طرح‌های عمرانی فراهم شود.

معاونت فنی، زیربنایی و تولیدی سازمان برنامه و بودجه کشور، در جایگاه متولی نظام فنی و اجرایی کشور، شناسایی نیازهای ضابطه‌ای، هدایت فرآیند تدوین و بازنگری اسناد فنی و بهره‌گیری از دانش متخصصان و تجربه‌های اجرایی را بر عهده دارد. این معاونت با توجه به تحولات فناوری و نیازهای روز کشور، تلاش می‌کند ضوابط فنی با شرایط اجرایی، مقتضیات بومی و الزامات قانونی هماهنگ باشد و زمینه ارتقای کیفیت، ایمنی و قابلیت بهره‌برداری از طرح‌ها را فراهم کند. گسترش استفاده از خدمات تلفن همراه و افزایش وابستگی فعالیت‌های روزمره و حرفه‌ای به ارتباطات پایدار، ضرورت توجه به کیفیت پوشش شبکه در داخل ساختمان‌ها را افزایش داده است. ویژگی‌های فیزیکی ساختمان، به‌ویژه در ساختمان‌های بزرگ، مرتفع و دارای طبقات زیرزمین، می‌تواند موجب تضعیف سیگنال و کاهش کیفیت خدمات شود. ازاین‌رو، طراحی و اجرای تاسیسات ارتباطات رادیویی داخل ساختمان به چهارچوبی فنی نیاز دارد که نیازسنجی، انتخاب راه‌کار، هماهنگی با اپراتور، تامین و نصب تجهیزات، آزمون و تحویل سیستم را به‌صورت منسجم پوشش دهد.

ضابطه حاضر با مشارکت متخصصان حوزه‌های ارتباطات رادیویی، تاسیسات ساختمان و بهره‌برداری تدوین شده است تا معیارهای لازم برای تصمیم‌گیری و اقدام عوامل پروژه را در اختیار آنان قرار دهد. اما با وجود تلاش و دقت صرف‌شده در تدوین این ضابطه، احتمال وجود کاستی یا ابهام در برخی مطالب آن منتفی نیست. از سوی دیگر، تحولات سریع فناوری‌های ارتباطی و تغییر الزامات فنی و اجرایی، بازنگری و به‌روزرسانی مستمر این ضابطه را ضروری می‌سازد. ازاین‌رو، امور نظام فنی و اجرایی مسئولیت پایش، دریافت بازخوردها، بررسی دیدگاه‌های تخصصی و پیگیری اصلاح و تکمیل این ضابطه را بر عهده دارد. از کارشناسان، متخصصان و دیگر استفاده‌کنندگان درخواست می‌شود موارد اصلاحی و پیشنهادهای خود را برای بررسی به ایمیل [Email: nezamfanni@chmail.ir](mailto:nezamfanni@chmail.ir) ارسال کنند. اصلاحات تاییدشده از طریق پایگاه اطلاع‌رسانی نظام فنی و اجرایی کشور اعلام خواهد شد. تاریخ تدوین یا بازنگری مطالب در بالای صفحات درج می‌شود و در صورت تغییر محتوای هر صفحه، متن دارای تاریخ جدیدتر اعتبار خواهد داشت.

حمید امانی همدانی

معاون فنی، زیربنایی و تولیدی

تابستان ۱۴۰۵

ضابطه ارتباطات رادیویی ایران
جلد اول: راه کارهای ارتباطات رادیویی درون ساختمانی
[ضابطه شماره ۱-۷۰۰]

اعضای کمیته تدوین:

رئیس کمیته	حامد رشیدی اقدام
دبیر کمیته	کامبیز نصیری اعظم
عضو کمیته	سیدحسن سیدموسوی
عضو کمیته	ادیب کامرانی
عضو کمیته	شیدا قنبرلو
عضو کمیته	غلامرضا نوشیروانی بابلی
عضو کمیته	مهدی وکیلی
عضو کمیته	بابک ایزدپناه
عضو کمیته	علی نوده فراهانی
عضو کمیته	محمد نبی پور
عضو کمیته	امیر صدقیانی
عضو کمیته	مهدی صادقی
کارشناسی ارشد مهندسی برق - الکترونیک	
کارشناس ارشد شبکه	
دکتری مهندسی برق - مخابرات	
کارشناسی ارشد مهندسی برق - الکترونیک	
کارشناسی ارشد مهندسی برق - الکترونیک	
دکتری مهندسی برق - کنترل	
کارشناسی ارشد مهندسی برق - الکترونیک	
کارشناسی مهندسی برق - مخابرات	
کارشناسی مهندسی برق - مخابرات	
دکتری مهندسی برق - مخابرات	
دکتری مهندسی برق - مخابرات	
کارشناسی ارشد مهندسی برق - کنترل	

در تهیه این ضابطه افراد زیر با کمیته تدوین همکاری داشته اند:

دکتر عظیم فرد مهندس فاطمه ایزدی مهندس مرتضی سماواتی همدانی

اعضای کمیته نظارت و راهبری فنی:

مهندس علیرضا توتونچی معاون امور نظام فنی و اجرایی
 دکتر سیدمحمدحسن جوادزاده معاون امور رادیویی سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی
 مهندس ایرج مکرمی مدیرکل اداره کل صدور پروانه سرویس های رادیویی سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی
 مهندس حامد رشیدی اقدام رئیس بخش پایش و هوشمندسازی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

اعضای گروه هدایت و راهبری (سازمان برنامه و بودجه کشور):

مهندس علیرضا توتونچی معاون امور نظام فنی و اجرایی
 مهندس علیرضا فخر رحیمی کارشناس امور نظام فنی و اجرایی

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۳	۱-۱- دامنه پوشش
۳	۲-۱- تعاریف و اصطلاحات
۳	۱-۲-۱- دستگاه تقویت کننده فعال سیگنال رادیویی شبکه تلفن همراه
۳	۲-۲-۱- دستگاه تقویت کننده غیرفعال سیگنال رادیویی شبکه تلفن همراه
۳	۳-۲-۱- ایستگاه پایه فرستنده و گیرنده
۳	۴-۲-۱- پخش زائد
۴	۵-۲-۱- درون ساختمانی
۴	۶-۲-۱- برون ساختمانی
۴	۷-۲-۱- عدد نویز
۴	۸-۲-۱- بهره آنتن
۴	۹-۲-۱- توان تشعشعی همسان گرد معادل
۴	۱۰-۲-۱- سلول بزرگ
۵	۱۱-۲-۱- سلول کوچک
۵	۱۲-۲-۱- سیستم آنتن های توزیع شده (DAS)
۵	۱۳-۲-۱- منبع سیگنال
۵	۱۴-۲-۱- فناوری های توزیع سیگنال
۶	۱۵-۲-۱- تکرار کننده
۶	۱۶-۲-۱- شبکه مویرگی
۶	۱۷-۲-۱- بهره بردار
۶	۱۸-۲-۱- اپراتور
۶	۳-۱- مستندات بالا دست
۶	۱-۳-۱- مستندات داخل کشور
۷	۲-۳-۱- مستندات رگولاتوری خارج از کشور
۷	۴-۱- ویژگی ها و مقایسه سلول ها
۷	۱-۴-۱- سلول بزرگ
۸	۲-۴-۱- سلول های کوچک
۱۰	۵-۱- سیستم آنتن های توزیع شده (DAS)
۱۱	۱-۵-۱- منبع سیگنال

۱۳	۱-۵-۲- عملکرد سیستم DAS
۱۳	۱-۵-۳- فناوری‌های توزیع سیگنال
۱۷	۱-۵-۴- پیکربندی‌های رایج
۱۸	۱-۶- تقویت کننده
۱۹	۱-۶-۱- اهم الزامات فنی تقویت کننده‌ها
۱۹	۱-۶-۲- الزامات عمومی
۲۰	۱-۷- تعیین منبع و فناوری توزیع سیگنال
۲۰	۱-۷-۱- عوامل کلیدی
۲۰	۱-۷-۲- گام‌های لازم الاجرا
۲۱	۱-۷-۳- فناوری منتخب بر حسب منبع سیگنال و فناوری توزیع سیگنال
۲۲	۱-۷-۴- الزامات
۲۴	۱-۸- توضیحات فنی راه‌کارهای IBS
۲۵	۱-۸-۱- سلول‌های کوچک
۲۸	۱-۸-۲- سیستم DAS
۳۲	۱-۸-۳- راه‌کار تقویت کننده
۳۵	۱-۹- فرآیند انجام کار
۳۵	۱-۹-۱- شناسایی نیازها و ارزیابی اولیه
۳۶	۱-۹-۲- بررسی محیطی پارامترهای شبکه رادیویی و اندازه‌گیری سطح و کیفیت سیگنال شبکه ارتباطی اپراتور
۳۷	۱-۹-۳- انتخاب راه‌کار مناسب مطابق جدول (۱-۳)
۳۷	۱-۹-۴- طراحی فنی و برنامه‌ریزی شبکه
۴۳	۱-۹-۵- تامین تجهیزات
۴۴	۱-۹-۶- نصب و راه‌اندازی
۴۶	۱-۹-۷- کنترل نهایی، ارزیابی عملکرد و تحویل
۵۱	۱-۹-۸- نگهداری و بهینه‌سازی دوره‌ای
۵۴	۱-۱۰- معرفی مقررات
۵۴	۱-۱۰-۱- ضوابط و مشخصات سیگنال رادیویی
۵۶	۱-۱۰-۲- استانداردهای بین‌المللی و الزامات فنی
۶۱	۱-۱۰-۳- الزامات فنی و ملاحظات عملی
۶۵	۱-۱۰-۴- الزامات رگولاتوری و قانونی

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱-۱- تفاوت‌های کلیدی سلول‌های کوچک	۱۰
جدول ۲-۱- انتخاب منبع سیگنال و فناوری توزیع سیگنال	۲۱
جدول ۳-۱- نیازسنجی مطالعه و طراحی IBS	۲۲
جدول ۴-۱- درجه اهمیت ساختمان‌ها	۲۳
جدول ۵-۱- مقایسه فنی فمتوسل، پیکوسل و میکروسل	۲۸
جدول ۶-۱- مقایسه چهار نوع سیستم DAS	۳۳
جدول ۷-۱- جمع‌بندی کلیات راه‌کارها	۳۵
جدول ۸-۱- مقادیر سطح قدرت سیگنال	۳۶
جدول ۹-۱- حداقل مقادیر سطح قدرت سیگنال	۳۷
جدول ۱۰-۱- راهنمای اولیه طراحی سیستم بر اساس نوع ساختمان	۳۹
جدول ۱۱-۱- ملاحظات پیشنهادی در طراحی ساختمان‌های خاص	۴۱
جدول ۱۲-۱- پارامترها و مقادیر توصیه شده در آزمون PIM، روش چند حامل همزمان	۴۹
جدول ۱۳-۱- نتایج آزمون در محل‌های مختلف به‌عنوان توصیه	۵۲
جدول ۱۴-۱- نمونه‌هایی از آزمون EMC و تداخل با سایر سیستم‌ها	۵۲
جدول ۱۵-۱- نمونه گزارش نهایی پوشش و کیفیت خدمات	۵۳

فهرست شکل‌ها

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱۴	شکل ۱-۱- نمونه‌ای از پیکربندی سیستم DAS غیرفعال
۱۵	شکل ۱-۲- نمونه پیکربندی سیستم DAS فعال
۱۸	شکل ۱-۳- نمونه پیکربندی تقویت‌کننده
۲۴	شکل ۱-۴- مراحل اجرای کار
۳۳	شکل ۱-۵- کلیات پیکربندی‌ها در سیستم DAS
۴۰	شکل ۱-۶- دیاگرام پیکربندی MNC

سیستم ارتباطات تلفن همراه درون ساختمانی

۱-۱- دامنه پوشش

در این آیین نامه، راه کارهای ارتباطات رادیویی برای تامین پوشش شبکه های تلفن همراه درون ساختمانی بررسی می شود و راه کارهایی برای تامین پوشش رادیویی دوطرفه تلفن همراه، به تفکیک ارسال های فراسو و فروسو در داخل ساختمان ها، ارایه می شود. از آنجا که طراحی رادیویی شبکه های تلفن همراه عموماً با هدف دستیابی به کیفیت مطلوب در معابر و فضاهای باز انجام می شود، سطح سیگنال دریافتی در محیط داخلی ساختمان ها، سالن های محصور میان دیوارهای متراکم، تونل ها، طبقات منفی و حتی طبقات بالایی برای تحقق تجربه ارتباطی مناسب، کافی نیست. در چنین مواردی، سیگنال رسانی مجدد به این محیط ها از طریق ایجاد سلول های ارتباطات تلفن همراه درون ساختمانی یا تقویت سیگنال رادیویی برون ساختمانی و بازپخش آن در داخل ساختمان، امکان پذیر است. هدف اصلی این فصل، بیان مفاهیم، تعیین راهکارهای تامین پوشش ارتباطات رادیویی درون ساختمانی مبتنی بر پیکربندی های متداول جهانی و براساس تعداد و بخش بندی کاربران خدمات تلفن همراه، نوع ساختمان، ویژگی های ساخت، مساحت، ارتفاع مثبت و منفی، عمق و درجه اهمیت آن است. هم چنین این آیین نامه اطلاعات، مستندات، معیارها و الزامات استانداردهای مرتبط را ارایه می دهد و اقدامات اجرایی متصور برای استقرار سیستم تامین پوشش شبکه های رادیویی تلفن همراه درون ساختمانی را احصای می کند.

۱-۲- تعاریف و اصطلاحات

۱-۲-۱- دستگاه تقویت کننده فعال سیگنال رادیویی شبکه تلفن همراه

mobile network active signal booster

دستگاه رادیویی ثابت مشتمل بر یک آنتن برون ساختمانی، واحد افزایش دهنده توان، و آنتن درون ساختمانی برای نصب در محیط درون ساختمانی برای تقویت سیگنال رادیویی است. این دستگاه ها تکرارکننده های تلفن همراه نیز نامیده می شوند.

۱-۲-۲- دستگاه تقویت کننده غیرفعال سیگنال رادیویی شبکه تلفن همراه

mobile network passive signal booster

دستگاه رادیویی ثابت مشتمل بر یک آنتن در بیرون ساختمان، خط انتقال غیرفعال و آنتن درون ساختمانی برای نصب در محیط درون ساختمانی برای تقویت غیرفعال سیگنال رادیویی شبکه های تلفن همراه درون ساختمانی است.

۱-۲-۳- ایستگاه پایه فرستنده و گیرنده

base transceiver station

یک ایستگاه ثابت در سرویس ارتباطات سیار برای برقراری ارتباط رادیویی دوطرفه با ایستگاه متحرک است.

۱-۲-۴- پخش زائد

spurious emission

پخش روی یک یا چند فرکانس، خارج از پهنای باند لازم که سطح آن ها ممکن است بدون تاثیر بر انتقال اطلاعات زیربط کاهش داده شود. این پخش ها شامل پخش های هارمونیک، پخش های پارازیتی، مولفه های اینترمدولاسیون و تبدیل فرکانس است اما شامل پخش های خارج از باند نمی شود.

۱-۲-۵- درون ساختمانی

indoor

محوطه داخلی یک فضای پیوسته و محدود شده توسط دیوار و سقف است.

۱-۲-۶- برون ساختمانی

outdoor

فضای بیرون از ساختمان است.

۱-۲-۷- عدد نویز

noise figure

نسبت توانی سیگنال به نویز در ورودی تقویت کننده به سیگنال به نویز در خروجی آن است.

۱-۲-۸- بهره آنتن

gain of an antenna

نسبت توان مورد نیاز در ورودی آنتن مرجع بدون تلفات، به توان داده شده به ورودی آنتن مورد نظر برای تولید همان شدت میدان یا همان چگالی شار توان، در همان فاصله و در جهت مشخص است. این نسبت معمولاً بر حسب «dB یا دسی بل» نشان داده می شود. همیشه بهره آنتن در جهت حداکثر تشعشع است، مگر اینکه مورد دیگری ذکر شود. بهره آنتن، ممکن است برای یک پلاریزاسیون معین مدنظر قرار گیرد. بسته به انتخاب آنتن مرجع، موارد زیر متمایز می شوند:

الف) بهره مطلق یا بهره همسان گرد (G_i^1)، هنگامی که آنتن مرجع یک آنتن همسان گرد مجزا در فضا باشد.
 ب) بهره نسبت به دو قطبی نیم موج (G_d^2): هنگامی که آنتن مرجع یک دو قطبی نیم موج مجزا در فضا باشد به طوری که صفحه عمود منصف آن، جهت مورد نظر را شامل شود.
 پ) بهره نسبت به آنتن کوتاه عمودی (G_v^3)، هنگامی که آنتن مرجع هادی خطی بسیار کوتاه تر از ربع طول موج و عمود بر سطح یک صفحه هادی کامل باشد که جهت مفروض را شامل شود.

۱-۲-۹- توان تشعشعی همسان گرد معادل

equivalent isotropic radiated power (e.i.r.p)

حاصل ضرب توان داده شده به آنتن، و بهره آن در جهت مورد نظر نسبت به یک آنتن همسان گرد (بهره مطلق یا بهره همسان گرد) است.

۱-۲-۱۰- سلول بزرگ

macro cell

سلول رادیویی است که سیگنال های شبکه بی سیم را در مناطق وسیع از چند صد متر تا چند ده کیلومتر منتشر و دریافت می کند.

^۱ Isotropic Gain^۲ Dipole Gain^۳ Vertical Antenna Gain

۱-۲-۱۱- سلول کوچک

small cell

نوعی سلول رادیویی دارای ایستگاه پایه فرستنده و گیرنده جداگانه و شامل میکروسل^۱، پیکوسل^۲ یا فمتوسل^۳ است و وظیفه ارسال و دریافت سیگنال رادیویی به یا از تجهیزات کاربر را بر عهده دارد. منطقه جغرافیایی تحت پوشش سلول کوچک که توسط یک ایستگاه پایه فرستنده و گیرنده فراهم می‌شود از چند ده متر تا چند کیلومتر است که معمولاً در مقایسه با ماکروسل، کوچکتر است.

۱-۲-۱۲- سیستم آنتن‌های توزیع شده (DAS)

distributed antenna system (DAS)

در سیستم DAS، یک ساختمان به یک یا تعداد بیشتری سلول‌های بزرگ در طبقات و راهروها تقسیم شده است، هر یک از آنها توسط یک سیستم DAS در قالب یک سری سلول کوچک در اتاق‌ها، خدمت دهی می‌شود، به نحوی که مرکزیت سلول‌های کوچک هر اتاق، به راهروها ختم شود.

۱-۲-۱۳- منبع سیگنال

signal source

سیستم DAS، سیگنال را در مسیر رادیویی فروسو به ترمینال‌های کاربران توزیع و در مسیر رادیویی فراسو از ترمینال‌های کاربران اخذ و برای ارسال به سایت شبکه اپراتور، جمع می‌کند. در مسیر رادیویی فروسو، سیستم DAS باید سیگنال را از منبعی تغذیه کند. منابع سیگنال، فارغ از فناوری مورد استفاده در منبع اعم از نسل دو (2G، GSM^۴)، نسل سه (3G، UMTS^۵)، نسل چهار (4G، LTE^۶) یا نسل پنج (5G)، معمولاً به چهار دسته تقسیم می‌شوند: فضای بیرونی (از طریق یک آنتن روی پشت بام)، BTS^۷ (جدید) در محل، سلول‌های کوچک (جدیدترین رویکرد)، و یا ترکیبی از موارد مذکور.

۱-۲-۱۴- فناوری‌های توزیع سیگنال

signal distribution technologies

صرف نظر از نوع منبع سیگنال، سیستم DAS به‌عنوان یک فناوری توزیع سیگنال، سیگنال را در دو مسیر رادیویی فراسو و فروسو تقویت، توزیع و در داخل ساختمان، بازپخش می‌کند. چهار نوع اصلی فناوری توزیع شامل فعال، غیرفعال، ترکیبی^۸ و دیجیتال^۹ وجود دارد.

^۱ Micro cell

^۲ Pico cell

^۳ Femto cell

^۴ سیستم جهانی ارتباطات سیار یا Global System for Mobile Communications

^۵ سیستم جهانی شبکه ارتباطات همراه یا Universal Mobile Telecommunications System

^۶ تکامل بلندمدت یا Long Term Evolution

^۷ یا Base Transceiver Station، در این ضابطه، اصطلاح BTS به‌صورت عام برای اشاره به ایستگاه پایه در تمامی فناوری‌ها به‌کار رفته است.

^۸ Hybrid

^۹ Passive DAS, Active DAS, Hybrid DAS and Digital DAS

۱-۲-۱۵- تکرارکننده

repeater

تکرارکننده یک دستگاه رادیویی ثابت مشتمل بر یک آنتن در بیرون ساختمان، واحد افزایش دهنده توان سیگنال و آنتن درون ساختمانی برای نصب در محیط درون ساختمانی برای تقویت سیگنال رادیویی مورد نظر، بدون تغییر شکل در ساختار و اطلاعات آن است.

۱-۲-۱۶- شبکه مویرگی^۱

backhaul network

در انتقال صدا، ویدئو و ترافیک داده، که به عنوان سه نوع متداول محتوا، در ارتباطات داده شناخته می شود، برای ارتباط سلول بزرگ BTS یا میکروسول، به شبکه ی اصلی یا مرکزی موسوم به Backbone Network، از کابل مسی یا فیبرنوری و یا بی سیم (مثلا رادیوهای پرنظرفیت مایکروویو) استفاده می شود، به نحوی که اتصالات فوق، خود شبکه کوچکتري را تشکیل می دهد که به آن شبکه مویرگی می گویند.

۱-۲-۱۷- بهره بردار

مالک ساختمان یا نماینده قانونی آن است.

۱-۲-۱۸- اپراتور

سرویس دهنده خدمات تلفن همراه که دارای پروانه یک پارچه شبکه و خدمات ارتباطی (UNSP) است.

۳-۱- مستندات بالا دستی

مستندات مشروحه ذیل حاوی قوانین و مقررات، استانداردها، مصوبات، بخشنامه ها و ابلاغیه هایی است که در متن این فصل به آن ها ارجاع داده شده و جزئی از این ضابطه محسوب می شود. در صورتی که به مستندی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه ها و تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این فصل نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه های بعدی آنها مورد نظر است.

۱-۳-۱- مستندات داخل کشور

- قانون استفاده از بی سیم های اختصاصی و غیر حرفه ای (آماتوری) مصوب ۱۳۴۵/۱۱/۲۵ و آخرین اصلاحیه آیین نامه اجرایی آن مصوب ۱۳۶۱/۱۱/۱۳.

^۱ سه نوع شبکه ارتباطی شامل Fronthaul به عنوان بخش جلویی شبکه که اتصال واحدهای رادیویی به لایه پردازش را بر عهده دارد، Midhaul به عنوان بخش میانی که ارتباط بین لایه دسترسی و لایه تجمیع را برقرار می کند، و Backhaul به عنوان شبکه مویرگی که وظیفه انتقال ترافیک تجمیع شده به هسته شبکه را بر عهده دارد.

- مصوبه جلسه شماره ۲۸۳ مورخ ۱۳۹۷/۷/۲۹ کمیسیون تنظیم مقررات ارتباطات با عنوان «پارامترها و شاخص‌های اندازه‌گیری کیفیت و عملکرد شبکه‌های تلفن سیار و ثابت» و اصلاحات بعدی آن که در این ضابطه به آن «مصوبه ۲۸۳» گفته می‌شود.
- تصمیم شماره CRA-DEC 5009-01، سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی با عنوان «مقررات و ضوابط فنی استفاده از تقویت‌کننده‌های درون ساختمانی سیگنال رادیویی شبکه تلفن همراه و ضوابط فنی تقویت‌کننده‌های خانگی سیگنال رادیویی پخش همگانی (The Boosters)»، و اصلاحات بعدی آن که در این ضابطه به آن «تصمیم CRA-DEC 5009-01» گفته می‌شود.
- استاندارد ملی ایران به شماره ۸۵۶۷ سازمان ملی استاندارد با عنوان «پرتوهای غیر یونساز - حدود پرتوگیری».
- ابلاغیه‌های سازمان انرژی اتمی ایران، مرکز نظام ایمنی هسته‌ای کشور، اداره کل حفاظت در برابر اشعه (NRPD-AEOI).

۱-۳-۲- مستندات رگولاتوری خارج از کشور

فهرست اهم استانداردها و مستندات خارجی استفاده شده در این ضابطه برای سیستم‌های تلفن همراه درون ساختمانی، تقویت کننده و تکرارکننده ارتباطات رادیویی درون ساختمانی، عبارت است از:

- ITU-R BS.1698-1
- ETSI EN 300 609-4
- ETSI EN 301 511 V12.5.1
- ETSI EN 301 908
- FCC Part 20 Subpart H
- FCC Part 90
- ANSI/TIA 568

۱-۴-۴- ویژگی‌ها و مقایسه سلول‌ها

۱-۴-۱- سلول بزرگ

سلول بزرگ یا ماکروسل که به‌عنوان برج سلولی (دکل سلولی) نیز شناخته می‌شود، ایستگاه پایه فرستنده و گیرنده رادیویی است که سیگنال‌های شبکه بی‌سیم را در مناطق وسیع از چند صد متر تا چند ده کیلومتر منتشر و دریافت می‌کند. ماکروسل معمولاً روی دکل^۱، پشت بام، پایه روشنایی معابر، پایه شبکه هوایی فشارضعیف و در برخی موارد بر روی برج‌ها نصب می‌شود. سلول‌های ماکرو هم‌چنین از MIMO^۲ انبوه^۲ نیز استفاده کرده که امکان انتقال و دریافت حجم بزرگی از داده‌ها را فراهم می‌کند.

^۱ Towers

^۲ Massive MIMO (Multiple Input, Multiple Output)

در مقابل، سلول های کوچک در مناطق پرجمعیت مانند مراکز شهر و استادیوم ها مورد استفاده قرار گرفته که ظرفیت ارایه خدمات ارتباطی آن مورد توجه است. از نظر ارتفاع سازه، ماکروسل ها معمولا بین ۳۰ تا ۱۲۰ متر ارتفاع دارند، در حالی که سلول های کوچک در ارتفاع های کمتر از ۳۰ و اغلب نزدیک تر به ۶ متر قرار می گیرد. هم چنین سلول های کوچک، توان عملیاتی و نرخ داده ی بالاتری را برای کاربران نهایی ارایه می کند که به نوبه خود، ظرفیت اضافی را برای یک شبکه بیسیم ماکرو فراهم می کند.

۱-۴-۲- سلول های کوچک

هر نوع سلول کوچک، شامل میکروسل، پیکوسل یا فمتوسل، همگی دارای ایستگاه پایه فرستنده و گیرنده جداگانه است که وظیفه ارسال و دریافت سیگنال رادیویی به یا از ایستگاه پایه فرستنده و گیرنده را بر عهده دارد.

۱-۴-۲-۱- میکروسل

منطقه جغرافیایی تحت پوشش میکروسل ها که توسط یک ایستگاه پایه فرستنده و گیرنده فراهم می شود از ۱۸۰ متر تا ۹۰۰ متر است که معمولا در مقایسه با ماکروسل، کوچکتر و در مقایسه با پیکوسل و فمتوسل ها کمی بزرگتر است. میکروسل می تواند تعداد بیشتری از کاربران متصل را پشتیبانی کند و منطقه جغرافیایی بیشتری را پوشش دهد. میکروسل ها اغلب برای مراکز اداری یا سازمانی استفاده می شود. این تجهیزات به اپراتورهای تلفن همراه این امکان را می دهد تا سایت های سلولی را در مکان های استراتژیک مستقر کند و ظرفیت های بالاتری را در منطقه تحت پوشش ارایه دهد.

میکروسل ها بیشترین پوشش را ارایه می دهد و بالاترین ظرفیت را برای کاربران در میان انواع سلول های کوچک پشتیبانی می کند. به طور معمول، میکروسل ها در فضای باز در زیرساخت های شهری مانند پایه های روشنایی معابر و پایه های شبکه هوایی فشارضعیف نصب می شوند. با این حال، با توجه به دامنه پوشش آن ها، میکروسل می تواند به طور هم زمان به فضاهای بیرونی و داخلی خدمات تعریف شده را ارایه دهد.

میکروسل در محیط های شهری متراکم، جایی که پوشش ماکروسل (که معمولا دارای شعاع بیشتر و توان بالاتر است) ممکن است کافی نباشد، مستقر می شود. یک میکروسل می تواند از ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ کاربر ثبت شده^۱ و ۱۰۰ تا ۵۰۰ کاربر هم زمان را پشتیبانی کند و معمولا دارای سطوح توان انتقال ۲ تا ۲۰ وات است.

برای ارتباط یک میکروسل به شبکه ی اصلی، از شبکه ارتباطات مویرگی استفاده می کند. این اتصالات می تواند کابلی (مثلا فیبر) یا بی سیم (مثلا مایکروویو) باشد.

اگرچه میکروسل در میان سلول های کوچک، پرهزینه ترین گزینه برای استقرار است و پس از نصب، نیاز به تایید اپراتور ارایه کننده خدمات تلفن همراه دارد، اما مزایای منحصر به فردی مانند توانایی استفاده از قابلیت های نرم افزاری برای غلبه بر دید مستقیم محدود^۲ در محیط های شهری چالش برانگیز را داشته و یکی از اجزای حیاتی در توسعه شبکه های نسل پنجم محسوب می شود.

^۱ سیم کارت فعال روی شبکه

^۲ Limited Line of Sight

۱-۴-۲-۲- پیکوسل

پیکوسل ایستگاه پایه فرستنده و گیرنده سلولی کوچکی است که مناطقی مانند ساختمان‌ها، هتل‌ها، بیمارستان‌ها، مراکز خرید، ادارات و دانشگاه‌ها را پوشش می‌دهد و به طور کلی برای گسترش پوشش و افزایش ظرفیت استفاده می‌شود. پیکوسل‌ها که می‌توان آن‌ها را متروسِل نیز نامید، در فضای باز، محدوده پوششی بین ۹۰ تا ۳۰۰ متر ارایه می‌کند که کوچک‌تر از میکروسِل اما بزرگ‌تر از فمتوسِل‌ها است.

هر پیکوسِل می‌تواند ۳۰ تا ۲۰۰ کاربر ثبت شده و ۱۶ تا ۶۴ کاربر هم‌زمان را پشتیبانی کند و دارای سطوح توان انتقال متوسط ۲۵۰ میلی‌وات تا ۲ وات است. اگرچه پیکوسِل متعلق به بهره‌بردار یا مالک محل استقرار آن است، اما برای انتقال صدا، ویدئو و ترافیک داده، از طریق پیکوسِل، باید از یک اتصال مطمئن مانند فیبرنوری یا شبکه مسی در بخش شبکه موبایلی، استفاده شود.

به طور کلی، استقرار پیکوسِل‌ها نسبت به میکروسِل‌ها هزینه کمتری دارد، زیرا اندازه تجهیزات آن‌ها کوچک‌تر است و پس از پیکربندی نسبت به میکروسِل، هزینه استقرار پایین‌تری دارد.

۱-۴-۲-۳- فمتوسِل

فمتوسِل ایستگاه پایه فرستنده و گیرنده سلولی بسیار کوچکی است که برای بهبود پوشش در مجتمع‌های مسکونی یا اداری کوچک استفاده می‌شود. فمتوسِل در مناطقی با پوشش داخلی ضعیف استفاده می‌شود و با کاهش بار ترافیکی^۱ یک سلول ماکرو به بهبود کیفیت سرویس کمک می‌کند.

فمتوسِل، کوتاه‌ترین محدوده پوشش را فراهم می‌کند و کم‌ترین ظرفیت را برای کاربران در میان انواع سلول‌های کوچک پشتیبانی می‌کند. به طور خاص، فمتوسِل تجهیزات فشرده‌ای است که در داخل خانه برای مصارف خانگی و اداری کوچک نصب می‌شود و محدوده پوششی کمتر از ۳۰ متر را فراهم می‌کند. در مجموع، یک فمتوسِل منفرد می‌تواند حداکثر ۱۶ کاربر هم‌زمان و یا ۳۲ کاربر ثبت شده را پشتیبانی کند. توان خروجی فمتوسِل پایین‌تر از سایر انواع سلول کوچک بوده و معمولاً حداکثر تا حدود ۲۰۰ میلی‌وات تنظیم می‌شود. در نهایت، هدف اصلی یک فمتوسِل بهبود پوشش داخلی و افزایش کیفیت لینک رادیویی است.

فمتوسِل‌ها به وسیله اتصال کابلی از خط مشترک (کاربر) با پهنای باند بالا به شبکه اصلی^۲ اپراتور متصل می‌شوند. این اتصال می‌تواند از طریق شبکه‌های دسترسی مبتنی بر کابل مسی (مانند DSL^۳ یا HFC^۴) یا از طریق فیبرنوری انجام شود. به طور کلی، از میان انواع مختلف سلول‌های کوچک، فمتوسِل ارزان‌ترین گزینه برای استقرار بوده که به صورت خودکار تنظیم می‌شود و دارای ضریب شکل^۵ کوچکی است. معمولاً هر یک از اپراتورها، فمتوسِل‌های خود را به منظور افزایش پوشش 4G LTE و نسل‌های قبلی جهت استفاده در خانه یا محل کار، به مشترک ارایه می‌دهند.

در جدول (۱-۱) تفاوت‌های اصلی بین سلول‌های کوچک مشتمل بر میکروسِل، پیکوسِل و فمتوسِل مقایسه شده است که شامل مکان استقرار، محدوده پوشش، تعداد کاربران و توان فرستنده است.

^۱ Off-Loading

^۲ Backbone

^۳ Digital Subscriber Line

^۴ فیبرنوری و کابل هم‌محور (یا کوآکسیال) ترکیبی Hybrid Fiber-Coaxial

^۵ یا Form Factor؛ نسبت مساحت به حجم یک جسم، که متأثر از شکل یک جسم بوده ولی مستقل از ابعاد آن است.

جدول ۱-۱- تفاوت های کلیدی سلول های کوچک

مشخصه نوع سلول	محل استقرار	محدوده پوشش (متر)	تعداد کاربران ثبت شده	تعداد کاربران همزمان	توان فرستنده
میکروسل	برون و درون ساختمانی	۹۰۰ تا ۱۸۰	۵۰۰ تا ۱۰۰۰	۵۰۰ تا ۱۰۰	۲ تا ۲۰ وات
پیکوسل	درون ساختمانی	۳۰۰ تا ۹۰	۲۰۰ تا ۳۰	۶۴ تا ۱۶	۲۵۰ میلی وات تا ۲ وات
فمتوسل	درون ساختمانی	کمتر از ۳۰	کمتر از ۳۲	کمتر از ۱۶	کمتر از ۲۰۰ میلی وات

۱-۵- سیستم آنتن های توزیع شده (DAS)

سیستم DAS و سلول های ماکرو، میکرو، فمتو و پیکو، مکمل یکدیگر در استقرار شبکه رادیویی برای استفاده کاربران اداری، سازمانی و سایر کسب و کارها هستند. این سیستم شبکه ای از آنتن ها است که به یک منبع ^۱ RF مشترک متصل شده و سیگنال را در محل مشترک توزیع می کند. از سیستم DAS معمولاً در مکان هایی با چالش های خاص مانند ساختمان های بلند، زیرزمین ها، مراکز خرید بزرگ، استادیوم های ورزشی بزرگ یا رویدادهایی که در آن تراکم شبکه های سلولی زیاد است، استفاده می شود و از دو جزء منبع سیگنال و فناوری توزیع سیگنال، تشکیل شده که به عنوان یکی از راه کارهای درون ساختمانی موسوم به IBS^۲ شناخته می شود.

IBS به مجموعه ای از سامانه ها و فناوری های ارتباطی اطلاق می شود که با هدف تامین پوشش رادیویی پایدار، ظرفیت کافی و کیفیت مناسب خدمات تلفن همراه و داده در فضاهای درون ساختمانی طراحی و اجرا می شود. در محیط های بسته مانند مجتمع های تجاری، فرودگاه ها، بیمارستان ها، برج های بلندمرتبه و پارکینگ های زیرزمینی، تضعیف قابل توجه سیگنال شبکه های سلولی موجب افت کیفیت تماس و کاهش نرخ انتقال داده می شود. به همین دلیل، در مکان های ذکر شده، باید راه کارهای IBS برای ایجاد دسترسی بی وقفه و بهبود تجربه کاربر استقرار یابد.

راه کارهای IBS از نظر معماری و فناوری به چند گروه اصلی تقسیم می شوند. ساده ترین شکل آن تقویت کننده است که با تقویت مستقیم سیگنال فروسو و فراسو، پوشش محدودی را در داخل ساختمان فراهم می سازد. در سطوح پیشرفته تر، پیکوسل و فمتوسل به عنوان سلول های کوچک عمل کرده و از طریق شبکه های اینترنت (کابل مسی یا فیبرنوری) به هسته شبکه اپراتور متصل می شود. این نوع سلول ها علاوه بر بهبود پوشش، امکان مدیریت ظرفیت ترافیکی و تخصیص منابع رادیویی را نیز فراهم می کنند. در مقیاس های بزرگ تر، سیستم DAS به عنوان زیرساخت اصلی IBS شناخته می شود که با تجمیع و توزیع سیگنال اپراتورها از طریق کابل هم محور (کواکسیال)، فیبرنوری یا مائول های فعال، امکان ارایه سرویس هم زمان به چند اپراتور و چند باند فرکانسی را فراهم می سازد.

به طور کلی، IBS یک راه کار جامع برای طراحی و پیاده سازی شبکه های رادیویی درون ساختمانی است که انتخاب راه کار مناسب بر اساس نوع ساختمان، تراکم کاربران، و الزامات رگولاتوری را شامل می شود. در طراحی این سامانه ها باید علاوه بر توان و کیفیت سیگنال، شاخص هایی مانند تداخل بین بانندی، تاخیر، و الزامات ایمنی پرتو نیز در نظر گرفته شود. بنابراین سیستم DAS تنها یکی از اجزای کلیدی IBS به شمار می رود و تحقق کامل اهداف ارتباطی در ساختمان ها منوط به انتخاب ترکیبی از این فناوری ها و یکپارچه سازی آن ها در قالب طرح IBS است.

^۱ منبع سیگنال رادیویی یا Radio Frequency Source؛ که شامل تولید و توزیع امواج بی سیم در شبکه های موبایل می شود.

^۲ In Building Solutions

IBS، با اتصال به شبکه ارتباطی اپراتور، سیگنال‌های رادیویی تلفن همراه برون ساختمانی را دریافت کرده و با هدف تامین پوشش رادیویی، در فضای درون ساختمانی پخش می‌کند، این سیستم کیفیت سیگنال‌های بی‌سیم را ارتقا داده، و ارتباطی پایدار و با کیفیت را برای انواع دستگاه‌های همراه مانند گوشی‌های تلفن همراه، لپ‌تاپ‌ها، و دستگاه‌های دستیار دیجیتال شخصی^۱، برقرار می‌کند. کاربرد این راه‌کار در شرایطی است که امواج رادیویی شبکه‌های تلفن همراه در فضای برون ساختمانی، برای نفوذ به داخل ساختمان با مشکل مواجه می‌شوند.

سیستم DAS نیز به‌عنوان راه‌کار عملیاتی برای تامین اهداف IBS عمل می‌کند. این سیستم سیگنال‌های سلولی را روی فرکانس‌های مجاز یک یا چند اپراتور تلفن همراه، در مسیر رادیویی فراسو از تجهیزات تلفن همراه کاربران درون ساختمانی دریافت، تجمیع و به فضای آزاد برون ساختمانی ارسال می‌کند، و هم‌زمان، سیگنال‌های سلولی را در مسیر رادیویی فروسو، از فضای آزاد برون ساختمانی دریافت و آن را روی تجهیزات تلفن همراه کاربران درون ساختمان، توزیع می‌کند. در نتیجه نه تنها پوشش و ظرفیت را بهبود بخشیده، بلکه کیفیت ارتباطات صوتی و داده‌ای را برای کاربران نهایی ارتقا می‌دهد. با توجه به ارتباط تشریح شده بین راه‌کارهای IBS و سیستم‌های DAS، در برخی از منابع ترکیب IBS-DAS نیز به کار برده شده است. در ساده‌ترین شکل، یک سیستم DAS دارای دو جزء اساسی است که در ادامه به آن‌ها پرداخته شده است.

۱-۵-۱- منبع سیگنال

سیستم DAS، فقط سیگنال را توزیع یا تجمیع می‌کند، اما به طور کلی برای سلول خود سیگنال تولید نمی‌کند. در مسیر رادیویی فروسو، سیگنال دریافتی از منبع تغذیه را به مشترکین توزیع می‌کند، در حالی که در مسیر رادیویی فراسو، سیگنال را از مشترکین به منبع منتقل می‌کند.

برای یک سیستم DAS، منبع سیگنال به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده در حداکثر وسعت منطقه پوشش و حداکثر ظرفیت قابل تامین، به شمار می‌آید، به نحوی که عملکرد پایین سیگنال تامین‌کننده، می‌تواند سیستم توزیع را تحت الشعاع قرار داده و عملکرد آن را محدود کند. هم‌چنین، این منبع سیگنال است که تعیین می‌کند سیستم توزیع، چه نوع سیگنالی را باید توزیع کند. به‌عنوان مثال، وجود منبع سیگنال 5G برای ایجاد یک سیستم 5G DAS، الزامی است.

۱-۵-۱-۱- فضای بیرونی^۲

در صورتی که سیستم DAS نیازمند استفاده از سیگنال فضای بیرون باشد، باید از یک آنتن اهداکننده^۳ استفاده شود. این آنتن در محیط آزاد و معمولاً روی پشت‌بام نصب می‌شود و نقش رابط میان شبکه اپراتور سلولار و DAS را ایفا می‌کند. به این معنی که سیگنال فروسو شبکه را دریافت کرده و سیگنال فراسو گوشی‌ها را به شبکه ارسال می‌کند.

سیگنال‌های فضای بیرونی، رایج‌ترین منابع سیگنال برای یک سیستم از نوع DAS، برای فضاهای درون ساختمانی کوچک و ظرفیت پایین است. نکته دیگر حائز اهمیت این است که اگر سیگنال آنتن اهداکننده خیلی ضعیف باشد یا کانال‌های ترافیکی نزدیک‌ترین دکل شبکه رادیویی در وضعیت اشباع ترافیکی^۴ باشد، استفاده از سیگنال فضای بیرونی معمولاً امکان پذیر نیست. اما اگر سیگنال آنتن اهداکننده از سطح توان و کیفیت مناسب برخوردار باشد، سیگنال فضای بیرونی اغلب ساده‌ترین و مقرون به صرفه‌ترین منبع سیگنال است.

^۱ PDA: Personal Digital Assistant

^۲ Off-Air

^۳ Donor antenna

^۴ Full-Load

سیستم DAS که از منبع سیگنال فضای بیرونی استفاده می کند، هیچ ظرفیت اضافی به شبکه اپراتور تلفن همراه نمی دهد و در درجه اول برای گسترش پوشش در لبه های شبکه استفاده می شود. سیستم DAS دارای مزایای قابل توجهی مانند زمان استقرار سریع (با حداقل نیاز به مشارکت اپراتور)، هزینه پیاده سازی پایین، و توانایی کارکرد با چندین اپراتور است. با این حال، این سیستم با چالش های فنی مهمی نیز روبروست که از جمله می توان به وابستگی عملکرد سیستم به کیفیت سیگنال دریافتی و همچنین سطح ازدحام در شبکه ماکرو، وابستگی تغییرات عملکرد سیستم به تغییر سیگنال دریافتی، عدم افزایش ظرفیت شبکه و متکی بودن به شبکه ماکرو سلولی و دشواری بهینه سازی سیگنال ها برای چندین اپراتور تلفن همراه را نام برد.

۱-۵-۲- سلول های بزرگ BTS

استفاده از نماد BTS برای نشان دادن ایستگاه پایه فرستنده و گیرنده شبکه تلفن همراه 2G مرسوم است، که به فناوری استفاده شده در دکل های شبکه رادیویی برای تولید سیگنال سلولی اشاره دارد. به همین ترتیب نماد NodeB برای نشان دادن 3G، eNodeB برای 4G و gNodeB برای 5G به کار برده می شود. در این ضابطه برای اجتناب از استفاده از نمادهای متعدد، برای اشاره به منبع سیگنال در تمامی فناوری ها از اصطلاح «سلول های بزرگ BTS»، استفاده شده است. سیستم DAS در یک استادیوم یا فرودگاه بزرگ ممکن است به چندین ایستگاه پایه فرستنده و گیرنده متعلق به اپراتورهای تلفن همراه مختلف متصل شود تا بتواند بار ترافیکی سنگین ناشی از ده ها هزار کاربر را که به صورت هم زمان از خدمات صوتی، ارسال پیامک و انتقال داده استفاده می کنند، مدیریت کند. این سیستم که از منابع سیگنال BTS ها استفاده می کند معمولاً به زمان بیشتری برای پیاده سازی و استقرار کامل نیاز دارد و گران قیمت تر است. از مهم ترین نقاط قوت این سیستم می توان به عملکرد بالا، و امکان پیاده سازی دقیق متناسب با ظرفیت مورد نیاز هر محل، اشاره کرد. در مقابل محدودیت های آن شامل بالاترین هزینه در مقایسه با گزینه های دیگر، زمان استقرار طولانی، نیاز به برنامه ریزی دقیق برای پوشش نقاط کور به ویژه در محل های ورود و خروج کاربران از ساختمان، هزینه های بالای OPEX، و نیاز به فضای فیزیکی و سیستم های خنک کننده پیشرفته است.

۱-۵-۳- سلول های کوچک

سلول های کوچک جدیدترین فناوری مورد استفاده اپراتورهای ارتباطی برای ارائه خدمات ارتباطی در محیط های داخلی ساختمان ها هستند. انواع مختلفی از سلول های کوچک وجود دارد اما همه این سلول ها از نظر ساختاری یک فناوری هستند. این سلول ها از طریق یک اتصال اینترنتی معمولی، یک تونل امن به شبکه اپراتور ایجاد کرده و یک سیگنال بی سیم با کیفیت بالا تولید می کنند. محدوده پوشش معمولی یک سلول کوچک تنها حدود ۹۰ تا ۳۰۰ متر مربع است و هزینه راه اندازی آن نسبتاً بالا است. در حالی که پوشاندن مکان های بزرگ تر با ده ها سلول کوچک مقرون به صرفه نیست، می توان محدوده پوشش یک سلول کوچک را تا حد زیادی با استفاده از آن ها به عنوان منبع سیگنال برای یک سیستم DAS افزایش داد. یکی از محدودیت های فناوری سلول های کوچک این است که برای وصل شدن به یک اتصال اینترنتی، به شبکه مویرگی به عنوان یک پشتیبان قابل اعتماد نیاز دارد. هر سلول کوچک سازمانی معمولاً حدود ۱۰۰ کاربر را پشتیبانی می کند.

از مهم‌ترین مزایای این سیستم می‌توان به چهار ویژگی تولید سیگنال با کیفیت بالا، هزینه نسبتاً کمتر در مقایسه با سیستم‌های مبتنی بر BTS، سرعت استقرار بالا، و مناسب بودن برای ساختمان‌هایی با صدها کاربر اشاره کرد. در مقابل، محدودیت‌های آن شامل دشواری در مقیاس بندی برای ارزیابی پوشش برای هزاران کاربر، متکی به اتصال اینترنتی ارزیابی شده در همان محل استقرار سیستم DAS، نیاز به برنامه‌ریزی دقیق برای فرآیند دست گردانی^۱ و تغییر کانال بین سلول‌های کوچک و شبکه ماکرو، و عدم دسترسی همه اپراتورهای تلفن همراه سلولار، به سلول‌های کوچک سازمانی می‌شود.

۱-۵-۴- ترکیب و مطابقت^۲

بسته به نوع راه‌اندازی سیستم DAS، می‌توان منابع سیگنال مختلف فهرست شده در بالا را در یک مکان واحد، ترکیب و مطابقت داد. برای مثال، می‌توان از یک منبع سیگنال سلولی کوچک برای یک اپراتور تلفن همراه استفاده کرد و بقیه اپراتورهای تلفن همراه را از یک آنتن اهداکننده فضای بیرونی، دریافت کرد.

۱-۵-۲- عملکرد سیستم DAS

عملکرد سیستم آنتن‌های توزیع‌شده، به نوع فناوری مورد استفاده آن بستگی دارد. برای درک عملکرد این سیستم‌ها ابتدا باید با دو معیار اصلی شامل میزان پوشش رادیویی و ظرفیت قابل ارزیابی توسط فناوری، آشنا شویم. در برخی از مکان‌ها مصرف داده‌ی سلولی به طور قابل توجهی بالاتر از میانگین است. به عنوان مثال، یک استادیوم ورزشی را تصور کنید. اگر پوشش رادیویی تنها، به دکل سلولی مجاور متکی باشد، دکل و شبکه محلی به سرعت ناپایدار می‌شود. در این شرایط، استفاده از سیستم DAS با قابلیت افزایش ظرفیت، که معمولاً از طریق اتصال به منابع رادیویی اختصاصی اپراتور یا استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته میسر می‌شود، به عنوان راه‌کاری ضروری مطرح است. از سوی دیگر، اگر به دلیل دور بودن بیش از حد از دکل سلولی یا ضریب تضعیف بالای برخی از مصالح ساختمانی، سیگنال قابل استفاده به کاربران نرسد، نیاز اولیه، بهبود پوشش رادیویی است. همچنین در نقاط مرتفع نیز گاهی از سیستم DAS استفاده می‌شود زیرا سطوح نویز فرکانس رادیویی در ارتفاعات بالاتر، می‌تواند سیگنال را غیرقابل استفاده کند. شناسایی این نیازها، اولین قدم برای انتخاب راه‌کار مناسب است و انتخاب فناوری مناسب به معنای ایجاد تعادل بین پوشش رادیویی، ظرفیت و هزینه اجرایی است.

۱-۵-۳- فناوری‌های توزیع سیگنال

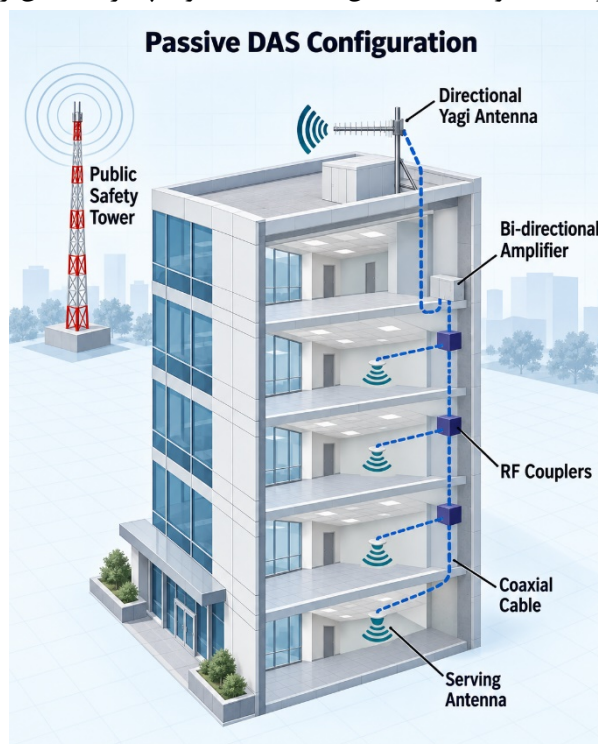
چهار نوع اصلی فناوری توزیع سیگنال وجود دارد. غیرفعال (با استفاده از کابل هم‌محور)، فعال (با استفاده از فیبرنوری یا کابل اترنت مسی)، ترکیبی و دیجیتال.

^۱ Hand-Off

^۲ Mix and Match

۱-۳-۵-۱- سیستم DAS غیرفعال

سیستم DAS غیرفعال، از مؤلفه‌های RF غیرفعال مانند کابل هم‌محور، تقسیم کننده‌ها^۱، انشعاب‌گیرها و تزویج کننده‌ها^۲ برای توزیع سیگنال درون ساختمانی استفاده می‌کند. هر چه آنتن از منبع سیگنال و هر یک از تقویت کننده‌ها دورتر باشد، تضعیف (تلفات) بیشتری در توان پخش شده از آن آنتن وجود خواهد داشت. طراحی صحیح یک سیستم DAS غیرفعال مستلزم محاسبه دقیق «بودجه پیوند»^۳ است تا اطمینان حاصل شود که توان خروجی در هر آنتن، یکسان و در حد مطلوب است. شکل (۱-۱) یک نمونه پیکربندی آن را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۱- نمونه‌ای از پیکربندی سیستم DAS غیرفعال

سیستم DAS غیرفعال با دارا بودن مزایای قابل توجهی نظیر هزینه پایین پیاده‌سازی (به دلیل حذف مبدل آنالوگ به دیجیتال)، سادگی در تعمیر و نگهداری و عدم نیاز به تجهیزات اضافی برای پشتیبانی از چندین اپراتور تلفن همراه، به عنوان گزینه‌ای اقتصادی و کاربردی در بسیاری از راه کارها، مورد استفاده قرار می‌گیرد. با این حال، این سیستم با محدودیت‌هایی از قبیل تضعیف بیش از حد سیگنال در مسیرهای طولانی، هزینه بالای کابل هم‌محور با روکش مقاوم در برابر آتش و دود کم^۴ (در صورت نیاز) و نیاز به محاسبات دقیق بودجه پیوند برای اطمینان از عملکرد بهینه، همراه است. استقرار سیستم DAS غیرفعال، معمولاً ساده‌تر از انواع دیگر سیستم‌های آنتن توزیع شده است. با این حال، برای ساختمان‌های با اندازه متوسط و بزرگ‌تر، سیستم‌های DAS فعال یا ترکیبی توصیه می‌شود.

^۱ Splitters

^۲ Taps and Couplers

^۳ Link Budget

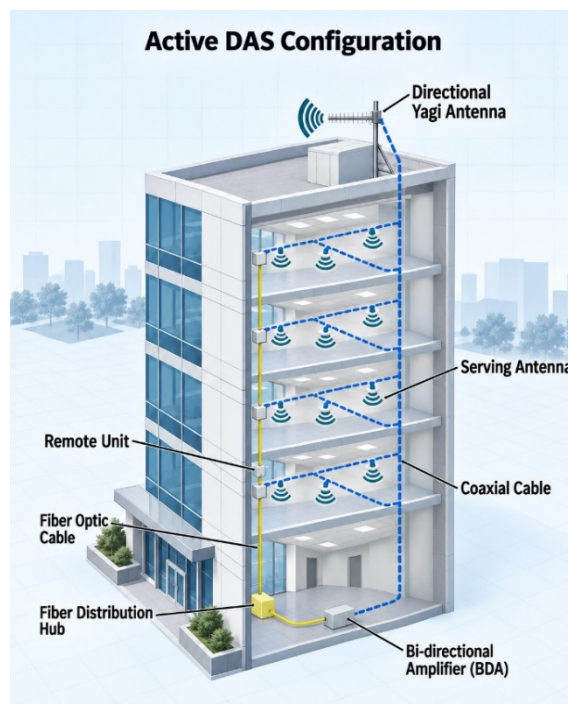
^۴ یا Plenum Rated؛ مورد استفاده در فضای گردش یا بازگشت هوا در ساختمان.

۱-۵-۳-۲- سیستم DAS فعال

سیستم DAS فعال، برای انتقال فرکانس رادیویی از طریق کابل فیبرنوری یا اترنت، سیگنال را از منبع دریافت کرده و پس از تبدیل، امکان توزیع آن را فراهم می‌کند. یک واحد اصلی^۱ سیگنال‌های چند اپراتور تلفن همراه را ترکیب کرده و این تبدیل را انجام می‌دهد. برخی از سیستم‌های DAS فعال نیز سیگنال را دیجیتالی می‌کنند که اگرچه هزینه را افزایش می‌دهد اما عملکرد کلی سیستم را بهبود می‌بخشد.

پس از تبدیل، سیستم DAS فعال، سیگنال را به صورت دیجیتال از طریق فیبرنوری (موسوم به Fiber DAS) یا کابل‌های اترنت به واحدهای رادیویی دور از مرکز یا RRU^۲ منتقل می‌کند. هر RRU سیگنال دیجیتال دریافتی را مجدداً به سیگنال رادیویی RF تبدیل کرده و آن را در محیط پخش می‌کند. بسته به طراحی سازنده و معماری سیستم، RRU گاهی گره^۳ یا آنتن فعال نامیده شود.

بر خلاف سیستم DAS غیرفعال، پیاده‌سازی و استقرار سیستم DAS فعال، نیاز به کابل هم‌محور برای توزیع سیگنال را به حداقل می‌رساند و در برخی موارد حتی از کابل هم‌محور استفاده نمی‌شود. این سیستم‌ها معمولاً تحت عناوینی مانند فیبر تا آنتن (FTTA)^۴ یا فیبر تا گره رادیویی (FTTN)^۵، شناخته می‌شوند. شکل (۱-۲)، نمونه‌ای از پیکربندی یک سیستم DAS فعال را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۲- نمونه پیکربندی سیستم DAS فعال

^۱ Master Unit

^۲ Remote Radio Unit

^۳ Node

^۴ Fiber to the Antenna

^۵ Fiber to the Node (Radio)

سیستم DAS فعال دارای مزایای قابل توجهی از جمله قابلیت اشتراک گذاری اترنت (هم به صورت مسی و هم نوری) همراه با وای فای، سهولت گسترش پوشش و عدم محدودیت در طول کابل است. با این حال، این سیستم در مقایسه با انواع سیستم DAS غیرفعال یا ترکیبی هزینه بالاتری دارد که عمدتاً ناشی از قیمت زیاد RRU و نیاز به تامین برق اختصاصی برای این واحدها است.

۱-۵-۳-۳- سیستم DAS ترکیبی

سیستم DAS ترکیبی مزایای سیستم های غیرفعال و فعال را در یک معماری یکپارچه ترکیب می کند. در این سیستم، RRU به صورت مجزا از آنتن ها قرار گرفته که این معماری امکان استفاده هم زمان از کابل های فیبرنوری و هم محور را برای توزیع سیگنال فراهم می کند. یکی از مهم ترین مزایای این پیکربندی، نیاز به تعداد کمتر RRU است که منجر به کاهش هزینه های تهیه و نصب در مقایسه با سیستم DAS فعال می شود. در یک پیاده سازی سیستم DAS ترکیبی معمول، هر طبقه از ساختمان به یک RRU مجهز می شود که سیگنال دیجیتال را به آنالوگ تبدیل کرده و از طریق کابل کواکسیال به آنتن های همان طبقه ارسال می کند.

لازم به ذکر است، سیستم های غیرفعال همیشه گزینه ارزان تری نیستند و در برخی موارد خاص، راه کارهای فعال حتی می توانند اقتصادی تر از سیستم های مبتنی بر کابل های مسی باشد که این موضوع کاملاً به شرایط فیزیکی ساختمان و الزامات بهره بردار، بستگی دارد. بنابراین از جمله مزایای کلیدی سیستم DAS ترکیبی می توان به هزینه کمتر نسبت به سیستم های DAS فعال و عدم محدودیت در طول کابل کشی در شبکه اصلی دیجیتال^۱ اشاره کرد. با این حال، این سیستم معایبی از قبیل هزینه بالاتر نسبت به سیستم DAS غیرفعال، نیاز به اختصاص بودجه جداگانه برای هر طبقه، و پیچیدگی نصب به دلیل استفاده هم زمان از کابل های فیبر نوری و کواکسیال را دارد.

۱-۵-۳-۴- سیستم DAS دیجیتال

سیستم DAS دیجیتال، سیگنال مربوط به هر یک از اپراتورهای تلفن همراه را قبل از ترکیب آن ها و انتقال از طریق فیبرنوری یا کابل مسی به داده های دیجیتال تبدیل می کند. اگر چه هزینه های محاسباتی این تبدیل در حال حاضر منجر به قیمت بالاتر این سیستم ها نسبت به نمونه های آنالوگ شده است، اما پیشرفت فناوری دیجیتال به تدریج این هزینه ها را کاهش خواهد داد. از سوی دیگر، افزایش جهانی قیمت مواد معدنی و فلزات نظیر سیم مسی به دلیل رشد تقاضا و کاهش منابع، هزینه سیستم های آنالوگ را افزایش می دهد.

یکی از مهم ترین مزایای سیستم DAS دیجیتال این است که کمتر مستعد تداخل است و در نتیجه کارایی بیشتری دارد. هم چنین این سیستم با قابلیت توزیع هوشمند ظرفیت در نقاط مختلف، به ویژه در فضاهای با تراکم متغیر مانند کافه تریا یا فضای رویدادهای بزرگ در یک دانشگاه یا فضای اداری بسیار ارزشمند است.

چنانچه هم منبع سیگنال و هم پلتفرم سیستم DAS دیجیتال از مشخصات واسط رادیویی عمومی مشترک یا CPRI تیبانی کنند، امکان اتصال مستقیم واحد باند پایه ی منبع سیگنال یا BBU^۲ با واحد اصلی سیستم DAS از طریق واحدهای RRU بدون نیاز به تبدیل سیگنال RF آنالوگ، فراهم می شود که مزیت قابل توجهی محسوب می شود. با این حال، چالش های

^۱ Digital Backbone

^۲ Baseband Unit

مهمی مانند هزینه بالای اولیه، نیاز به زیرساخت‌های پیشرفته و ضرورت تخصص فنی بیشتر برای نصب و راه‌اندازی، استفاده از این سیستم‌ها را در بسیاری از ساختمان‌های معمولی با محدودیت بودجه، کمتر توجیه‌پذیر می‌کند.

۱-۵-۴- پیکربندی‌های رایج

با سه منبع سیگنال مختلف و چهار فناوری توزیع مختلف، در مجموع دوازده پیکربندی سیستم DAS ممکن وجود دارد. اما در عمل تعداد آن‌ها کمتر و مطابق با بند ۱-۷-۳ این ضابطه است.

۱-۵-۴-۱- سیستم DAS غیرفعال، با منبع سیگنال فضای بیرونی

این نوع سیستم DAS نسبت به انواع دیگر، هزینه کمتری دارد و کوتاه‌ترین زمان استقرار را ارائه می‌دهد. این امر به ویژه زمانی صادق است که پوشش چندین اپراتور تلفن همراه، ضروری باشد. در واقع به کارگیری تقویت‌کننده‌های استاندارد مورد تایید اپراتورها می‌تواند به عنوان ساده‌ترین شکل پیکربندی مذکور تلقی شود. بدیهی است در این فناوری به سیگنال قابل استفاده در فضای بیرونی و تایید اپراتور یا اپراتورهای تلفن همراه فعال در آن منطقه، نیاز است.

۱-۵-۴-۲- سیستم DAS غیرفعال، با منبع سیگنال سلول کوچک

اگر کیفیت سیگنال اهداکننده، ضعیف باشد یا کانال‌های ترافیکی دکل‌های سلولی مجاور، به حد اشباع رسیده باشد، در بیشتر موارد استفاده از یک سلول کوچک به همراه یک سیستم DAS غیرفعال، گزینه مناسبی است.

۱-۵-۴-۳- سیستم DAS غیرفعال، با منبع سیگنال سلول بزرگ (BTS)

این گزینه نیاز به نصب یک سلول بزرگ جدید و با انجام پیکربندی و یکپارچه سازی توسط یک یا چند اپراتور تلفن همراه جهت اتصال به سیستم DAS ساخته شده دارد.

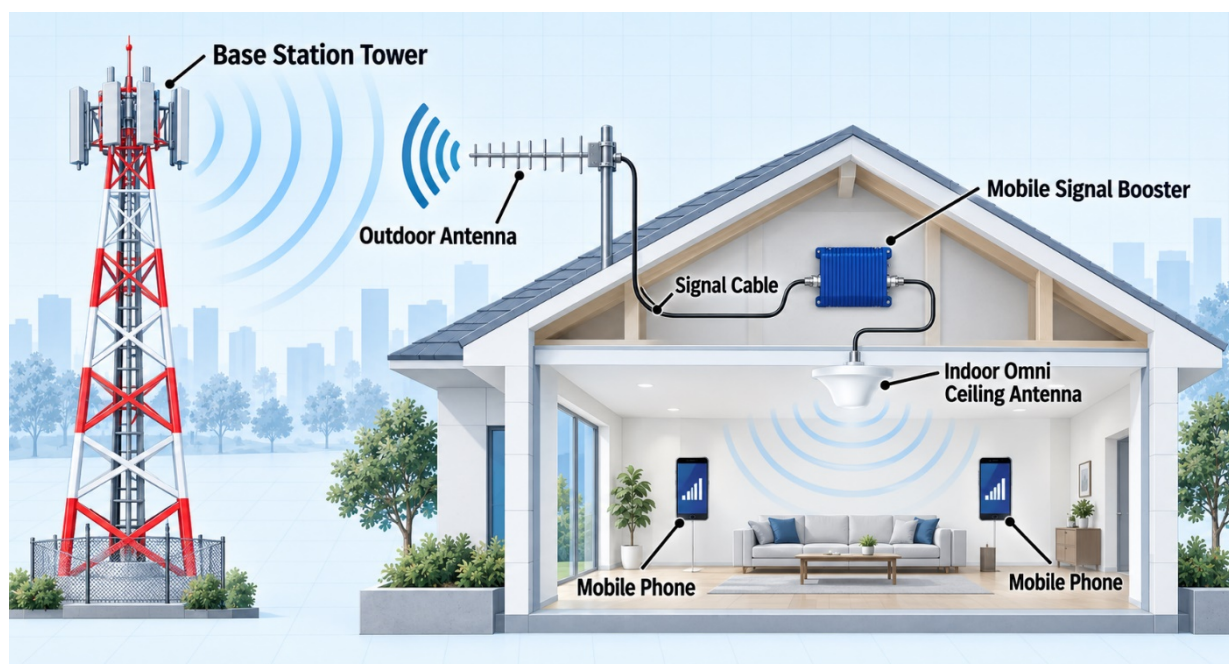
در شرایطی که تعداد مشترکین بسیار زیاد باشد و بار ترافیکی سنگین روی شبکه باشد، که بررسی اولیه آن توسط مقادیر تعیین شده در جدول (۱-۳) این ضابطه تعیین شده است، چنانچه پیکربندی سیستم DAS غیرفعال با منبع سیگنال سلول کوچک، پاسخگو نباشد باید از منبع سیگنال سلول بزرگ BTS استفاده شود.

۱-۵-۴-۴- سیستم DAS فعال/ترکیبی/دیجیتال، با منبع سیگنال سلول بزرگ (BTS)

در شرایط تعداد مشترکین و بار ترافیکی بسیار زیاد و گستردگی فضایی بالا، استفاده از DAS غیرفعال با کابل هم‌محور به تنهایی کافی نیست و باید در بخش توزیع از DAS فعال با کابل شبکه و مبدل‌های مربوط به آن، یا DAS ترکیبی با کابل هم‌محور برای نقاط نزدیک و کابل شبکه برای نقاط دور، و یا DAS دیجیتال با فیبرنوری و مبدل‌های فعال استفاده شود. در مواردی که پوشش مورد نیاز گسترده یا فضا پیچیده باشد، بررسی اولیه آن بر اساس مقادیر جدول (۱-۳) این ضابطه انجام شده و در صورت تایید، این پیکربندی توصیه می‌شود.

۱-۶- تقویت کننده

از آنجا که عموماً طراحی رادیویی شبکه‌های تلفن همراه با هدف دستیابی به کیفیت مطلوب در معابر و فضاهای باز انجام می‌شود، سطح سیگنال دریافتی در محیط داخلی ساختمان‌ها، داخل سالن‌های محصور میان دیوارهای متراکم، تونل‌ها، طبقات منفی و حتی طبقات فوقانی برای داشتن تجربه یک ارتباط مناسب ممکن است کافی نباشد. در چنین مواردی سیگنال رسانی مجدد به این محیط‌ها با ایجاد سلول‌های ارتباطی درون ساختمانی، یا تقویت سیگنال رادیویی برون ساختمانی و بازپخش آن در داخل ساختمان، لازم می‌شود. در شکل (۱-۳)، یک نمونه پیکربندی تقویت کننده نشان داده شده است.



شکل ۱-۳- نمونه پیکربندی تقویت کننده

در صورت عدم هماهنگی فنی پوشش‌های درون ساختمانی ایجاد شده به شیوه فوق با پوشش موجود در بیرون از ساختمان‌ها، امکان ایجاد تداخل درون سلولی در شبکه‌های تلفن همراه وجود داشته و باعث افت کیفیت و بی نظمی در طراحی رادیویی شبکه‌های تلفن همراه می‌شود. از این رو، تصمیم CRA-DEC 5009-01 در راستای پاسخگویی به نیاز موجود در جامعه برای استفاده از تقویت کننده‌های سیگنال رادیویی با هدف افزایش سطح توان سیگنال دریافتی و پوشش رادیویی تدوین شده است. عدم رعایت مشخصات فنی و دستورالعمل بهره‌برداری از دستگاه‌های مذکور، باعث ایجاد تداخل ناخواسته بر روی سرویس‌های رادیویی دیگر شده و منجر به کاهش کیفیت ارتباط می‌شود. تمامی موارد مندرج در تصمیم CRA-DEC 5009-01 اعم از مقررات عمومی، استانداردها و ضوابط فنی دستگاه‌های تقویت کننده فعال سیگنال رادیویی شبکه تلفن همراه، باید رعایت شود.

۱-۶-۱- اهمیت الزامات فنی تقویت کننده‌ها^۱

۱-۶-۱-۱- محدود بودن تکه باندهای فرکانسی مورد استفاده در تقویت کننده

باندهای فرکانسی تقویت کننده‌ها به باندهای مندرج در جدول (۸-۱) تصمیم شماره CRA-DEC 5008-04 سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی محدود می‌شوند.

۱-۶-۱-۲- دوطرفه بودن تقویت انجام شده

تقویت انجام شده در تقویت کننده‌ها در باند فرکانسی ارسال ایستگاه پایه فرستنده و گیرنده به گوشی (ارسال فروسو) و باند فرکانسی ارسال گوشی به ایستگاه پایه فرستنده و گیرنده (ارسال فراسو) با پهنای باند یکسان بوده و استفاده از تقویت کننده یک طرفه ممنوع است.

۱-۶-۱-۳- محدودیت توان تشعشعی سیگنال خروجی

در دستگاه‌های تقویت کننده توان تشعشعی سیگنال خروجی به شرح زیر است:

- در باند فرکانسی ارسال از تقویت کننده به ایستگاه پایه فرستنده و گیرنده پس از تقویت، حداکثر 30 dBm e.i.r.p (1 W e.i.r.p)؛

- در باند فرکانسی ارسال از تقویت کننده به گوشی تلفن همراه، حداکثر 20 dBm e.i.r.p (0.1 W e.i.r.p)؛

- محدودیت توان پخش زائد

محدودیت حداکثر توان پخش زائد با حداکثر تقویت در خروجی، در هر دو بخش ارسال تقویت کننده به گوشی و تقویت کننده به ایستگاه پایه فرستنده و گیرنده، در دو حالت بدون سیگنال رادیویی در ورودی و با ورودی حداکثر، مطابق مقادیر زیر است:

- 250 nW معادل 36 dBm e.r.p در تکه باند فرکانسی ۹ کیلوهرتز تا ۱ گیگاهرتز

- $1 \text{ } \mu\text{W}$ معادل 30 dBm e.r.p در تکه باند فرکانسی ۱ گیگاهرتز تا ۱۲/۷۵ گیگاهرتز

۱-۶-۲- الزامات عمومی

(۱) رعایت حدود تعیین شده در استاندارد ملی ایران به شماره ۸۵۶۷ با عنوان پرتوهای غیریونساز-حدود پرتوگیری، برای تعیین معیار احراز ایمنی، فاصله از منبع پرتو (آنتن) لازم الاجراست.

(۲) رعایت سطح چگالی توان در امواج رادیویی اندازه‌گیری شده مطابق ابلاغیه شماره ۱۶/۰۵/۲۳۵۸۳۶ مورخ ۱۴۰۰/۰۵/۱۹ سازمان انرژی اتمی ایران به عنوان واحد قانونی مندرج در قانون حفاظت در برابر اشعه مصوب ۱۳۶۸ لازم است.

^۱ موارد ذکر شده در بند ۱-۶-۱، مطابق آخرین ویرایش تصمیم CRA-DEC 5009-01 بوده و آخرین ویرایش و اصلاحات آتی این تصمیم، ملاک عمل خواهد بود.

^۲ Effective Radiated Power

۷-۱- تعیین منبع و فناوری توزیع سیگنال

۷-۱-۱- عوامل کلیدی

عوامل کلیدی در اکوسیستم مرتبط با استقرار سیستم‌های DAS که برای انجام اقدامات زیربط، نقش آفرینی خواهند کرد، در ادامه این بخش معرفی می‌شوند:

- سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی به عنوان تنظیم‌گر ارتباطات.
- مالک یا نماینده قانونی آن که در این ضابطه به اختصار بهره‌بردار نامیده می‌شود.
- مشاور IBS، دارندگان پروانه ارائه خدمات مشاوره و طراحی شبکه‌های رادیویی از سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی.
- اپراتور ارائه دهنده خدمات تلفن همراه، دارای پروانه یکپارچه شبکه و خدمات ارتباطی (UNSP) یا نماینده وی، که در این ضابطه اپراتور نامیده می‌شود.

۷-۲- گام‌های لازم الاجرا

با احتساب عوامل کلیدی فوق، و بر اساس شرایط اجرایی راه کارهای IBS در ساختمان‌ها، گام‌های لازم برای اجرا به ترتیب زیر تعیین می‌شود:

گام ۱- بررسی سازه طراحی شده و احراز لزوم استقرار سیستم ارتباطات تلفن همراه درون ساختمانی مطابق با جدول (۳-۱) این ضابطه توسط بهره‌بردار.

گام ۲- انتخاب و عقد قرارداد طراحی سیستم ارتباطات تلفن همراه درون ساختمانی با اپراتور یا شرکت‌های دارای صلاحیت از مراجع ذی صلاح، توسط بهره‌بردار.

توضیح: پرداخت هزینه‌های مربوط به قرارداد موضوع این گام، بر عهده بهره‌بردار است.

گام ۳- تهیه طرح پیشنهادی سیستم مذکور مطابق جدول (۳-۱) با در نظر قراردادن مواردی از قبیل کاهش هزینه‌های اجرایی، ایجاد پوشش شبکه رادیویی بر اساس این ضابطه و ارائه خدمات با کیفیت مطابق مصوبه ۲۸۳ و اصلاحات بعدی، برای استقرار سیستم ارتباطات تلفن همراه درون ساختمانی موضوع گام یک توسط اپراتور.

توضیح: در صورت تعیین پیکربندی نوع A، ملاک انتخاب و اجرای این نوع پیکربندی به کیفیت سیگنال برون ساختمانی وابسته است، لذا اپراتور باید تمهیدات لازم از قبیل اندازه‌گیری پوشش رادیویی برون ساختمانی را انجام دهد و در صورت عدم کیفیت مناسب پوشش رادیویی، پیکربندی بعدی را انتخاب کند. در این خصوص باید دلایل فنی مرتبط به همراه نتایج اندازه‌گیری به مستندات طراحی ضمیمه و به رویت و تایید مشاور IBS رسانیده شود.

گام ۴- اخذ تاییدیه رسمی طرح پیشنهادی اپراتور از سوی مشاور IBS و اعلام نتیجه به بهره‌بردار؛

توضیح ۱: اپراتور باید شرح کاملی از طرح پیشنهادی به انضمام تجهیزات مورد نیاز به همراه جزییات طرح به بهره‌بردار ارائه کند.

توضیح ۲: مشاور IBS باید نتیجه بررسی خود را رسماً اعلام کند، در صورت عدم تایید طرح با ذکر دلایل مشخص ذیل مفاد این ضابطه، موضوع را به اطلاع اپراتور برساند.

توضیح ۳: در صورت اختلاف نظر بین طراحی اپراتور و مشاور IBS، سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی، مرجع اعلام نظر نهایی خواهد بود.

گام ۵- عقد قرارداد اجرا، استقرار و اتصال سیستم ارتباطات تلفن همراه درون ساختمانی به شبکه اپراتور؛ از سوی بهره‌بردار با اپراتور. در این قرارداد اپراتور، مسئول اجرای طرح و اتصال سامانه به شبکه خود است.

توضیح ۱: بهره‌بردار می‌تواند تجهیزات سیستم ارتباطات همراه طراحی شده در گام‌های خود را از دارندگان پروانه ورود، خرید و فروش یا تولید و فروش تجهیزات رادیویی تامین کند.

توضیح ۲: تامین نیازمندی‌های اجرایی سیستم DAS در داخل ساختمان، از قبیل نصب و اجرای رایزرها، سیستم برق‌رسانی، اتاق یا محل نصب منبع سیگنال سیستم تامین پوشش شبکه‌های رادیویی تلفن همراه درون ساختمانی و سیستم سرمایش مناسب، باید بر اساس الزامات ضوابط ۱۱۰ و ۱۲۸ نظام فنی و اجرایی کشور و شرایط این ضابطه و طرح اپراتور تایید شده در گام ۴، انجام شود.

توضیح ۳: توصیه می‌شود تامین برق سیستم تامین پوشش شبکه‌های رادیویی تلفن همراه درون ساختمانی، از نوع اضطراری باشد.

توضیح ۴: پرداخت هزینه‌های مربوط به قرارداد و تامین تجهیزات و سایر هزینه‌های مترتب بر عهده بهره‌بردار است. چنانچه طراحی و اجرا با یک اپراتور باشد، هزینه قرارداد طراحی از هزینه اجرا کسر می‌شود.

گام ۶- عقد قرارداد پشتیبانی، نگهداری دوره‌ای و بهینه‌سازی سیستم تامین پوشش شبکه‌های رادیویی تلفن همراه درون ساختمانی، توسط بهره‌بردار با اپراتور موضوع گام پنجم.

در این قرارداد نیز اپراتور مسئول پشتیبانی فنی و به‌روزرسانی‌های نرم‌افزاری است؛ بهره‌بردار نیز مسئول نگهداری فیزیکی و تامین شرایط محیطی موردنیاز تجهیزات اپراتور است.

خروجی هر یک از گام‌های بند ۱-۷-۲ باید در قالب مستندات طراحی، آزمون و تحویل، مطابق الزامات این ضابطه تنظیم و نگهداری شده و به بهره‌بردار تحویل شود. عدم تهیه یا ناقص بودن این مستندات به منزله عدم تحقق فرآیند اجرایی تلقی خواهد شد.

۱-۷-۳- فناوری منتخب بر حسب منبع سیگنال و فناوری توزیع سیگنال

فضای استقرار و پیکربندی سیستم تامین پوشش شبکه‌های رادیویی تلفن همراه درون ساختمانی، با انتخاب یک فناوری از بین ۴ فناوری توزیع سیگنال و یک منبع سیگنال از بین ۳ نوع آن و بر اساس تلفیقی از دیگر الزامات این ضابطه بوده که در مجموع ۱۲ گزینه قابل انتخاب را مطابق جدول (۱-۲) فراهم می‌کند.

جدول ۱-۲- انتخاب منبع سیگنال و فناوری توزیع سیگنال

فناوری توزیع سیگنال (T)				منبع سیگنال (S)
DAS غیرفعال	DAS فعال	DAS ترکیبی	DAS دیجیتال	
S1T1(A)	S1T2	S1T3	S1T4	فضای بیرونی ^۱
S2T1(B)	S2T2	S2T3	S2T4	سلول‌های کوچک
S3T1(C1)	S3T2(C2)	S3T3(C3)	S3T4(C4)	سلول‌های بزرگ

^۱ تقویت‌کننده، این نوع منبع محسوب می‌شود

شش مورد پیکربندی که اپراتور باید با توجه به مفاد جدول (۳-۱) انتخاب و بر اساس آن طراحی کند، شامل این موارد است:

- (۱) سیستم DAS غیرفعال با منبع فضای بیرونی (A)،
- (۲) سیستم DAS غیرفعال با منبع سلول های کوچک (B)،
- (۳) سیستم DAS غیرفعال با منبع سلول های بزرگ (C1)،
- (۴) سیستم DAS فعال با منبع سلول های بزرگ (C2)،
- (۵) سیستم DAS ترکیبی با منبع سلول های بزرگ (C3)،
- (۶) سیستم DAS دیجیتال با منبع سلول های بزرگ (C4).

۱-۷-۴- الزامات

اپراتور مسئول است با توجه به گزینه های ۶ گانه A تا C4 جدول (۳-۱) و معیارهای مندرج در جدول (۳-۱)، نوع سیستم ارتباطی درون ساختمانی را انتخاب و طراحی کند. اطلاعات جدول (۳-۱) باید توسط بهره بردار تکمیل و نیاز اولیه وی مشخص شود. اپراتور پس از بررسی های فنی و به فراخور شرایط ساختمان می تواند پیکربندی و/یا سطحی کمتر از آن را برای طراحی انتخاب و به بهره بردار پیشنهاد کند.

جدول ۳-۱- نیازسنجی مطالعه و طراحی IBS

ردیف	شاخص	واحد	عدم نیاز به سیستم ارتباطی ^۲	A ^۱	B ^۱	(C1, C2, C3, C4) ^۱
۱	عمق ساختمان	متر	کمتر از ۱۰	کمتر از ۲۰	کمتر از ۴۰	بیش از ۴۰
۲	بزرگترین سطح مقطع ساختمان	مترمربع	کمتر از ۱۰۰	کمتر از ۲۰۰	کمتر از ۴۰۰	بیش از ۴۰۰
۳	ارتفاع مثبت ساختمان (آخرین سقف مسکونی)	متر	کمتر از ۱۰	کمتر از ۲۰	کمتر از ۴۰	بیش از ۴۰
۴	ارتفاع منفی ساختمان	متر	کمتر از ۴	کمتر از ۱۲	کمتر از ۱۵	بیش از ۱۵
۵	درجه اهمیت ساختمان مطابق با جدول (۴-۱)	کد گروه	۵	۴ و ۵	۳، ۴ و ۵	۱، ۲، ۳، ۴ و ۵
۶	متوسط تعداد کاربر کل ساختمان ^۳	نفر	کمتر از ۵۰	بین ۵۰ تا ۱۵۰	بین ۱۵۰ تا ۳۰۰	بیش از ۳۰۰

^۱ پیکربندی های A، B، C1، C2، C3 و C4 مطابق جدول (۳-۱) است.

^۲ در صورتی که تمام شاخص های این ستون با هم محقق شود، نیازی به اجرای سیستم تامین پوشش شبکه های رادیویی تلفن همراه درون ساختمانی نیست.

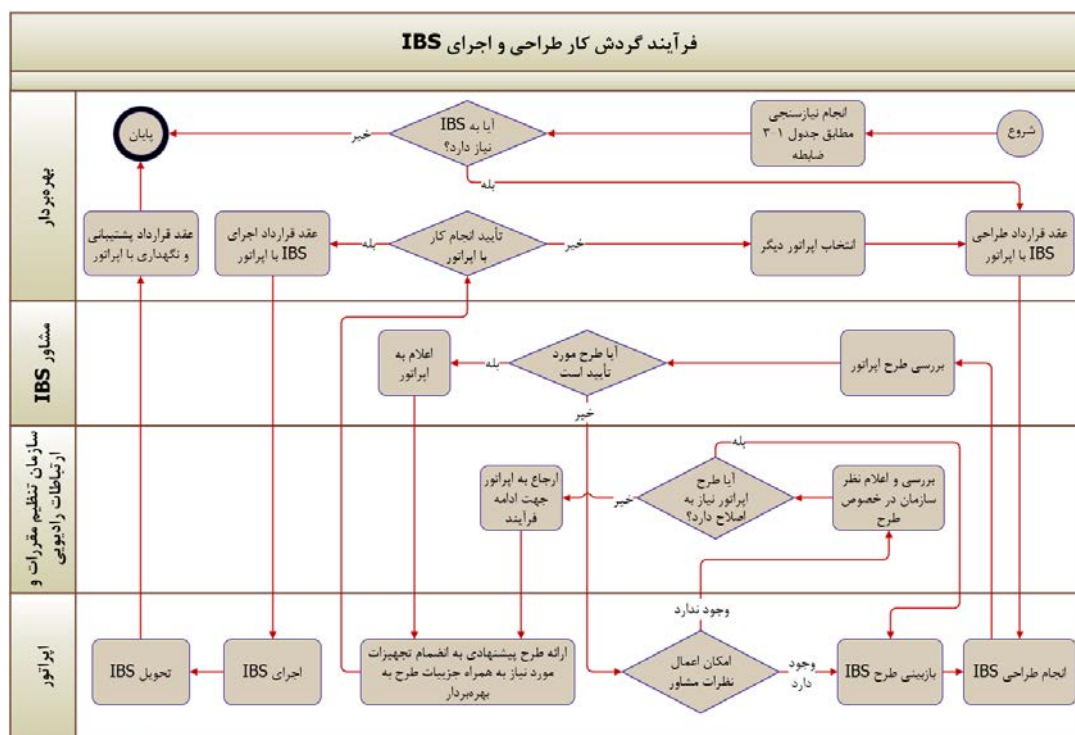
^۳ در صورتی که تمام شاخص های ذیل پیکربندی های مندرج در ردیف های ۱ تا ۵ این جدول محقق شده باشد ولی تعداد کاربران مطابق آن پیکربندی نباشد، در این صورت ملاک عمل پیکربندی خواهد بود که، مطابق با متوسط تعداد کاربر کل ساختمان است. در صورتیکه تعداد متوسط کاربر کل ساختمان در پیکربندی تعیین شده مطابق مشخصات ساختمان، کمتر از مقادیر مندرج در این جدول باشد، بهره بردار به اختیار خود می تواند پیکربندی مذکور را انتخاب یا پیکربندی با سطح پایین تر را متناسب با متوسط تعداد کاربر کل ساختمان و درجه اهمیت، به پیشنهاد اپراتور انتخاب کند. تعداد افراد در «محل تجمع و یا استقرار جمعیت» با «متوسط تعداد کاربر کل ساختمان» متفاوت است. متوسط تعداد کاربر توسط بهره بردار تعیین می شود.

در جدول (۴-۱) درجه اهمیت ساختمان ها بر اساس مباحث مقررات ملی ساختمان ایران، بیان شده است.

جدول ۱-۴- درجه اهمیت ساختمان‌ها

گروه	درجه اهمیت	ویژگی	نمونه
۱	ویژه	- ساختمان‌های دولتی حیاتی	- فرماندهی مدیریت بحران کشور - ساختمان‌های راهبردی ارتباطات و فناوری اطلاعات - ساختمان‌های راهبردی صدا و سیما - وزارتخانه‌های کشور، امور خارجه، ارتباطات و فناوری اطلاعات - بخش‌های راهبردی بانک‌ها بویژه بانک مرکزی و ذخایر آنها (دفینه).
۲	بسیار زیاد	- ساختمان‌های دولتی حساس - محل تجمع و یا استقرار جمعیت بیش از ۵۰۰ نفر - ساختمان بلندتر از ۱۵ طبقه و یا بیشتر از ۱۵۰۰۰ متر مربع زیربنای مفید (گروه د مبحث دوم مقررات ملی ساختمان)	- بیمارستان‌های بیش از ۹۶ تختخواب - ساختمان‌های راهبردی فرودگاه‌های بزرگ - ساختمان‌های راهبردی حمل و نقل ریلی و مراکز کنترل ترافیک - بخش‌های حساس شعبات مرکزی بانک‌ها - وزارتخانه‌ها و مراکز اداری حساس
۳	زیاد	- ساختمان‌های مهم - محل تجمع و یا استقرار جمعیت ۲۰۰ تا ۵۰۰ نفر - ساختمان‌های ۹ تا ۱۵ طبقه و یا ۸۰۰۰ تا ۱۵۰۰۰ متر مربع زیربنای مفید (گروه ج مبحث دوم مقررات ملی ساختمان)	- بیمارستان‌های کمتر از ۹۶ تختخواب - مراکز آموزشی بزرگ - مراکز اداری مهم استانی - ساختمان‌های مسکونی، تجاری، صنعتی و تولیدی - مراکز خدماتی مهم - فروشگاه‌های بزرگ - مساجد و مراکز مذهبی و فرهنگی بزرگ و متوسط
۴	متوسط	- ساختمان‌های با اهمیت متوسط - محل تجمع و یا استقرار جمعیت کمتر از ۲۰۰ نفر تا ۲۰ نفر - ساختمان‌های ۴ تا ۸ طبقه و یا ۱۰۰۰ تا ۸۰۰۰ متر مربع زیربنای مفید (گروه ب مبحث دوم مقررات ملی ساختمان)	- واحدهای مسکونی، اداری، تجاری و خدماتی - درمانگاه‌ها و کلینیک‌ها - مراکز آموزشی متوسط
۵	کم	- ساختمان‌های با اهمیت کم - محل تجمع و یا استقرار جمعیت کمتر از ۲۰ نفر - ساختمان‌های ۳ طبقه و یا تا ۱۰۰۰ متر مربع زیربنای مفید (گروه الف مبحث دوم مقررات ملی ساختمان)	- واحدهای مسکونی، اداری، تجاری و خدماتی - تعاونی‌ها - ساختمان‌های موقت با مدت بهره‌برداری کمتر از ۵ سال

شکل (۴-۱) نحوه گردش کارها و نقش هر یک از ذینفعان را جهت برنامه ریزی و اجرای IBS در راه کار، نشان می دهد.



شکل ۴-۱- مراحل اجرای کار

۸-۱- توضیحات فنی راه کارهای IBS

انتخاب صحیح راه کار IBS، یک تصمیم گیری چندبعدی است که علاوه بر رعایت الزامات مندرج در جدول (۳-۱) این ضابطه، باید مواردی مانند بودجه، شرایط بهره بردار و قابلیت توسعه، برای آن در نظر گرفته شود. راه کار اتخاذ شده باید با استانداردهای مرتبط و مصوبات رگولاتوری سازگار باشد. در غیر این صورت، ممکن است با مشکلاتی مانند تداخل با شبکه ماکرو و افزایش نویز مواجه شود. هم چنین، تمامی مراحل اجرایی از طراحی گرفته تا آزمون و نگهداری باید با دقت و توسط متخصصان^۱ انجام شود.

در نهایت، اجرای صحیح این راه کار علاوه بر بهبود کیفیت خدمات، موجب ارتقای امنیت، قابلیت اطمینان و کارایی شبکه اپراتور خواهد شد.

خروجی هر یک از گام های بند ۱-۷-۲ باید در قالب مستندات طراحی، آزمون و تحويل و مطابق بند ۱-۹ این ضابطه، تهیه، تنظیم و ارائه شود.

^۱ منظور از متخصص، گروه فنی اپراتور یا شرکت های دارای صلاحیت از مراجع ذی صلاح است.

۱-۸-۱- سلول‌های کوچک

سلول‌های کوچک شامل فمتوسل، پیکوسل و میکروسل هستند که به‌منظور بهبود پوشش و ظرفیت در مناطق داخلی یا در نقاطی با ترافیک بالا استفاده می‌شوند. این سلول‌ها با توان کمتر و اندازه کوچکتر، گزینه‌های مناسبی برای استقرار در محیط‌های مختلف هستند.

۱-۸-۱-۱- فمتوسل

فمتوسل یک ایستگاه پایه کوچک است که معمولاً در محیط‌های خانگی یا اداری کوچک استفاده می‌شود. این دستگاه از طریق اتصال به اینترنت به روش DSL یا فیبرنوری، سیگنال شبکه موبایل را دریافت کرده و دوباره منتشر می‌کند. مزایای عمده فمتوسل عبارت است از: قیمت مناسب، بهبود قابل توجه کیفیت مکالمات و انتقال داده. با این حال، این راه‌کار به کیفیت اینترنت محلی وابسته است و تمامی اپراتورها ممکن است به آن دسترسی نداشته باشند.

۱-۸-۱-۱-۱- معرفی فنی

فمتوسل، کوچک‌ترین نوع سلول‌های کوچک است که اغلب در محیط‌های خانگی یا اداری کوچک قرار می‌گیرد. این سلول‌ها به‌عنوان یک ایستگاه پایه محلی عمل کرده و بدون نیاز به اتصال مستقیم به BTS مرکزی، سیگنال شبکه موبایل را از طریق اینترنت به روش DSL یا فیبرنوری دریافت کرده و دوباره منتشر می‌کند. جزئیات ظرفیت فمتوسل در بند ۱-۴-۲-۳ این ضابطه آمده است.

۱-۸-۱-۲- مشخصات فنی

- منبع تغذیه: اتصال به برق شهری؛
- منبع سیگنال: اینترنت به روش DSL، HFC یا فیبرنوری؛
- فرکانس کاری: در باندهای فرکانسی دارای پروانه کار می‌کند (معمولاً GSM، UMTS یا LTE).

۱-۸-۱-۲-۱- الزامات استقرار

- راه‌اندازی: فمتوسل‌ها پس از اعمال تنظیمات و پارامترهای شبکه توسط متخصص اپراتور، توسط بهره‌بردار قابل نصب است.
- موقعیت نصب: داخل خانه، دفتر کوچک، یا محیط‌هایی با پوشش ضعیف؛
- نیازمندی‌های زیرساختی: فقط نیاز به اتصال اینترنت ثابت دارد.

۱-۸-۱-۲-۲- محدودیت‌های فنی

- وابستگی عملکرد به کیفیت اینترنت موجود؛
- عدم دسترسی تمام اپراتورها؛
- محدود به یک باند فرکانسی؛
- عدم امکان توسعه در صورت افزایش تعداد کاربران.

۱-۸-۱-۲-۳- کاربردهای عمومی

- خانه‌های مسکونی؛
- دفاتر و واحدهای اداری کوچک.

۱-۸-۱-۳- پیکوسل

پیکوسل به عنوان نسخه‌ی پیشرفته‌تر فمتوسل، یک سلول کوچک، اما با قابلیت پوشش بیشتر و ظرفیت بالاتر کاربر هم‌زمان است. این نوع سلول‌ها بیشتر در مراکز تجاری، بیمارستان‌ها، هتل‌ها و سایر مکان‌های عمومی کاربرد دارند. پیکوسل در مقایسه با فمتوسل، دارای توان خروجی بیشتری است و به اینترنت پایدار و با سرعت و پهنای باند بیشتری نیاز دارد. یکی از مهم‌ترین مزایای این سلول‌ها، پوشش بهتر نسبت به فمتوسل در قابلیت پشتیبانی از خدمات صوتی و داده است.

۱-۸-۱-۳-۱- معرفی فنی

پیکوسل یک سلول کوچک است که برای پوشش درون ساختمانی در مقیاس متوسط طراحی شده است. این سلول‌ها عمدتاً در مراکز تجاری، هتل‌ها، بیمارستان‌ها و ساختمان‌های اداری کاربرد دارند و قادرند تعداد بیشتری از کاربران را پشتیبانی کنند. جزئیات راه کار پیکوسل در بند ۱-۴-۲-۲ این ضابطه آمده است.

۱-۸-۱-۳-۲- مشخصات فنی

- منبع تغذیه: اتصال به برق شهری یا منبع UPS؛
- منبع سیگنال: اینترنت بر روی فیبرنوری، شبکه مویرگی، یا سیگنال برون ساختمانی؛
- فرکانس کاری: باندهای GSM، UMTS، LTE و در بعضی موارد 5G.

۱-۸-۱-۳-۳- الزامات استقرار

- راه اندازی: پس از اعمال تنظیمات و پارامترهای شبکه، توسط متخصص اپراتور نصب می‌شود.
- موقعیت نصب: درون ساختمان‌های متوسط تا بزرگ؛
- نیازمندی‌های زیرساختی: فقط نیاز به اتصال اینترنت ثابت با پهنای باند بالا مانند ارتباط فیبرنوری دارد.

۱-۸-۱-۳-۴- محدودیت‌های فنی

- وابستگی به کیفیت اینترنت؛
- نیاز به نصب حرفه‌ای؛
- هزینه بالاتر نسبت به فمتوسل؛
- عدم دسترسی تمام اپراتورها.

۱-۸-۱-۳-۵- کاربردهای عمومی

- هتل‌ها و مجتمع‌های اداری؛
- بیمارستان‌ها و مراکز درمانی؛
- مراکز خرید کوچک و متوسط؛
- دانشگاه‌ها و مراکز آموزشی.

۱-۸-۱-۴- میکروسل

میکروسل با دامنه پوشش بیشتر و ظرفیت بالاتر نسبت به دو نوع قبلی، برای استفاده در ساختمان‌های بلندمرتبه، مرکزهای شهری و فرودگاه‌ها مناسب است. این سلول‌ها دارای توان خروجی بیشتری هستند و اغلب به صورت مستقیم به شبکه اصلی اپراتور متصل می‌شوند. میکروسل نیازمند نصب حرفه‌ای، مجوز لازم، و فضای فیزیکی مناسب است و هزینه نصب و راه‌اندازی فنی^۱ آن نسبت به دو نوع قبلی بیشتر است.

۱-۸-۱-۴-۱- معرفی فنی

میکروسل، بزرگترین نوع سلول کوچک است که برای پوشش درون ساختمانی و حتی درون شهری طراحی شده است. این سلول‌ها دارای ظرفیت بالا و پوشش گسترده‌تری هستند و اغلب به صورت مستقیم به شبکه اصلی اپراتور متصل می‌شوند. جزئیات راه‌کار میکروسل در بند ۱-۴-۲-۱ این ضابطه آمده است.

۱-۸-۱-۴-۲- مشخصات فنی

- منبع انرژی: برق شهری و سیستم خنک‌کننده (در صورت نصب بیرونی)؛
- منبع سیگنال: اتصال مستقیم به شبکه اصلی اپراتور (فیبرنوری و مایکروویو)؛
- فرکانس کاری: GSM، UMTS، LTE، و در برخی موارد 5G.

۱-۸-۱-۴-۳- الزامات استقرار

- نیاز به برنامه‌ریزی دقیق: باید طراحی شبکه رادیویی، آزمون پوشش و محاسبات بودجه پیوند انجام شود.
- مکان‌های مناسب نصب: ساختمان‌های بلندمرتبه، فضاهای عمومی و شهری؛
- ملاحظات فیزیکی: نیاز به فضای مناسب برای تجهیزات و سیستم خنک‌کننده.

۱-۸-۱-۴-۴- محدودیت‌های فنی

- هزینه بالا؛
- نیاز به اخذ مجوز و تاییدیه از مراجع رگولاتوری؛

^۱ Commissioning

- نیاز به نصب حرفه‌ای و تجهیزات جانبی؛
- نیاز به فضای فیزیکی و سیستم خنک کننده.

۱-۸-۴-۵- کاربردهای عمومی

- ساختمان‌های بلندمرتبه؛
- مراکز شهری با ترافیک بالا؛
- فرودگاه‌ها و ایستگاه‌های قطار؛
- استادیوم‌های ورزشی و محل‌های عمومی.

جدول (۱-۵) این سه راه کار را با توجه به مشخصات فنی آنها، مقایسه کرده است.

جدول ۱-۵- مقایسه فنی فمتوسل، پیکوسل و میکروسل

مشخصه	راه کار		
	فمتوسل	پیکوسل	میکروسل
دامنه پوشش (متر)	کمتر از ۳۰	۹۰ تا ۳۰۰	۱۸۰ تا ۹۰۰
ظرفیت کاربران همزمان	کمتر از ۱۶	۱۶ تا ۶۴	۱۰۰ تا ۲۰۰۰
ظرفیت کاربران ثبت شده	کمتر از ۳۲	۳۰ تا ۲۰۰	۵۰۰ تا ۱۰۰۰
توان خروجی	کمتر از ۲۰۰ میلی‌وات	۲۵۰ میلی‌وات تا ۲ وات	۲ تا ۲۰ وات
زیرساخت اتصال به شبکه اصلی	اینترنت	اینترنت ترجیحا با فیبرنوری	فیبرنوری / مایکروویو
نوع استقرار	خانگی / اداری کوچک	اداری / عمومی	شهری / عمومی
هزینه نصب	پایین (پس از راه اندازی اولیه)	متوسط	بالا
نیاز به متخصص برای نصب	بله	بله	بله
قابلیت توسعه	محدود	متوسط	بالا

۱-۸-۲- سیستم DAS

سیستم DAS به عنوان یکی از مهم ترین راه کارهای بهبود پوشش شبکه های موبایل در محیط های درون ساختمانی، نقش بسیار مهمی در تقویت سیگنال، افزایش ظرفیت شبکه و بهبود کیفیت خدمات دارد. این سیستم از مجموعه ای از آنتن های توزیع شده در نقاط مختلف ساختمان تشکیل شده است که انتخاب منبع و فناوری بر اساس گام ۳ بند ۱-۷ و مطابق الزامات جدول (۱-۳) این ضابطه انجام می شود.

این سیستم ها بر اساس نوع فناوری مورد استفاده در توزیع سیگنال، به چهار دسته اصلی تقسیم می شوند: غیرفعال، فعال، ترکیبی و دیجیتال. در ادامه، هر یک از این سیستم ها شرح داده شده است.

۱-۸-۲-۱- سیستم DAS غیرفعال

۱-۸-۲-۱-۱- ساختار و نحوه عملکرد

سیستم DAS غیرفعال از مؤلفه‌های شبکه رادیویی غیرفعال تشکیل شده است که شامل موارد زیر است:

- کابل‌های هم‌محور؛
- تقسیم‌کننده‌ها؛
- تزویج‌کننده‌ها؛
- انشعاب‌گیرها.

این سیستم بدون استفاده از قطعات الکترونیکی فعال، سیگنال را از یک منبع مرکزی (مانند BTS، سلول کوچک یا سیگنال برون ساختمانی) دریافت و از طریق مجموعه‌ای از کابل‌ها و آنتن‌ها در نقاط مختلف ساختمان توزیع می‌کند. در بند ۱-۵-۳-۱ توضیحات کلی در خصوص این راه‌کار ارائه شده است.

۱-۸-۲-۱-۲- مشخصات فنی

- منبع سیگنال: سیگنال برون ساختمانی، سلول کوچک یا BTS؛
- نوع انتقال: کابل هم‌محور (معمولاً با قطر بالا)؛
- دامنه پوشش: محدود به چند صد متر (با توجه به تلفات کابل)؛
- فضا: مناسب برای ساختمان‌های کوچک و متوسط؛
- قابلیت توسعه: محدود؛
- تقویت سیگنال: در صورت طولانی بودن مسیر کابل، استفاده از تقویت‌کننده الزامی است.

۱-۸-۲-۱-۳- الزامات استقرار

نصب سیستم DAS غیرفعال نسبتاً ساده است، اما طراحی دقیق بودجه پیوند باید انجام شود. زیرا هر چه آنتن‌ها دورتر از منبع سیگنال باشند، تضعیف سیگنال بیشتر می‌شود و لذا باید تعادل دقیقی بین توان خروجی و تلفات ایجاد شود.

۱-۸-۲-۱-۴- محدودیت‌ها

- تلفات بالای سیگنال در صورت استفاده از کابل‌های مسی طولانی؛
- نیاز به محاسبات دقیق در طراحی؛
- عدم پشتیبانی از چندین اپراتور به صورت هم‌زمان بدون تجهیزات جداگانه؛
- محدودیت در پوشش و ظرفیت.

۱-۸-۲-۱-۵- کاربردهای عمومی

- ساختمان‌های گروه ۱ و ۵ ذکر شده در جدول (۱-۴) این ضابطه.

۱-۸-۲-۲- سیستم DAS فعال

۱-۸-۲-۲-۱- ساختار و نحوه عملکرد

سیستم DAS فعال، سیگنال را به صورت دیجیتال منتقل می کند و سپس آن را در RRU دوباره به سیگنال رادیویی تبدیل می کند. این سیستم اغلب از فیبرنوری یا کابل اترنت مسی برای انتقال سیگنال استفاده می کند و نیازی به کابل های هم محور گران قیمت ندارد. اطلاعات کلی این راه کار در بند ۱-۵-۳-۲ این ضابطه آمده است.

۱-۸-۲-۲-۲- مشخصات فنی

- منبع سیگنال: سلول کوچک، BTS یا سیگنال برون ساختمانی؛
- نوع انتقال: دیجیتال (کابل فیبرنوری یا مسی)؛
- محدوده پوشش: تقریباً نامحدود (به دلیل عدم تلفات در فیبرنوری)؛
- فضا: مناسب برای ساختمان های بزرگ با ترافیک بالا؛
- قابلیت توسعه: بالا؛
- تجهیزات مورد نیاز: RRU، فیدر دیجیتال، منبع تغذیه اختصاصی.

۱-۸-۲-۳- الزامات استقرار

در این سیستم، سیگنال ابتدا به صورت دیجیتال از طریق فیبرنوری یا کابل اترنت منتقل شده و سپس در واحد RRU به سیگنال آنالوگ رادیویی تبدیل می شود. این امر باعث کاهش تلفات و افزایش کیفیت سیگنال می شود.

۱-۸-۲-۴- محدودیت ها

- هزینه بالای تجهیزات؛
- نیاز به تامین برق اختصاصی برای واحدهای RRU؛
- نیاز به متخصص برای طراحی و نصب؛
- نیاز به سیستم مدیریت دیجیتال.

۱-۸-۲-۵- کاربردهای عمومی

- ساختمان های گروه ۱ تا ۴ ذکر شده در جدول (۱-۴) این ضابطه (مانند برج ها، فرودگاه ها و استادیوم ها).

۱-۸-۲-۳- سیستم DAS ترکیبی

۱-۸-۲-۳-۱- ساختار و نحوه عملکرد

سیستم DAS ترکیبی، ترکیبی از فناوری‌های غیرفعال و فعال است. در این سیستم، از فیبرنوری برای انتقال سیگنال دیجیتال استفاده می‌شود، اما در سطح محلی، از کابل‌های هم‌محور برای توزیع سیگنال استفاده می‌شود. این ساختار امکان بهره‌مندی از مزایای هر دو سیستم را فراهم می‌سازد.

۱-۸-۲-۳-۲- مشخصات فنی

- منبع سیگنال: سلول کوچک، BTS یا سیگنال برون ساختمانی؛
- نوع انتقال: ترکیبی (فیبرنوری و کابل هم‌محور)؛
- محدوده پوشش: متوسط تا زیاد؛
- فضا: مناسب برای ساختمان‌های متوسط تا بزرگ؛
- قابلیت توسعه: خوب؛
- تجهیزات مورد نیاز: RRU، فیبرنوری، کابل هم‌محور.

۱-۸-۲-۳-۳- الزامات استقرار

در این سیستم، یک RRU در هر طبقه قرار می‌گیرد که سیگنال دیجیتال دریافتی را به سیگنال رادیویی آنالوگ تبدیل کرده و سپس از طریق کابل‌های هم‌محور به چندین آنتن در آن طبقه متصل می‌شود.

۱-۸-۲-۳-۴- محدودیت‌ها

- هزینه بالاتر نسبت به سیستم DAS غیرفعال؛
- نیاز به طراحی بودجه پیوند در هر طبقه؛
- پیچیدگی بیشتر در نصب و تنظیمات.

۱-۸-۲-۳-۵- کاربردهای عمومی

- ساختمان‌های گروه ۱ تا ۳ ذکر شده در جدول (۴-۱) این ضابطه.

۱-۸-۲-۴- سیستم DAS دیجیتال

۱-۸-۲-۴-۱- ساختار و نحوه عملکرد

در این سیستم، سیگنال مربوط به هر یک از اپراتورهای تلفن همراه قبل از انتقال، به صورت دیجیتال درآمده و سپس از طریق فیبرنوری یا کابل مسی به واحدهای آنتنی ارسال می‌شود. این رویکرد از تداخل بین سیگنال‌ها جلوگیری کرده و امکان کنترل هوشمندانه‌تری را فراهم می‌کند.

۱-۸-۲-۴-۲- مشخصات فنی

- منبع سیگنال: سلول کوچک، BTS یا سیگنال برون ساختمانی؛
- نوع انتقال: دیجیتال (کابل فیبرنوری یا مسی)؛
- محدوده پوشش: نامحدود؛
- ظرفیت: بسیار بالا؛
- قابلیت توسعه: بسیار بالا؛
- تجهیزات مورد نیاز: BBU، RRU دیجیتال، سوئیچ های دیجیتال.

۱-۸-۲-۴-۳- الزامات استقرار

سیگنال دیجیتال در مرکز سیستم به تمامی واحدهای RRU دیجیتالی ارسال می شود و هر واحد آن را به صورت مستقل پردازش می کند. این امر باعث کاهش نویز و بهبود کیفیت سیگنال می شود.

۱-۸-۲-۴-۴- محدودیت ها

- هزینه بسیار بالا؛
- نیاز به تجهیزات دیجیتال گران قیمت؛
- نیاز به نرم افزارهای مدیریتی پیشرفته؛
- پیچیدگی در طراحی و نصب.

۱-۸-۲-۴-۵- کاربردهای عمومی

- ساختمان های گروه ۱ تا ۳ ذکر شده در جدول (۴-۱) این ضابطه؛
 - فضاهایی با نیاز به تغییرات مکرر در الگوی پوشش (مانند سالن های نمایشگاهی).
- در جدول (۴-۱) چهار نوع راه کار سیستم های DAS با یکدیگر مقایسه شده است. هم چنین برای آشنایی بهتر، در شکل ۵-۱ کلیات پیکربندی هر یک بیان شده است.

۱-۸-۳- راه کار تقویت کننده

تقویت کننده های سیگنال برای افزایش توان سیگنال دریافتی از محیط بیرونی و بازپخش آن در فضای درون ساختمانی استفاده می شوند. در طراحی این بخش، پارامترهای اصلی شامل محل دریافت سیگنال، ^۱ AGC و ^۲ ULPC باید در نظر

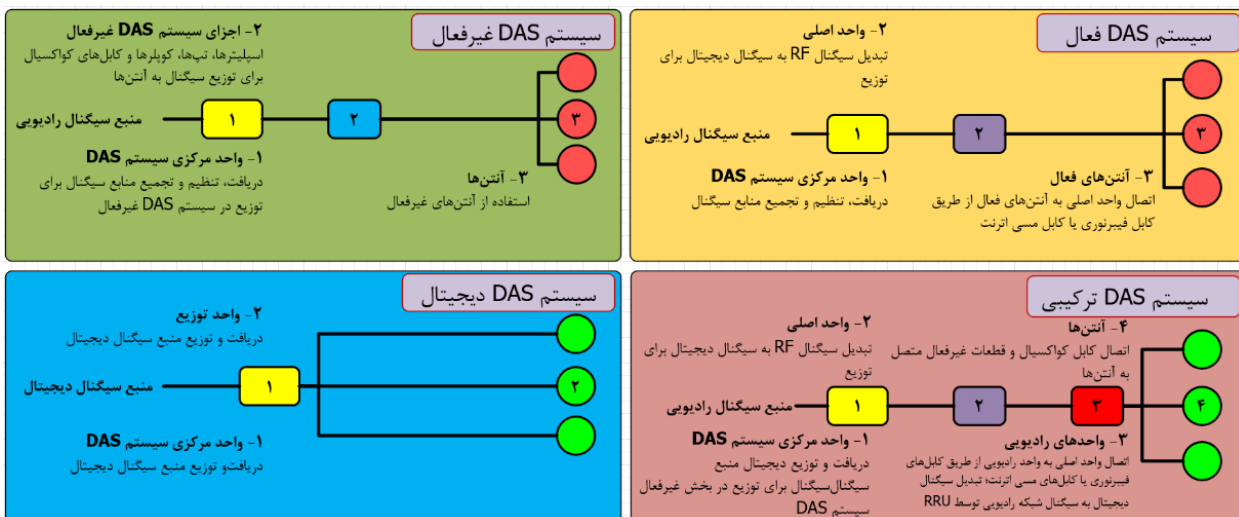
^۱ کنترل خودکار بهره یا Automatic Gain Control، یک مکانیزم در تقویت کننده ها، گیرنده ها و سیستم های رادیویی است که به صورت خودکار میزان بهره مدار را تنظیم می کند تا سطح سیگنال خروجی ثابت بماند، حتی اگر شدت سیگنال ورودی تغییر کند.

^۲ یا Uplink Power Control، برای کنترل توان ارسال از سوی تجهیزات سیم کارت خور سمت کاربر به منظور جلوگیری از افزایش کف نویز در مسیر فراسو، استفاده می شود.

گرفته شوند. در صورت استفاده ترکیبی از تقویت کننده با سایر راه کارها، ارزیابی تداخل فرکانسی و ظرفیت باید توسط تیم فنی اپراتور انجام شود و نتایج در مستندات طراحی ثبت شود.

جدول ۱-۶- مقایسه چهار نوع سیستم DAS

مشخصه	راه کار			
	سیستم DAS غیرفعال	سیستم DAS فعال	سیستم DAS ترکیبی	سیستم DAS دیجیتال
نوع انتقال سیگنال	آنالوگ	دیجیتال	ترکیبی (دیجیتال و آنالوگ)	دیجیتال
نوع کابل	کابل هم محور	فیبرنوری / اترنت	فیبرنوری و هم محور	فیبرنوری / اترنت
نیاز به تقویت کننده	بله، در صورت لزوم	خیر	خیر	خیر
هزینه نصب	پایین	بالا	متوسط	بسیار بالا
قابلیت توسعه	محدود	بالا	خوب	بسیار بالا
پشتیبانی از چند اپراتوری	عدم پشتیبانی	پشتیبانی می کند	پشتیبانی می کند	پشتیبانی می کند
نیاز به برق اختصاصی	خیر	بله	بله	بله



شکل ۱-۵- کلیات پیکربندی ها در سیستم DAS

۱-۳-۸-۱- ساختار و عملکرد

تقویت کننده از سه بخش اصلی تشکیل می شود:

- آنتن خارجی: دریافت سیگنال از ایستگاه پایه یا سلول ماکرو،
- واحد تقویت سیگنال رادیویی: افزایش سطح سیگنال دریافتی با حفظ ساختار داده، با کنترل خودکار بهره و توان برگشتی،
- آنتن داخلی: انتشار سیگنال تقویت شده در محدوده داخلی.

تقویت در هر دو مسیر فروسو و فراسو به طور هم زمان انجام می شود و تقویت کننده، سیگنال جدیدی تولید نمی کند.

۱-۸-۳-۲- منبع سیگنال

- سیگنال برون ساختمانی از BTS یا شبکه ماکرو.

۱-۸-۳-۳- باند فرکانسی، توان خروجی و محدودیت‌های فنی

این موارد در بند ۱-۶ این ضابطه بطور کامل توضیح داده شده است.

۱-۸-۳-۴- نحوه انتقال سیگنال

- صرفاً تقویت سیگنال رادیویی بدون تغییر در ساختار داده؛
- بدون تبدیل آنالوگ به دیجیتال یا برعکس.

۱-۸-۳-۵- استانداردهای لازم

- باید دارای گواهی استاندارد ETSI EN 303 609 و ITU-R SM.329 باشد.
- مطابق با الزامات فنی تصمیم CRA-DEC 5009-01 باشد.

۱-۸-۳-۶- نحوه استقرار

- نصب تقویت کننده نسبتاً ساده است، اما لازم است در موارد زیر دقت شود:
- فاصله کافی بین آنتن خارجی و داخلی باید به گونه‌ای باشد که تضعیف مسیر بین آن‌ها حداقل ۱۰ تا ۱۵ dB بیشتر از بهره تقویت کننده باشد تا از ایجاد یک حلقه تکرار شونده^۱ جلوگیری شود.
- محل مناسب برای نصب آنتن خارجی باید به گونه‌ای انتخاب شود که دارای دید مستقیم به سایت ماکروی هدف باشد و در عین حال از سایت‌های دیگر اپراتورها یا منابع تشعشع ناخواسته حداقل ۳۰ متر^۲ فاصله داشته باشد. آنتن داخلی باید در ناحیه مرکزی طبقات و دور از پنجره‌ها نصب شود تا از انتشار انرژی به بیرون و تداخل با شبکه ماکرو جلوگیری شود. هدف از این الزام، پیشگیری از دو نوع تداخل است:
- ناپایداری بهره توان در اثر کوپل ناخواسته بین آنتن‌های خارجی و داخلی؛
- تداخل بین سلولی^۳ با سایت‌های مجاور؛
- جهت تابش آنتن خارجی باید دقیقاً به سمت سایت ماکرو هدف تنظیم شود و در صورت امکان از آنتن‌های جهت‌دار با بهره بالا (حداقل ۹ تا ۱۲ dBi^۴) استفاده شود؛

^۱ این ویژگی به نام Non-Oscillation نامیده می‌شود.

^۲ فاصله ۳۰ متر تضمین می‌کند که تراز توان سیگنال دریافتی از منابع ناخواسته حداقل ۳۰ تا ۴۰ dB کمتر از سیگنال هدف باشد؛ در محیط‌های شهری با آنتن‌های متعدد، اثر Intermodulation یا Cross-Talk بین تجهیزات مجاور به حداقل برسد؛ و در محدوده تابش مستقیم (main lobe) آنتن‌های دیگر قرار نگیرد.

^۳ Macro Interference

^۴ واحدی است برای بیان بهره آنتن نسبت به آنتن ایزوتروپیک یا ideal isotropic radiator.

- فاصله ایمن از منابع دیگر تشعشعی را رعایت کند (براساس استاندارد ملی ایران ۸۵۶۷ و ابلاغیه سازمان انرژی اتمی).
- در جدول (۷-۱) مزایا و محدودیت‌های سه گروه پیکربندی سیستم DAS غیرفعال با منبع سلول‌های کوچک (B)، سیستم‌های DAS با منبع سلول‌های بزرگ (C1, C2, C3, C4) BTS، و سیستم DAS غیرفعال با منبع بیرونی (A) بیان شده است.

جدول ۷-۱- جمع‌بندی کلیات راه‌کارها

عوامل مقایسه		پیکربندی
محدودیت‌ها	مزایا	
هزینه بالا، وابستگی به اینترنت ملی، عدم دسترسی همه اپراتورها	پوشش خوب، کیفیت بالا، ظرفیت بالا	سیستم DAS غیرفعال با منبع سلول‌های کوچک (B)
هزینه اولیه بالا، نیاز به طراحی دقیق، نیاز به فضا و زیرساخت	پوشش گسترده، پشتیبانی از چندین اپراتور، کیفیت پایدار	سیستم DAS با منبع سلول‌های بزرگ BTS (C1, C2, C3 & C4)
افزایش نویز، تداخل، وابستگی به سیگنال خارجی	هزینه پایین، نصب ساده	سیستم DAS غیرفعال با منبع بیرونی (A)

۹-۱- فرآیند انجام کار

- این بخش نقش کلیدی در اجرای موفق راه‌کارهای IBS دارد. هدف اصلی این است که مراحل طراحی، نصب، آزمون، بهره‌برداری و نگهداری به‌صورت دقیق و قابل پیگیری، مشخص شود. این فرآیند شامل موارد زیر می‌شود:
- شناسایی نیازها و ارزیابی اولیه؛
 - بررسی محیطی پارامترهای شبکه رادیویی و اندازه‌گیری سطح و کیفیت سیگنال شبکه ارتباطی اپراتور؛
 - انتخاب راه‌کار مناسب مطابق جدول (۳-۱)؛
 - طراحی فنی و برنامه‌ریزی شبکه رادیویی؛
 - تامین تجهیزات؛
 - نصب و راه‌اندازی؛
 - کنترل نهایی، ارزیابی عملکرد و تحویل؛
 - نگهداری و به‌روزرسانی دوره‌ای.

۹-۱-۱- شناسایی نیازها و ارزیابی اولیه

- در این مرحله، تحلیل فنی از وضعیت موجود و نیازهای اولیه بهره‌بردار صورت می‌گیرد که شامل موارد زیر است:
- نوع ساختمان: ساختمان بلند مرتبه، زیرزمینی، مجموعه تجاری، درمانی، فرودگاهی، مترو و غیره؛
 - نوع کاربران: تعداد کاربری هم‌زمان و نوع سرویس مبتنی بر فناوری (2G, 3G, 4G, 5G, ...);
 - نوع خدمات مورد نیاز: صوت، داده، اینترنت اشیاء (IoT)، خدمات اضطراری و غیره؛
- این مرحله مبنای تمام تصمیمات بعدی است.

۱-۹-۲- بررسی محیطی پارامترهای شبکه رادیویی و اندازه گیری سطح و کیفیت سیگنال شبکه ارتباطی اپراتور

این مرحله برای محاسبه و شبیه سازی در ساختمان های در حال طراحی، یا ارزیابی واقعی وضعیت سیگنال در محیط داخل ساختمان، با ابزارهای سنجش حرفه ای و روش نمونه برداری استاندارد، انجام می شود. خروجی این مرحله مبنای تصمیم گیری فنی درباره نوع راه کار، ظرفیت سنجی و جانمایی تجهیزات است. در ادامه موارد اصلی قابل اندازه گیری و مقادیر پیشنهادی آن ها برای هر نسل شبکه، بیان شده است.

علاوه بر سنجش سیگنال درون ساختمانی، ارزیابی سطح و کیفیت سیگنال برون ساختمانی نیز انجام می شود تا مبنای انتخاب نوع تقویت کننده و نقاط ورود سیگنال، تعیین شود. در صورت ضعف پوشش بیرونی، استفاده از راه کارهای تقویت کننده مناسب (مانند تقویت کننده یا آنتن خارجی) در طراحی لحاظ می شود.

۱-۹-۲-۱- پارامترهای پایه برای تمامی نسل ها

در تمامی فناوری ها ابتدا باید $RxLevel^1$ اندازه گیری شود تا سطح قدرت سیگنال مشخص شود. مقادیر پیشنهادی این پارامتر در فضای داخلی در جدول (۸-۱) آمده است اما حداقل الزام قانونی این موارد، مقادیر مندرج در مصوبه ۲۸۳ است.

جدول ۸-۱- مقادیر سطح قدرت سیگنال

فناوری	پارامتر قدرت سیگنال	حد تقریبی قابل قبول در طراحی	توضیح
2G (GSM)	$RxLevel$	حداقل -۸۵dBm	حفظ کیفیت تماس و جلوگیری از Drop
3G (UMTS)	$RSCP^2$	حداقل -۹۰ dBm	پوشش قابل قبول برای Data و Voice
4G (LTE)	$RSRP^3$	حداقل -۹۵ dBm	پایداری سرویس Data و VoLTE
5G (NR)	$SS-RSRP^4$	حداقل -۹۰ dBm	پایداری پیوند و سرویس های پیشرفته

۱-۹-۲-۲- شاخص های تکمیلی کیفیت

مقادیر پیشنهادی حداقل پارامترهای کیفیت در فضای داخلی در جدول (۹-۱) آمده است.

^۱ شاخص اندازه گیری قدرت سیگنال دریافتی توسط گیرنده (مثل گوشی یا دستگاه آزمون) است که معمولاً در شبکه GSM استفاده می شود و بر حسب dBm بیان می شود.

^۲ توان سیگنال دریافتی پس از پردازش کد WCDMA یا Received Signal Code Power. در شبکه 3G بوده و بیانگر قدرت مؤثر سیگنال پس از جدا شدن از نویز و سیگنال های دیگر است.

^۳ قدرت سیگنال مرجع دریافتی یا Reference Signal Received Power در شبکه های 4G.

^۴ توان دریافتی سیگنال مرجع هم زمان سازی یا Synchronization Signal Reference Signal Received Power در شبکه های موبایل 5G.

جدول ۹-۱- پارامترهای کیفیت پیوند

فناوری	پارامتر سنجش کیفیت	حد قابل قبول	توضیح
2G (GSM)	RxQual ^۱	حداکثر ۳	وابسته به نرخ Bit Error
3G (UMTS)	Ec/No ^۲	حداقل ۱۰ dB-	تأثیر مستقیم بر ظرفیت کانال
4G (LTE)	SINR ^۳	حداقل ۵ dB	مشخص کننده توان سرویس دیتا
5G (NR)	SS-SINR ^۴	حداقل dB ° (این مقدار آستانه اتصال است. برای تضمین کیفیت سرویس باید حداقل ۳ dB باشد.)	مبنای انتخاب Beam ^۵ و Modulation ^۶

۹-۱-۳- انتخاب راه کار مناسب مطابق جدول (۳-۱)

با توجه به نتایج مرحله قبل، تصمیم گیری در مورد نوع راه کار مناسب از میان گزینه های بند ۱-۷-۳ صورت می گیرد، که بر اساس موارد زیر تعیین می شود:

- عمق، مقطع و ارتفاع مثبت و منفی ساختمان؛
- درجه اهمیت ساختمان، بر اساس جدول (۴-۱)؛
- متوسط تعداد کاربر.

غیر از الزامات اعلام شده در جدول (۳-۱)، برای انتخاب راه کار سطح بالاتر، موارد زیر نیز باید در تصمیم گیری بهره بردار بررسی شود:

- هزینه اولیه و OPEX؛
- نیاز به چند اپراتور؛
- قابلیت توسعه پذیری.

۹-۱-۴- طراحی فنی و برنامه ریزی شبکه

در این بند الزامات کلی طراحی سیستم های درون ساختمانی بیان شده است. این الزامات برای همه راه کارهای IBS، معتبر است و زیربندهای فرعی، فقط به موارد استثنا یا پارامترهای خاص هر راه کار می پردازد. معیارهای پوشش و کیفیت مرجع همواره با مصوبه ۲۸۳ و الزامات این ضابطه هم خوان هستند اما پیشنهادات ارایه شده در خصوص مقادیر طراحی درون ساختمانی ممکن است در برخی موارد سخت گیرانه تر از آستانه های مصوبه ۲۸۳ باشد که این موارد مغایرت تلقی نمی شوند.

^۱ شاخص کیفیت سیگنال دریافتی یا Receive Quality. در شبکه موبایل 2G.

^۲ نسبت انرژی سیگنال به نویز یا Energy per Chip to Noise density ratio. در شبکه های 3G.

^۳ نسبت توان سیگنال به مجموع توان نویز و تداخل یا Signal to Interference plus Noise Ratio. در شبکه های 4G.

^۴ نسبت توان سیگنال هم زمان سازی به مجموع توان نویز و تداخل یا Synchronization Signal-Signal to Interference plus Noise Ratio. در شبکه های موبایل نسل پنجم.

^۵ پرتو جهت دار حاصل از Beamforming در شبکه 5G NR که کاربر بر اساس SS-SINR آن انتخاب می کند.

^۶ مودولاسیون، شیوه ای است که سیگنال رادیویی برای انتقال داده تغییر شکل داده می شود، یعنی اطلاعات (صوت، دیتا، تصویر) روی موج حامل RF سوار می شود تا بتواند از طریق آنتن ها و سیستم DAS درون ساختمانی، منتقل شود.

۱-۹-۴-۱- محدوده پوشش

تامین پوشش رادیویی درون ساختمانی باید به گونه ای تعریف و پیاده سازی شود که خدمات پایه شامل تماس صوتی و پیامک در نسل دوم در فضاهای عمومی اصلی با تردد بالا مانند لابی ها، راهروها، کابین آسانسور، پارکینگ ها، اتاق های تجهیزات، پله های اضطراری، ایستگاه های زیرزمینی^۱، کلیه فضاهای عمومی، ورودی های اصلی، راهروهای اصلی، سالن های اجتماعات، اتاق های کنفرانس، فضاهای انتظار و پاگردهای پله، فراهم شود. فضاهای غیر عمومی و محصور نظیر رایزرهای تاسیسات از شمول این الزام خارج هستند.

محدودیت ها بر اساس الزامات ذکر شده در مصوبه ۲۸۳ تعیین شده است. بدیهی است چنانچه در آینده مصوبات دیگری در این خصوص تدوین شود، رعایت آن ها در این ضابطه اجباری است. به عنوان نمونه، آستانه RxLevel بیشتر یا مساوی -۸۵ dBm با تحقق معیار پوشش در ۹۷٪ نمونه ها در محیط شهری، ملاک حداقل سرویس پایه در مصوبه ۲۸۳ است. هر گونه مقدار جایگزین که با این مصوبه در تضاد باشد قابل اعمال نیست.

الزام پوشش کامل در کابین ها و لابی های آسانسور برای سامانه های ارتباطی اضطراری (ERCES^۲) که مطابق بند ۱۸،۴،۳،۲،۱ استاندارد NFPA 1225 مطرح شده است، هم پوشانی با الزامات این ضابطه ندارد.

اپراتور در زمان طراحی IBS، باید در ساختمان های در حال طراحی، با توجه به نوع سازه و نما، محاسبه و شبیه سازی اولیه پوشش را انجام دهد. در ساختمان های ساخته شده یا نیمه کاره، ارزیابی پوشش پس از تکمیل نما و سازه و از طریق نمونه گیری میدانی صورت می گیرد. این نمونه گیری ها باید مطابق روش ها و درصدهای ذکر شده در مصوبه ۲۸۳ انجام شود. طراحی سیستم DAS باید به نحوی انجام شود که پوشش غالب در مکان های هدف حاصل شود، حداقل ۹۵٪ نواحی هدف پوشش داشته باشد، مقادیر تلفات بازگشتی^۳ و سطوح سیگنال ثبت شود و هماهنگی لازم در زمان راه اندازی انجام پذیرد. این توصیه ها جایگزین الزامات قانونی مصوبه ۲۸۳ نیست.

۱-۹-۴-۲- معماری حداقلی بر اساس نوع ساختمان

انتخاب معماری سیستم DAS یکی از اولین و مهم ترین تصمیمات در فرآیند طراحی است. به غیر از موارد گفته شده در جدول (۳-۱) این ضابطه، این انتخاب به پارامترهای کلیدی دیگری از جمله تراکم کاربران مورد انتظار و نیازمندی های خاص سرویس، وابسته است. راه حل های نهایی باید توسط تیم فنی اپراتور و بر اساس ارزیابی دقیق شرایط اجرا و الزامات مصوبه ۲۸۳ تایید شود.

برای ساختمان های مشمول گروه ۵ جدول (۴-۱)، معماری SISO^۴ کفایت می کند. برای مراکز اداری، تجاری و بیمارستانی، پیشنهاد می شود حداقل MIMO ۲×۲ در نظر گرفته شود. در هر صورت باید شاخص های مصوبه ۲۸۳ رعایت شود. نمونه هایی در جدول (۱-۱۰) بیان شده است.

^۱ مواردی مانند اتاق تجهیزات DAS، پایه رایزر شبکه ارتباطات در زیرزمین، سکوی فنی زیرزمینی و راهرو دسترسی اضطراری زیرزمینی را شامل می شود.
^۲ سامانه های تقویت و تضمین ارتباط بی سیم یا Emergency Responder Communication Enhancement Systems، برای نیروهای امدادی و آتش نشانی در داخل ساختمان.

^۳ Return Loss

^۴ مخفف Single Input, Single Output است. یعنی هر کانال فرکانسی از طریق یک آنتن فرستنده و یک آنتن گیرنده منتقل می شود. در شبکه های موبایل 2G/3G معمولاً همین روش استفاده می شود. مزیت آن شامل طراحی ساده، هزینه کمتر، مصرف توان پایین و محدودیت آن شامل ظرفیت پایین تر و نرخ داده محدود است (چون داده فقط در یک مسیر ارسال می شود).

جدول ۱-۱۰- راهنمای اولیه طراحی سیستم بر اساس نوع ساختمان

ردیف	نوع ساختمان	توصیف و ویژگی‌های کلیدی	حداقل راه حل پیشنهادی	ملاحظات خاص
۱	اداری و تجاری	ساختمان‌های اداری، برج‌های تجاری. تراکم کاربری متوسط، تمرکز بر پوشش یکنواخت در اتاق‌ها و سالن‌ها	SISO یا MIMO ۲×۲ (برای پشتیبانی از ظرفیت بالاتر)	بهتر است راه‌حل نهایی امکان ارتقا به MIMO را برای پشتیبانی از فناوری‌های آینده، دارا باشد.
۲	هتل‌ها	شامل اتاق‌ها، سالن‌های اجتماعات و رستوران، نیاز به پوشش در فضاهای بسته و نیمه‌باز	SISO	در سالن‌های بزرگ و لابی، توصیه می‌شود از آنتن‌های جهت‌دار برای جلوگیری از نشت سیگنال به بیرون استفاده شود.
۳	پارکینگ‌های چندطبقه	فضای بزرگ و باز با موانع کم. نیاز به پوشش گسترده و نفوذ سیگنال داخل خودروها	SISO با آنتن‌های همه جهته (Omni)	تجهیزات باید در برابر دما، رطوبت و گرد و غبار مقاوم باشد.
۴	مراکز درمانی (بیمارستان‌ها)	فضاهای بسیار حساس با نیاز به قابلیت اطمینان بسیار بالا؛ وجود مناطق با الزامات EMI ^۱ خاص	MIMO ۲×۲	هرگونه نصب تجهیزات فعال یا غیرفعال در بخش‌های حساس (مانند ICU) نیاز به آزمون‌های میدانی دارد.
۵	مراکز خرید	فضای بسیار بزرگ و باز، با تراکم کاربری بسیار بالا و متغیر، نیاز به ظرفیت بالا	MIMO ۴×۴	طراحی بر اساس حداکثر تراکم جمعیت در روزهای پیک انجام شود.
۶	استادیوم‌ها و سالن‌های ورزشی	فضای عظیم روباز یا سرپشته با تراکم بالای کاربری در زمان رویداد	MIMO ۴×۴ یا شبکه‌های متمرکز	طراحی سیستم توانایی مدیریت بار ترافیکی بسیار سنگین را در بازه‌های زمانی کوتاه داشته باشد.

مراجع این جدول عبارت است از:

3GPP TS 38.901 (5G NR channel models),
 3GPP TR 36.873 (Study on 3D channel model for LTE),
 ITU-T Recommendation K.100,
 ETSI TR 103 594,
 FCC Report & Order 19-72 / Ofcom In-Building Guidelines (2022),

در ساختمان‌های بلندمرتبه، وجود طبقات متعدد، فضاهای داخلی گسترده و چگالی بالای کاربران، احتمال بروز مشکلات تداخل با سیستم‌های داخلی و افزایش توان تشعشعی را، افزایش می‌دهد. بنابراین، اپراتور ضمن بررسی دقیق محیط شبکه رادیویی، تعیین موقعیت مناسب آنتن‌ها و انجام آزمون دوره‌ای EMC^۲/EMF^۳، مسئول رعایت دستورالعمل‌های مرتبط قبل از نصب بوده تا از مشکلات مذکور جلوگیری شود.

در ساختمان‌هایی که سرویس‌های پرسرعت نسل چهارم و نسل پنجم به کار گرفته می‌شود، استفاده از MIMO 4×4 یا بالاتر، متناسب با نیاز ظرفیت، پیشنهاد می‌شود.

در تمام موارد فوق، اپراتور مسئول انتخاب ساختار SISO یا MIMO بوده و باید آن را به صورت مستند در طراحی اولیه ثبت و در گزارش امکان‌سنجی شبکه رادیویی ارائه کند.

^۱ تداخل الکترومغناطیسی یا Electromagnetic Interference، به نویز یا آشفتگی که در اثر انتشار یا دریافت ناخواسته انرژی الکترومغناطیسی ایجاد می‌شود، اشاره دارد و می‌تواند عملکرد تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی را مختل کند.

^۲ سازگاری الکترومغناطیسی یا Electromagnetic Compatibility؛ توانایی یک دستگاه یا سیستم الکترونیکی برای کارکرد صحیح در محیط الکترومغناطیسی، بدون ایجاد تداخل برای سایر تجهیزات، و بدون تأثیرپذیری نامطلوب از آن‌ها. به عبارتی دستگاه نویز و تشعشع اضافی تولید نکند و در برابر نویز و تشعشع محیط مقاوم باشد.

^۳ میدان الکترومغناطیسی یا Electromagnetic Field، ناحیه‌ای فیزیکی است که توسط بارهای الکتریکی متحرک ایجاد می‌شود و ترکیبی از میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی را در فضا و زمان نشان می‌دهد.

۱-۹-۴-۳- ملاحظات طراحی انواع ساختمان های خاص

برخی از ساختمان ها به دلیل ویژگی های منحصر به فرد معماری، کاربری خاص، تراکم بسیار بالا یا الزامات امنیتی و ایمنی، نیازمند ملاحظات طراحی ویژه در سیستم توزیع سیگنال هستند. این ملاحظات فراتر از راهنمای عمومی طراحی بوده و باید برای دستیابی به پوشش و ظرفیت بهینه در این محیط ها، رعایت شود. این بخش به بیان این ملاحظات برای متداول ترین انواع ساختمان های خاص می پردازد. ملاحظات طراحی برای انواع ساختمان های خاص در جدول (۱-۱۱) ارائه شده است.

۱-۹-۴-۴- طراحی چند اپراتوری

در صورت نیاز به سرویس چند اپراتوری، فناوری ^۱MNC می تواند در سیستم های DAS فعال و دیجیتال به کار رود. MNC سیگنال چند اپراتور را همزمان دریافت، تفکیک و ترکیب کرده و از طریق یک مسیر مشترک به RRU منتقل می کند. این تجهیز با تشخیص شناسه های ^۲PLMN هر اپراتور، مسیرها را جداگانه پردازش کرده و خروجی جمع شده را بدون افت کیفیت ارائه می دهد؛ بنابراین یک RRU می تواند سیگنال ارتباطی چند اپراتور را روی یک پهن باند ^۳فرکانسی پخش کند. شکل (۱-۶) به صورت شماتیک عملکرد این تجهیز را نشان می دهد.



شکل ۱-۶- دیاگرام پیکربندی ^۴MNC

^۱ ترکیب کننده چند شبکه ای یا Multi-Network Combiner.

^۲ Public Land Mobile Network

^۳ Wideband

^۴ توضیح اینکه پورت یا پورت های بدون استفاده، برای جلوگیری از انعکاس توان و ایجاد موج برگشتی، باید توسط بار تطبیقی ۵۰ اهم، مسدود شود. همچنین اپراتورها با رنگ های مختلف نمایش داده شده و اپراتورهای مختلف در بخش های خروجی، با توان های مورد نیاز بصورت نمونه نشان داده شده است.

جدول ۱-۱۱- ملاحظات پیشنهادی در طراحی ساختمان های خاص

ردیف	نوع ساختمان	چالش های کلیدی	ملاحظات طراحی	ملاحظات خاص
۱	تونل ها و مترو	- مسیر طولانی و خطی - وجود انحنای مسیر تونل که باعث تضعیف سیگنال می شود. - الزامات ایمنی بسیار بالا - وجود واگن های فلزی	- استفاده از سیستم توزیع سیگنال مبتنی بر کابل تشعشعی یا نشت دهنده^۱، و یا آنتن های جهت دار. - نصب تقویت کننده ها در فواصل منظم برای جبران تلفات (در صورت نیاز) - طراحی برای پشتیبانی از سرویس های اضطراری (PSNET^۲) و کنترل قطار	- طراحی سیستم بر اساس نیاز بهره بردار با قابلیت افزونگی بالا انجام شده تا از قطع شدن سرویس در مواقع اضطراری جلوگیری کند. - اپراتور مسئولیت طرح و نظارت بر آزمون های عملکردی و ایمنی را بر عهده دارد.
۲	فرودگاه ها	- فضای بسیار وسیع و باز - وجود مناطق مختلف (ترمینال، تاکسی وی، باند پرواز) - نیاز به پوشش یکنواخت و ظرفیت بسیار بالا - حساسیت بالا به تداخل	- طراحی سلولی با استفاده از سیستم DAS و سلول های کوچک برای پوشش نواحی شلوغ - استفاده از سیستم های چند اپراتور برای بهینه سازی هزینه و فضا - تمرکز بر پوشش نواحی انتظار، گیت ها و محل تحویل بار	- طراحی باید مطابق با استانداردهای امنیتی و پروازی سازمان هواپیمایی کشوری باشد. - هماهنگی و تایید نهایی طرح با واحد امنیت فرودگاه، توسط تیم فنی اپراتور انجام می شود.
۳	استادیوم ها و سالن های بزرگ	- تراکم کاربری خیلی بالا در زمان رویداد - بار ترافیکی بسیار سنگین در بازه های کوتاه - معماری دایره ای و وجود موانع زیاد	- استفاده از سیستم DAS با سلول های فوق متراکم^۳ - طراحی اختصاصی برای جایگاه های تماشاگران، راهروها، رستوران ها و فضای بیرون. - پیش بینی ظرفیت برای ارسال ویدئوهای با حجم بالا (پخش زنده تصویری)	- سیستم باید قادر باشد به صورت خودکار و متناسب با میزان تراکم جمعیت، ظرفیت خود را افزایش یا کاهش دهد. - اپراتور باید بتواند پیش از راه اندازی رسمی، آزمون کامل بار را برای ارزیابی عملکرد و ظرفیت سیستم انجام دهد.
۴	بیمارستان ها و مراکز درمانی خاص	- وجود مناطق با حساسیت الکترومغناطیسی بالا (اتاق عمل، ICU) - الزامات بهداشتی و ضد عفونی - محدودیت در نصب تجهیزات	- طراحی مبتنی بر فیبرنوری برای کاهش تابش امواج الکترومغناطیس. - نصب آنتن ها در راهروها و پوشش غیرمستقیم اتاق ها - پوشش مکان های خاص مانند مکان های پر تردد و پارکینگ	- هرگونه نصب تجهیزات در مناطق حساس مستلزم اخذ مجوز از مراجع فنی بیمارستان است. - طراحی باید از تداخل با تجهیزات پزشکی حیاتی جلوگیری کند.
۵	مراکز داده	- وجود رک های فلزی متراکم - تولید گرمای بالا - نیاز به دسترسی دائمی و بالا - حساسیت به نویز الکترومغناطیسی	- طراحی بسیار متمرکز با استفاده از آنتن های نقطه ای^۴ در راهروهای سرد و گرم - جلوگیری از نصب هر تجهیزات تابش کننده امواج رادیویی در نزدیکی رک های حساس به نویز الکترومغناطیسی - اولویت دهی به پوشش برای مکان های نظارتی و خروجی های اضطراری	- طراحی باید با استانداردهای مرکز داده هماهنگ باشد. - نصب پس از تایید مراجع فنی مرکز داده مجاز است.

^۱ Leaky Feeder or Radiating Coax Cable^۲ مخفف Public Safety Network بوده و به شبکه ای اشاره دارد که برای پشتیبانی از ارتباطات حیاتی در شرایط اضطراری طراحی شده است. مانند ارتباط بین نیروهای امدادی، آتش نشانی، پلیس، و همچنین سیستم های کنترل قطار در تونل ها یا ایستگاه های زیرزمینی.^۳ یا Hyper-dense، در معماری های IBS برای فضاهای فوق متراکم مانند استادیوم ها، طراحی به صورت سلول های کوچک و متعدد انجام می شود تا هر بخش از سکوها، جایگاه ها و راهروها، بار ترافیکی محدود و کنترل پذیری داشته باشند.^۴ Point Antennas

جدول ۱-۱۱- ادامه- ملاحظات پیشنهادی در طراحی ساختمان های خاص

ردیف	نوع ساختمان	چالش‌های کلیدی	ملاحظات طراحی	ملاحظات خاص
۶	مراکز تجاری بزرگ	- مساحت بسیار بزرگ با معماری پیچیده - وجود تعداد زیادی مغازه و رستوران - تغییر شدید تراکم جمعیت در ساعات مختلف - چالش زیبایی‌شناسی و مخفی کردن آنتن‌ها	- طراحی ترکیبی: استفاده از سیستم DAS برای فضاهای عمومی و سلول کوچک برای مغازه‌های خاص - استفاده از آنتن‌های Omni در فضاهای باز مرکزی و آنتن‌های جهت‌دار در راهروهای باریک - ادغام آنتن‌ها در دکوراسیون و عناصر معماری (مانند گلدان‌ها، نورپردازی)	- تجهیزات در معرض دید، به جهت هماهنگی با معماری محیط، به هماهنگی با بهره‌بردار نیاز دارد.
۷	ساختمان‌های حساس و حیاتی	تضعیف شدید ورود سیگنال به دلیل احتمال استفاده از مصالح خاص، نیاز به پایداری بسیار بالا، حساسیت به تداخل، الزام پوشش کامل سرویس‌های اضطراری.	- توصیه به استفاده از سیستم DAS فعال، منبع سیگنال چند اپراتوری با پشتیبانی پایداری بالا، - طراحی با حداقل نقطه‌ضعف، - ورودی فیبرنوری از دو مسیر و تغذیه برق پشتیبان.	- پوشش مطلق فضاهای حساس، - جداسازی ترافیک اضطراری، - سخت‌گیری در آزمون ایمنی پرتو، - احراز عملکرد در سناریوهای بحران.

جداول (۱-۱۰) و (۱-۱۱) تنها یک راهنمای اولیه هستند. انتخاب نهایی معماری سیستم و جزئیات فنی آن باید بر اساس محاسبات دقیق پیش‌بینی، ترافیک^۱ و شبیه‌سازی‌های رادیویی، انجام شود.

١-٩-٤-٥- اتفاق، تجهيزات

اتاق تجهیزات باید به گونه‌ای طراحی شود که ظرفیت نصب، تهویه و نگهداری تمامی اجزای IBS را تامین کند. فضای کافی برای رک، تجهیزات فعال و غیرفعال، مسیر ورود و خروج کابل‌ها و دسترسی سرویس باید در نظر گرفته شود. شرایط محیطی شامل دما و رطوبت کنترل شده، تهویه مناسب و جلوگیری از تماس آب و بخار باید رعایت شود. پایداری سرویس برق اختصاصی، ارتینگ مناسب و UPS، باید بر اساس بند ۱-۹-۴-۸ این ضابطه فراهم شود. مسیرهای کابل کشی باید با سینی و داکت استاندارد اجرا شود و برچسب‌گذاری کامل انجام گیرد. دسترسی به اتاق تجهیزات باید دارای محدودیت باشد.

۱-۹-۴-۶- ملاحظات محیطی در جانمایی تجهیزات

در هنگام طراحی شبکه IBS و انتخاب محل نصب واحدهای توزیع سیگنال، باید شرایط محیطی محل نصب از حیث دما، رطوبت، تهویه، دسترسی تعمیراتی، فاصله از منابع گرمایشی (مانند کانال‌های هوای گرم)، و جلوگیری از تجمع گردوغبار، به‌صورت دقیق بررسی شود. برای تجهیزات سیستم DAS فعال، افزایش دما می‌تواند باعث کاهش توان خروجی، افت SNR^2 و کاهش سطح پوشش شود؛ بنابراین محل جانمایی باید بر اساس دستورالعمل سازنده تجهیزات و شرایط ساختمان تعیین و در نقشه‌های نهایی، ثبت شود.

1 Traffic Forecasting

^۲ نسبت سیگنال به نویز یا Signal to Noise Ratio که نسبت توان سیگنال مفید به توان نویز در یک کانال ارتباطی است. SNR نشان می‌دهد که قدرت سیگنال دریافتی نسبت به نویز زمینه (background noise) چقدر است. SNR در اندازه‌گیری‌های پایه مثلاً آزمون پیوند فیبر، یا کابل RF، شاخص خام کیفیت سیگنال در محیطی که فقط نویز بدون تداخل وجود دارد، و معیار اولیه در طراحی تجهیزات RF و انتخاب آنتن یا تقویت‌کننده، کاربرد دارد.

مسیر عبور کابل‌های کواکسیال باید به گونه‌ای انتخاب شود که شعاع خمش کابل مطابق با دستورالعمل سازنده باشد. همچنین باید از کابل‌های تاسیسات برقی فاصله داشته باشد و در مجاورت منابع ایجاد تداخل EMI قرار نگیرد. این موارد باید در اسناد طراحی و نقشه‌های جانمایی منعکس شده و در فاز اجرای کار نیز مورد کنترل قرار گیرد.

۱-۹-۴-۷- ایمنی پرتو

محاسبات ایمنی امواج رادیویی باید بر اساس ابلاغیه‌های سازمان انرژی اتمی ایران، مرکز نظام ایمنی هسته‌ای کشور، اداره کل حفاظت در برابر اشعه (NRPD-AEOI) انجام و گزارش آن در مستند تحویلی درج شود.

۱-۹-۴-۸- منابع برق

۱-۸-۴-۹-۱- منبع تغذیه برق برای سیستم‌های IBS/DAS

منبع تغذیه کلیه تجهیزات مرتبط با IBS/DAS باید بر اساس الزامات مطرح شده در جلد اول ضابطه ۱۱۰، به صورت عادی یا اضطراری (با توجه به اعلام نیاز بهره‌بردار) طراحی و اجرا شود.

۱-۹-۴-۸-۲- نوع و ظرفیت منبع تغذیه

تجهیزات می‌توانند با جریان متناوب (AC) یا جریان مستقیم (DC) تغذیه شوند. نوع و ظرفیت تغذیه باید بر اساس مشخصات فنی ارائه شده توسط سازنده تجهیزات و نیاز راه کار IBS، انتخاب شود.

۱-۹-۴-۸-۳- پایداری برق با استفاده از UPS

طراحی سیستم پشتیبان با استفاده از UPS باید بر اساس اعلام نیاز بهره‌بردار انجام شود. در ساختمان‌هایی که مجهز به ژنراتور برق اضطراری هستند، UPS صرفاً مدت زمان لازم تا راه‌اندازی ژنراتور (معمولاً حدود نیم ساعت) را پوشش دهد. مدت دقیق پشتیبانی توسط بهره‌بردار تعیین شده و در قرارداد درج می‌شود. ظرفیت UPS بر اساس مجموع بار مصرفی کلیه واحدهای RRU، BBU، تجهیزات تغذیه و تهویه، محاسبه می‌شود.

۱-۹-۴-۸-۴- کابل کشی و رایزرها

کابل کشی برق می‌تواند در رایزر اختصاصی یا مشترک انجام شود. مسیر رایزر توسط بهره‌بردار تعیین می‌شود و حداقل فضای مورد نیاز باید توسط تیم فنی اپراتور بر اساس نوع راه کار تعیین شود. به منظور کاهش EMI، باید حداقل فاصله بین کابل‌های برق و فیدر بر اساس شرایط محل و مطابق با جلد اول ضابطه ۱۱۰ باشد.

۱-۹-۴-۸-۵- ایمنی و حفاظت

طراحی سیستم تغذیه باید شامل حفاظت در برابر اضافه جریانی، اتصال کوتاه و اتصال زمین مجزا برای تجهیزات رادیویی باشد. رعایت الزامات مندرج در ضابطه ۱۱۰ الزامی است.

۱-۹-۵- تامین تجهیزات

- تعیین فهرست نهایی تجهیزات مورد نیاز از قبیل:

o آنتن‌ها،

o تقویت کننده‌ها،

o اجزای سیستم DAS؛

- تامین تجهیزات فهرست شده از مبادی قانونی؛
- بررسی وجود گواهی تایید نمونه از سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی؛
- بررسی وجود گواهی‌های استاندارد از قبیل: استاندارد ملی ۸۵۶۷، ETSI EN 303 609.

۱-۹-۶- نصب و راه اندازی

۱-۹-۶-۱- دسترسی ایمن

اپراتور باید قبل از ورود تیم اجرایی، برنامه دسترسی ایمن به ساختمان را با بهره‌بردار هماهنگ کرده و سوابق مرتبط را در فرم‌های ایمنی ثبت کند. به عنوان مثال در یک بیمارستان در حال کار، دسترسی به اتاق تجهیزات باید در ساعات تعیین شده و با تایید مدیر بیمارستان، انجام شود.

۱-۹-۶-۲- کابل کشی

- کابل کشی باید بر اساس ضابطه ۱۱۰ سازمان برنامه و بودجه و همچنین دستورالعمل سازنده انجام شود.
- شعاع خمش کابل‌های کواکسیال و فیبرنوری نباید کمتر از ۱۰ برابر قطر خارجی کابل باشد و همچنین بر اساس دستورالعمل سازنده باشد تا از آسیب به هادی و دی‌الکتریک جلوگیری شود.
- کابل‌ها باید از داخل داکت، سینی یا نردبان عبور کنند. با توجه به وزن کابل بستر عبور کابل باید مقاومت لازم را داشته باشد. همچنین توصیه می‌شود در برابر آتش نیز مقاوم باشد.
- کابل‌های اصلی بر اساس نیاز ظرفیت از نوع فیبرنوری OS2 یا OM4 و کابل‌های توزیع از نوع Cat.6A یا فیبرنوری انتخاب شود.
- حداکثر طول پیوندهای Cat.6A باید کمتر یا مساوی ۹۰ متر در نظر گرفته شود.
- بستر اختصاص یافته به کابل‌های اصلی باید حداقل ۲۰٪ ظرفیت رزرو برای توسعه آینده را داشته باشد.
- تمامی کابل‌ها باید منطبق با طرح، برچسب گذاری شوند.
- کابل‌ها باید هر ۱/۵ متر با بست‌های غیرفلزی مهار شوند تا احتمال ایجاد PIM^۱ کاهش یابد و از کشیدگی و فشار مکانیکی نیز جلوگیری شود.

^۱ سیگنال‌های ترکیبی ناخواسته ناشی از اتصالات غیرفعال با Passive Intermodulation، به پدیده‌ای اطلاق می‌شود که در آن، سیگنال‌های قوی در اثر رفتار غیرخطی اجزای غیرفعال مانند کابل‌ها، کانکتورها، یا آنتن‌ها با یکدیگر ترکیب شده و مولفه‌های فرکانسی ناخواسته ایجاد می‌کنند. این پدیده باعث افزایش نویز زمینه، افت نسبت سیگنال به تداخل و نویز (SINR) و در نتیجه کاهش کیفیت سرویس می‌شود. در طراحی و اجرای سیستم‌های DAS، برای کاهش PIM باید از اتصالات و کانکتورهای با کیفیت بالا استفاده شود، از فلزات مغناطیسی استفاده نشود و حداقل طول جامپرهای رعایت شود.

- بهتر است کابل‌های فشارضعیف و کابل‌های رادیویی در مسیرها یا داکت‌های جداگانه قرار گیرند و در صورت ناگزیر بودن به انتخاب مسیر مشترک، حداقل ۳۰ سانتی‌متر فاصله رعایت شود.
- کانکتورهایی که در معرض رطوبت یا محیط باز قرار می‌گیرند باید با مواد آب‌بند صنعتی و پوشش‌های پلیمری عایق شوند تا از نفوذ رطوبت، خوردگی و افزایش تلفات جلوگیری شود.
- کابل‌های شبکه رادیویی از نوع کم‌افت^۱ با پوشش FRLS^۲ انتخاب شوند تا هم تلفات سیگنال کنترل شده و هم الزامات ایمنی حریق، رعایت شود.

۱-۹-۶-۳- نصب آنتن‌ها

- محل نصب آنتن باید مطابق طراحی شبکه رادیویی انتخاب شود. به عنوان مثال در یک مرکز خرید، آنتن سقفی معمولاً در ارتفاع ۳ تا ۴ متری و با فاصله ۱۵ متر از آنتن بعدی نصب می‌شود. آنتن‌های دیواری عموماً به سمت مسیرهای پرتردد (مانند راهرو اصلی) تراز می‌شود.
- آنتن‌ها باید در محل و با زاویه افقی و زاویه عمودی^۳ مشخص شده در طراحی نصب شوند. بر اساس اصول طراحی رادیویی، توصیه شده است که زوایای نصب آنتن‌ها حداکثر $\pm 2^\circ$ درجه انحراف داشته باشد.
- محل نصب آنتن‌ها باید طوری باشد که در ناحیه نزدیک آنتن^۴، موانع بالقوه از قبیل هم‌جواری با تاسیسات برقی، تاسیسات فلزی گسترده، یا سایر آنتن‌ها، وجود نداشته باشد.
- پایه‌های نگه‌دارنده آنتن باید مطابق الزامات سازه‌ای مقررات ملی ساختمان و با رعایت دستورالعمل‌های طراحی پشتیبان آنتن (مانند TIA/EIA-222) و مطابق با دستورالعمل اپراتورها، اجرا شود.
- کلیه اتصالات مکانیکی (کانکتورهای کابل هم‌محور) باید بر اساس دستورالعمل سازنده اجرا شوند.

۱-۹-۶-۴- اتصال زمین و هم‌بندی

- کلیه تجهیزات فعال و غیرفعال باید به سیستم اتصال زمین عملیاتی متصل و اجزای فلزی (سینی کابل، رک‌ها) به سیستم اتصال زمین ساختمان هم‌بند شوند.

۱-۹-۶-۵- نصب جامپر^۵ و اتصالات برای جلوگیری از PIM

- طول جامپر‌ها باید تا حد ممکن کوتاه باشد تا از تلفات سیگنال و احتمال ایجاد PIM، جلوگیری و هم‌چنین طول اضافی کابل جامپر‌ها نباید به صورت حلقه‌ای جمع شود.

^۱ Low Loss

^۲ Flame Retardant Low Smoke

^۳ زاویه Tilt و Azimuth.

^۴ Near field

^۵ کابل رابط کوتاه یا RF Jumper.

- کلیه اتصالات شبکه رادیویی مانند N-type, DIN باید با آچار تنظیم قدرت اتصال مناسب و مطابق با مقادیر اعلام شده توسط سازنده، محکم شوند. تنظیم قدرت اتصال بیش از حد، یا کمتر از حد مجاز می تواند به اتصال آسیب زده یا منبع ایجاد PIM باشد.
- قبل از اتصال هر کانکتور، سطح تماس آن باید از نظر آلودگی، گرد و غبار و آسیب های فیزیکی بازرسی شده و در صورت نیاز با هوای فشرده تمیز شود. حتی ذرات بسیار کوچک می توانند منبع PIM باشد.
- از پیچاندن یا اعمال فشار غیریکنواخت به جامپرهای باید خودداری شود.
- گزارشی از تنظیم قدرت اتصال اعمال شده بر اتصالات حیاتی و نتایج آزمون های اولیه مانند $^{1} VSWR$ باید در اختیار بهره بردار قرار گیرد.

مسئولیت حسن اجرای تمامی الزامات فنی در حین نصب، بر عهده اپراتور است.

۱-۹-۶- مستندسازی نهایی

اپراتور باید نقشه های چون ساخت^۲، مسیر کابل کشی، محل آنتن ها و نتایج آزمون را شامل فایل و نسخه چاپی به بهره بردار تحویل دهد.

۱-۹-۷- کنترل نهایی، ارزیابی عملکرد و تحویل

اجرای موفق راه کارهای IBS نیازمند پیروی از یک فرآیند منظم، استاندارد و دقیق است که تمامی مراحل طراحی، نصب، آزمون و نگهداری را شامل شود. این فرآیند، از شناسایی نیازها و ارزیابی محیط شبکه رادیویی شروع می شود و با انتخاب صحیح راه کار، طراحی فنی، خرید تجهیزات معتبر، نصب حرفه ای، آزمون و اعتبارسنجی، تحویل و نگهداری دوره ای به پایان می رسد. هر مرحله از این فرآیند، در کیفیت نهایی خدمات درون ساختمانی نقش مهمی دارد و به مشارکت متخصصان مختلف، از جمله مهندسان شبکه رادیویی و تیم فنی اپراتور، نیاز دارد.

در نهایت، مستندسازی صحیح و برنامه ریزی برای نگهداری دوره ای نیز باید به عنوان یکی از ستون های اصلی این فرآیند مدنظر قرار گیرد. در این مسیر، جزئیات ارایه شده در این بند می تواند به عنوان یک الگوی واحد و قابل استفاده در تمامی راه کارهای IBS مورد استفاده قرار گیرد و با توسعه آن برای هر راه کار به طور جداگانه، ابزاری کارآمد برای برنامه ریزی، اجرا و نظارت فراهم کند. این رویکرد نه تنها کیفیت خدمات را بهبود می بخشد، بلکه از نظر حقوقی و فنی نیز باعث کاهش ریسک های اجرا می شود.

۱-۹-۷-۱- مستندات طراحی

کلیه مدارک طراحی مقدماتی و تفصیلی شامل نقشه های پوشش، گزارش آزمون های فیبرنوری، نقشه مسیرها و جانمایی تجهیزات باید در قالب قابل ویرایش (iBwave، AutoCAD) و موارد مشابه) و نیز در فرمت PDF تحویل بهره بردار شوند.

^۱ اندازه گیری مقدار بازگشت امواج یا Voltage Standing Wave Ratio، پارامتر کلیدی برای ارزیابی کیفیت تطبیق امپدانس بین فرستنده، کابل، کانکتور و آنتن است. اندازه گیری VSWR با استفاده از روشن ساز دستی VSWR / Site Master انجام می شود.

^۲ As-Built

مستندات طراحی باید شامل جداول ظرفیت، برآورد ترافیک، تخصیص منابع فرکانسی و الزامات SINR مطابق مصوبه ۲۸۳ باشند.

در طراحی، فهرست تجهیزات یا BOM^۱ باید ارائه شود. ممکن است بر اساس نیاز، جدول توان تجمیعی^۲ نیز تدوین شود.

۱-۹-۷-۲- الزامات آزمون و تایید فنی

۱-۹-۷-۲-۱- آزمون‌های سیگنال رادیویی

نتایج شاخص Rx-Level، RSRP، RSRQ و SINR باید در بیش از ۹۵٪ محدوده مورد نظر به مقادیر مصوبه ۲۸۳ برسد. فایل‌های TEMS/Scanner به همراه گزارش پردازش شده (PDF و نقشه‌های رنگی) تحویل بهره‌بردار شوند.

آزمون‌های تلفات بازگشتی یا RL^۳ و DTF^۴ باید با حداقل ۲۰۰۰ نقطه داده ثبت شده و خروجی‌ها در فرمت اصلی ابزار و PDF تحویل بهره‌بردار شوند. نمودارها باید دارای خط مرجع مشخصات سازنده باشند. تاریخ و وضعیت کالیبراسیون ابزار نیز در مستندات درج شود. محدودیت‌های توصیه شده در راه‌کارهای IBS به شرح زیر است:

• تلفات بازگشتی هر پیوند (کابل + کانکتور + آنتن):

o محدوده -۱۴ dB، به عنوان حداقل قابل قبول؛

o بین -۱۴ dB و -۱۶ dB، به عنوان وضعیت مناسب؛

o بین -۱۶ dB و -۱۸ dB، به عنوان وضعیت مطلوب؛

o کمتر از -۱۸ dB، عالی.

• تلفات بازگشتی برای پیوندهای اصلی (Feeder / Trunk): نباید کمتر از -۱۶ dB باشد.

• تلفات بازگشتی برای پیوندهای نزدیک به RU / RRU / Booster: نباید کمتر از -۱۸ dB باشد.

• عدم پذیرش: هر پیوند با تلفات بازگشتی کمتر از -۱۲ dB باید اصلاح شود.

آزمون تارهای فیبرنوری: آزمون OTDR^۵ و OLTS^۶ برای کلیه پیوندهای نوری در حال کار و رزرو، انجام و مستندات تحویل بهره‌بردار شوند. مستندات آزمون کابل‌های مسی Cat.6A، با حداقل آزمون‌های NEXT^۷ و تاخیر^۸ و نتایج آزمون فیبرنوری، مطابق با فصول اول و دوم جلد سوم ضابطه ۱۱۰، ارائه شود.

^۱ Bill of Materials

^۲ یا Composite Power Table، جدولی است که توان خروجی نهایی سیستم را پس از ترکیب همه منابع سیگنال (اپراتورها، باندها و تجهیزات تقویتی) نشان می‌دهد. این جدول مشخص می‌کند در هر مسیر یا خروجی DAS چه سطح توان تجمیع‌شده‌ای به آنتن یا RRU می‌رسد و آیا با الزامات طراحی و استانداردهای اپراتورها همخوانی دارد یا خیر.

^۳ تلفات بازگشتی یا Return Loss، هرچه عدد منفی تلفات بازگشتی بزرگتر باشد، بازتاب کمتر و تطبیق امپدانس بهتر است.

^۴ یا Distance To Fault، یکی از آزمون‌های کلیدی در سیستم‌های DAS/IBS محسوب می‌شود. این آزمون با استفاده از دستگاه Site Master یا Cable & Antenna Analyzer انجام می‌شود.

^۵ Optical Time Domain Reflectometer

^۶ یا Optical Line Test Set، به مجموع دو دستگاه Power Meter و Laser Source گفته می‌شود.

^۷ یا Near-end crosstalk loss، افت سیگنال بین یک زوج مختل‌کننده و یک زوج مختل‌شده که در سر نزدیک کابل سنجیده می‌شود.

^۸ تاخیر انتشار یا تاخیر، delay or propagation delay، اختلاف زمانی که سیگنال از یک سر مدار (زوج سیم‌ها) به سر دیگر آن برسد.

۱-۹-۷-۲-۲- PIM آزمون

آزمون PIM برای شناسایی و اندازه گیری سیگنال های ترکیبی ناخواسته غیرفعال در اجزای سیستم های رادیویی انجام می شود. این نوع تداخل می تواند ناشی از نقص در اتصالات، خوردگی، آلودگی یا آسیب های فیزیکی در اجزا باشد. این شرایط می تواند منجر به پایین آوردن کیفیت سیگنال، کاهش توان عملیاتی شبکه و اختلال در خدمات ارتباطی شود. برای اطمینان از کیفیت نصب و عملکرد بهینه شبکه، باید این آزمون به صورت دقیق اجرا شود. معیارهای PIM در باند(های) فرکانسی به کار رفته در آزمون دو حامل^۱ و در سطح $2 \times 43 \text{ dBm}$ ، باید کمتر یا مساوی 100 dBc باشد.

۱-۹-۷-۲-۱- روش های آزمون PIM

روش های اصلی آزمون PIM عبارتند از:

- روش آزمون دو فرکانسی^۲: در این روش دو سیگنال فرکانس بالا با قدرت مساوی به سیستم DAS تزریق می شود و مولفه های منابع تشعشع ناخواسته^۴ در فرکانس های خاص پس از آنتن اندازه گیری می شوند.
 - روش چند حامل همزمان^۵: روشی که در آن چند حامل همزمان با توان مشخص به سیستم تزریق می شود تا رفتار میان مودولاسیون و سطح تداخل در شرایط مشابه بار واقعی شبکه، ارزیابی شود.
 - روش سیگنال با فرکانس متغیر یا جارو فرکانسی^۶: در این روش، به جای دو حامل ثابت، یک حامل ثابت و یک حامل با فرکانس متغیر یا جارو شونده استفاده می شود. هدف این است که محدوده وسیعی از فرکانس ها پوشش داده شود و رفتار تجهیزات در برابر محصولات PIM در کل طیف بررسی شود. این روش در برخی نسخه های استاندارد به عنوان آزمون تکمیلی ذکر شده است.
 - روش طیف سنجی^۷: با استفاده از دستگاه طیف سنج، سیگنال های خروجی تحلیل می شود تا مولفه های اینترمودولاسیون شناسایی شود. در واقع این روش مستقل آزمون نیست بلکه ابزار اندازه گیری است. بعد از تزریق سیگنال های آزمون (دو فرکانسی)، خروجی روی طیف سنج بررسی می شود تا محصولات اینترمودولاسیون شناسایی و سطحشان نسبت به dBc اندازه گیری شود.
- اپراتور باید آزمون را بر اساس یکی از روش های فوق، با اولویت روش اول، انجام دهد. انتخاب روش آزمون بر اساس نوع سیستم، حساسیت مورد نیاز و شرایط محیطی انجام می شود.

^۱ Dual-Tone، در خصوص سطح آزمون و معیار پذیرش و آزمون دوحاملی، استانداردهای IEC 62037-1 تا IEC 62037-5 (۲۰۱۲-۲۰۱۶) مرجع این مفادیر است.

^۲ در مصوبه ۲۸۳ و تصمیم CRA-DEC 5009-01 در خصوص معیار PIM صحبت نمی شود. با این حال، بر اساس رویه های مهندسی اپراتورها و مشخصات فنی متداول سازندگان تجهیزات غیرفعال شبکه های سلولی، معمولاً سطح قابل قبول PIM برای اجزای پسیو برابر یا کمتر از 100 dBc در نظر گرفته می شود تا از بروز تداخل میان مودولاسیون در شبکه های چندفرکانسی جلوگیری شود. تأیید سطح آستانه 100 dBc در شبکه های LTE و NR است.

^۳ Dual-Tone Method

^۴ Intermodulation Products، سیگنال های حاصل از منابع تشعشع ناخواسته غیرخطی است؛ یعنی همان مؤلفه هایی که از ترکیب ناخواسته دو سیگنال اصلی در نقاط غیرخطی به وجود می آیند.

^۵ Multi -Tone Test

^۶ Swept-Tone

^۷ Spectrum Analyzer Method

۱-۹-۲-۲-۲- پارامترهای آزمون و حداقل مقادیرهای قابل قبول

مهم‌ترین پارامترهای آزمون PIM و حداقل مقادیر قابل قبول مطابق با روش آزمون دو فرکانسی در جدول (۱-۱۲) ارائه شده است.

جدول ۱-۱۲- پارامترها و مقادیر توصیه شده در آزمون PIM، روش چند حامل همزمان

پارامتر	حداقل قابل قبول	واحد اندازه‌گیری	شرایط آزمون
سطح PIM	کمتر یا مساوی dBm -۱۰۰ در ۲×۴۳	dBc	در قدرت خروجی ۴۳ dBm
فرکانس‌های آزمون	۳۵۰۰ تا ۹۰۰	MHz	شامل باندهای GSM، UMTS و LTE
توان سیگنال آزمون	۴۳	dBm	برای هر حامل
پایداری دمایی	± ۲۵	درجه سلسیوس	در طول آزمون
حداکثر افت مجاز	۰٫۱	dB	در کابل‌ها و اتصالات

تمامی مقادیر جدول (۱-۱۲) باید در محدوده مشخص شده قرار گیرند. هرگونه انحراف از این مقادیر باید ثبت و توسط تیم فنی اپراتور بررسی و در صورت لزوم اصلاحات لازم انجام شود.

۱-۹-۲-۲-۳- تجهیزات مورد نیاز و کالیبراسیون

تجهیزات مورد استفاده برای آزمون PIM باید شامل موارد زیر باشد:

- مولد دو سیگنال با فرکانس‌های مختلف و توان مشخص شده؛
- طیف‌سنج برای اندازه‌گیری مولفه‌های اینترمودولاسیون؛
- کابل‌ها و اتصالات لازم با کیفیت و عاری از نقص برای جلوگیری از ایجاد PIM؛

کالیبراسیون تجهیزات به‌صورت دوره‌ای و مطابق با استانداردهای بین‌المللی (مانند ISO/IEC 17025) انجام شود. اپراتور مسئولیت دارد تا از کالیبره بودن تجهیزات و صحت نتایج آزمون اطمینان حاصل کند.

۱-۹-۲-۲-۴- گزارش‌دهی و مستندسازی

گزارش آزمون PIM باید شامل موارد زیر باشد:

- تاریخ و زمان اجرای آزمون؛
- مشخصات تجهیزات استفاده شده و تاریخ کالیبراسیون آن‌ها؛
- مقادیر اندازه‌گیری شده برای هر یک از پارامترها؛
- هرگونه مشاهده یا انحراف از مقادیر؛
- تاییدیه نهایی توسط تیم فنی اپراتور.

الگوی گزارش‌دهی مطابق با فرم‌های ارائه شده توسط تیم فنی اپراتور تعیین می‌شود.

۱-۹-۷-۲-۵- اقدامات اصلاحی

در صورتی که نتایج آزمون نشان دهنده انحراف از مقادیر باشد، اقدامات اصلاحی زیر باید انجام شود:

- بررسی اتصالات، کابل ها و سایر اجزا برای شناسایی منبع تداخل؛
- در صورت وجود آلودگی یا آسیب، اجزا باید تمیز یا تعویض شوند.
- پس از انجام اقدامات اصلاحی، آزمون باید تکرار شده تا از رفع مشکل اطمینان حاصل شود.
- تمامی اقدامات اصلاحی باید ثبت و توسط تیم فنی اپراتور مستند شود.

۱-۹-۷-۲-۳- آزمون در حال حرکت^۱

- آزمون در حال حرکت باید مقادیر مصوبه ۲۸۳ را با پوشش بیش از ۹۵٪ محدوده هدف، برآورده کند.
- لاگ ها^۲ باید در قالب قابل خواندن و بازبینی، توسط تیم فنی اپراتور تحویل بهره بردار شوند.
- نقشه های رنگی پوشش باید به همراه فایل های اصلی لاگ، ارائه شود.

۱-۹-۷-۲-۴- پایش^۳ و شاخص های عملکرد^۴

کلیه تجهیزات IBS/DAS باید مورد پایش قرار گیرد تا شاخص های مورد نیاز مانند مواردی که در زیر آمده، به صورت برخط و بلادرنگ قابل مشاهده و ثبت باشد:

• RSRP, RSRQ, SINR و Rx-Level/Rx-Qual؛

• متوسط و حداکثر نرخ انتقال داده؛

• نرخ قطع تماس^۵؛

• نرخ موفقیت تحویل تماس^۶؛

• وضعیت منابع تغذیه (ولتاژ/جریان/باتری).

داده های پایش شده، باید حداقل به مدت شش ماه قابل ذخیره سازی و بازبینی باشد. با نظر بهره بردار، ممکن است لازم باشد شاخص های عملکرد دیگری نیز تعریف شود که به این موارد اضافه خواهد شد.

^۱ یا Walk Test، یک روش میدانی برای سنجش کیفیت پوشش رادیویی در مسیرهای قابل تردد درون ساختمانی است. در این روش، کارشناس با استفاده از گوشی کالیبره شده یا دستگاه آزمون (مانند TEMS، Nemo یا نرم افزارهای مشابه) در مسیرهای از پیش تعیین شده حرکت می کند و شاخص هایی مانند RSRP, RSRQ, SINR و Rx-Level، سرعت دانلود و آپلود، تأخیر و وضعیت تحویل مکالمه را ثبت می کند.

^۲ گزارش ثبت سوابق رویداد یا Log، در پایش وضعیت شبکه رادیویی و تجهیزات مرتبط با آن.

^۳ Monitoring

^۴ KPI, Key Performance Indicator

^۵ Drop Call Rate (DCR)، به نسبت تعداد تماس هایی که به صورت ناخواسته و قبل از اتمام طبیعی قطع می شوند، به کل تماس های برقرار شده در یک بازه زمانی مشخص، گفته می شود.

^۶ یا Handover Success Rate، به نسبت تعداد تحویل های موفق تماس (Handover) بین سلول ها یا آنتن های درون ساختمانی، به کل تلاش های انجام شده برای تحویل تماس مشخص، گفته می شود.

۱-۹-۷-۳- چک لیست عملیاتی تحویل

موارد زیر شامل چک لیست عملیاتی IBS/DAS درون ساختمانی می شود. با توجه به شرایط خاص می توان موارد کامل تر را به آن اضافه کرد:

۱-۹-۷-۳-۱- طراحی

- تحویل نقشه های پوشش در فرمت iBwave/AutoCAD و PDF؛
- تکمیل جداول ظرفیت و برآورد ترافیک بر اساس مصوبه ۲۸۳؛
- تحویل BOM نهایی و جدول توان تجمیعی؛
- ارایه فایل های اصلی طراحی (dwg, .ibw).

۱-۹-۷-۳-۲- آزمون و اعتبارسنجی

- انجام آزمون های سیگنال رادیویی به روش آزمون در حال حرکت و تحقق بیشتر از ۹۵٪ محدوده به عنوان معیار قبولی؛
- تحویل فایل خام آزمون (TEMS/Scanner) به اضافه گزارش PDF و نقشه رنگی؛
- انجام آزمون تلفات بازگشتی و DTF و تحویل در فرمت اصلی ابزار و PDF؛
- اجرای OTDR و OLTS روی تمام تارهای پیوندها و مقایسه با مقادیر تئوریک؛
- آزمون کابل مسی Cat.6A شامل NEXT و Delay به وسیله تجهیزات آزمون پیوند مانند Fluke؛
- آزمون PIM و ارایه جداول نتایج و عکس ابزار با تاریخ/زمان؛
- اندازه گیری کف نویز؛
- ثبت مشخصات تجهیزات آزمون (مدل، سریال، تاریخ کالیبراسیون).

۱-۹-۷-۳-۳- آزمون در حال حرکت

- مطابقت با مقادیر مصوبه ۲۸۳ در ۹۵٪ محدوده هدف؛
- تحویل لاگ ها در فرمت قابل بازبینی؛
- ارایه نقشه های رنگی پوشش و فایل خام لاگ ها.

۱-۹-۸- نگهداری و بهینه سازی دوره ای^۱

راه کارهای IBS نیازمند نگهداری منظم هستند که شامل موارد زیر می شود:

- بررسی و آزمون دوره ای؛
- به روز رسانی نرم افزاری و سخت افزاری؛

^۱ Maintenance & Optimization

• بهینه سازی شبکه در صورت تغییرات محیطی یا افزایش تعداد کاربران.

اپراتور باید همزمان با قرارداد اجرا، برای دوره پس از پایان گارانتی تجهیزات، بسته ای از قطعات یدکی مصرفی و حیاتی را پیش بینی و در قرارداد درج کند. این بسته با هدف تضمین تداوم بهره برداری، پس از دوره گارانتی و متناسب با سطح اهمیت ساختمان تعریف می شود. همچنین اپراتور باید برنامه نگهداری پیش گیرانه شامل دوره های بازبینی، آزمون مجدد و پایش عملکرد را تدوین و به بهره بردار تحویل دهد. مدت زمان و سطح پشتیبانی پس از گارانتی، با توافق طرفین و با توجه به شرایط بهره برداری ساختمان در قرارداد پشتیبانی و نگهداری، مشخص خواهد شد.

۱-۸-۹-۱- جداول پیشنهادی برای گزارش دهی

در ادامه، جداولی برای کنترل و انجام آزمون ها و گزارش نهایی پوشش، توصیه شده است. بدیهی است این جداول باید متناسب با شرایط اجرا و نظر بهره بردار مناسب سازی شود.

جدول ۱-۱۳- نتایج آزمون در محل های مختلف به عنوان توصیه

محل	RSRP (dBm)	RSRQ (dB)	SNR	Rx-Level	تفسیر
سالن ورودی	-۷۵	-۹	۲۰	-۶۵	قوی
طبقات زیرزمین	-۹۵	-۱۸	۸	-۸۰	متوسط
سالن جلسات	-۱۰۵	-۲۲	۵	-۹۵	ضعیف
مقادیر به عنوان توصیه بیان شده و مقادیر اصلی در قرارداد ذکر می شود.					

جدول ۱-۱۴- نمونه هایی از آزمون EMC و تداخل با سایر سیستم ها

سیستم	نوع تداخل	معیار پذیرش	ابزار / روش آزمون	راه کارهای کنترلی
Wi-Fi 5GHz	گسیلش خارج از باند و نویز ناخواسته در باندهای سیار	توان تداخل در باند سیار باید کمتر یا مساوی منفی dBm ۱۰۰ باشد یا نسبت SIR بیشتر یا مساوی dB ۱۵ باشد. برای نسل دوم، افت Rx-Level ناشی از تداخل نباید بیشتر از dB ۳ باشد.	طیف سنج فرکانسی به همراه آنتن باند مورد نظر	استفاده از فیلتر باند، افزایش ایزولاسیون، رعایت فاصله و جانمایی مناسب آنتن ها
MRI (1.5/3T)	کوپلینگ RF و انسداد گیرنده تجهیزات رادیویی	ایزولاسیون RF باید بیشتر یا مساوی dB ۶۰ باشد و در هیچ یک از حالات کاری، انسداد گیرنده رخ ندهد. برای 2G تا 5G، تغییر سطح سیگنال دریافتی (Rx-Level / RSRP) نباید موجب افت کیفیت سرویس شود.	آزمون ایزولاسیون RF، پایش سطح RF محیطی	فاصله گذاری فیزیکی، استفاده از آنتن های جهت دار، مسیر کابل شیلد شده، تعریف محدوده ممنوعه RF
سامانه RFID (HF/UHF)	تداخل هم کانالی یا بین کانالی با آنتن های داخلی	نسبت سیگنال به تداخل سامانه سیار باید بیشتر یا مساوی dB ۱۰ باشد. برای نسل دوم، Rx-Level موبایل باید در محدوده طراحی شبکه باقی بماند و نرخ خوانش RFID بیشتر یا مساوی ۹۵٪ باشد.	آزمون هم زیستی، اندازه گیری SIR/BLER ^۱	جابه جایی آنتن، تفکیک طیفی یا مکانی، تنظیم توان خروجی RFID

^۱ نرخ خطا در بلوک های داده ای یا Block Error Rate، نشان می دهد چه درصدی از بلوک های داده پس از دریافت، دچار خطا شده و نیاز به بازارسال دارند.

جدول ۱-۱۵- نمونه گزارش نهایی پوشش و کیفیت خدمات

نوع خدمات	کاربران همزمان	معیار توان e.i.r.p	معیار پوشش	معیار کیفیت/ظرفیت	نتیجه
تماس صوتی (2G/3G/4G)	۵۰۰	e.i.r.p هر آنتن: ۱۸ تا dBm (با ذکر بهره آنتن و افت کابل)	حداقل در ۹۵٪ نقاط: Rx-Level, حداقل -۸۵ dBm یا RSRP حداقل -۹۵ dBm	MOS ^۱ در ۹۵٪ نمونه‌ها: حداقل ۲/۸، نرخ قطع تماس حداکثر ۲٪	قابل قبول
داده LTE	۱۰۰۰	توان تزریق به هر پورت: ۰ تا dBm ۱۰ (AGC فعال)، پهنای باند ۲۰ MHz	حداقل در ۹۵٪ نقاط: RSRP حداقل -۹۵ dBm و SINR حداقل ۵ dB	سرعت داتلود در ۹۰٪ نمونه‌ها: حداقل ۲Mbps، BLER حداقل ۲٪	قابل قبول

۱-۹-۸-۲- آزمون‌های دوره‌ای و بازرسی عملکرد

علاوه بر آزمون اولیه تحویل، باید بررسی‌های دوره‌ای عملکرد سامانه انجام شود تا از حفظ کیفیت سرویس در طول بهره‌برداری اطمینان حاصل شود. به‌طور خلاصه:

- آزمون راه‌اندازی اولیه شامل اندازه‌گیری توان خروجی، تراز سیگنال، SNR و ارزیابی عدم تداخل با شبکه اصلی اپراتور بوده و یک‌بار در زمان تحویل انجام می‌شود.

- آزمون عملکرد دوره‌ای شامل بررسی افت توان، تغییرات سطح RSSI^۲ و کنترل عملکرد پیوندهای شبکه موبیرگی است. این آزمون معمولاً هر ۶ ماه یک‌بار برای سیستم DAS فعال و میکروسول‌ها و هر ۱۲ ماه یک‌بار برای سیستم DAS غیرفعال و تقویت‌کننده‌ها انجام می‌شود.

- آزمون EMF و ایمنی پرتو مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۸۵۶۷ و ابلاغیه سازمان انرژی اتمی ایران، شامل اندازه‌گیری چگالی توان در نزدیکی آنتن‌ها است و باید به‌صورت سالانه، یا پس از هرگونه تغییر در آرایش آنتن‌ها انجام شود.

- آزمون تداخل بین‌سیستمی در محل‌هایی که چند اپراتور یا چند سیستم DAS فعال هم‌زمان کار می‌کنند، باید در زمان راه‌اندازی و پس از هر تغییر در ساختار یا مسیر سیگنال انجام شود. نتایج تمامی آزمون‌های فوق، باید در مستند تحویل نهایی^۳ ثبت و به اپراتور یا ناظر ارایه شود.

۱-۹-۸-۳- گزارش‌های به‌روزرسانی

این گزارش‌ها شامل نقشه، گزارش آزمون پارامترهای تعیین شده در مصوبه ۲۸۳، آزمون تماس، آزمون EMC/PIM^۴، گزارش تجهیزات و تایید اتصال اپراتور است.

^۱ کیفیت تماس صوتی یا Mean Opinion Score، یک معیار استاندارد بین‌المللی است که کیفیت تجربه شنیداری تماس‌های صوتی را اندازه‌گیری می‌کند.
^۲ شاخص قدرت سیگنال دریافتی یا Received Signal Strength Indicator، عددی است که نشان می‌دهد قدرت سیگنال رادیویی دریافت‌شده توسط دستگاه (مثل موبایل یا مودم) چه میزان است.

^۳ Final Acceptance Report

^۴ آزمون تداخل منابع تشعشع ناخواسته غیرفعال یا Passive Intermodulation.

۱-۱۰-۱- معرفی مقررات

با توجه به ویژگی‌ها و مزایای قابل توجه IBS که در بخش‌های قبلی توضیح داده شده است، جهت جلوگیری از مشکلاتی مانند تداخلات رادیویی، افزایش کف نویز، و نقض قوانین و مقررات رادیویی، باید هر نوع طراحی، نصب و بهره‌برداری از این سیستم‌ها بر اساس استانداردهای فنی و مقررات رگولاتوری انجام شود. در ادامه این مقررات به طور اختصار معرفی شده‌اند.

۱-۱۰-۱- ضوابط و مشخصات سیگنال رادیویی

۱-۱۰-۱-۱- مصوبه جلسه شماره ۲۸۳ مورخ ۱۳۹۷/۷/۲۹ کمیسیون تنظیم مقررات ارتباطات

این مصوبه، شاخص و پارامترهای مربوط به سیگنال رادیویی فناوری‌های ارتباطی تلفن همراه را در ۳ فناوری 2G، 3G و 4G بیان کرده و باید در تامین پوشش درون ساختمانی رعایت شود. هدف اصلی، اطمینان از این است که راه کارهای اجرایی، حداقل استانداردهای لازم برای کیفیت خدمات صوتی و داده را فراهم کنند.

۱-۱۰-۱-۲- تصمیم CRA-DEC 5009-01

این تصمیم، ضوابط فنی و رگولاتوری استفاده از تقویت کننده‌های سیگنال رادیویی شبکه تلفن همراه را تعیین کرده است. بر اساس این تصمیم:

- تجهیزات تقویت کننده باید فقط در باندهای فرکانسی مصوب عمل کنند؛
- تقویت در هر دو باند فروسو و فراسو باید یکسان باشد؛
- توان خروجی تجهیزات باید محدود شده باشد؛
- در باند فروسو: حداکثر 1 e.i.r.p W (20 e.i.r.p dBm)؛
- در باند فراسو: حداکثر 1 e.i.r.p W (30 e.i.r.p dBm).

هم چنین، این تصمیم، منع استفاده از تقویت کننده‌های یک طرفه را به عنوان یکی از الزامات فنی مهم، ذکر کرده است. ارائه دهندگان تجهیزات تقویت کننده، مسئول هستند حداکثر توان پخش زائد را در دو باند فرکانسی کلیدی رعایت کنند:

- در باند ۹ کیلوهرتز تا ۱ گیگاهرتز: 250 nW (36 e.r.p dBm)؛
- در باند ۱ گیگاهرتز تا ۱۲/۷۵ گیگاهرتز: $1 \mu\text{W}$ (30 e.r.p dBm) -.

۱-۱۰-۱-۳- تصمیم شماره CRA-DEC 5008-04، اردیبهشت ۱۳۹۶ سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی

این مصوبه، طرح فرکانسی باندهای مورد استفاده در بخش دسترسی شبکه‌های ارتباطات عمومی را تعیین می‌کند و چارچوب قانونی بهره‌برداری از باندهای فرکانسی برای فناوری‌های مختلف دسترسی رادیویی را مشخص می‌سازد. در این مصوبه، باندهای مجاز، نوع کاربرد هر باند، فناوری‌های قابل استفاده (مانند GSM، UMTS، LTE و فناوری‌های بعدی)، شرایط تخصیص، محدودیت‌های فنی، و الزامات هم‌زیستی فرکانسی تشریح شده‌است تا از بهره‌برداری بهینه از طیف، جلوگیری از تداخل مضر و تضمین کیفیت خدمات در شبکه‌های عمومی اطمینان حاصل شود. این مصوبه به عنوان مرجع اصلی برای طراحی، توسعه و بهره‌برداری شبکه‌های دسترسی رادیویی اپراتورها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱-۱۰-۴- استاندارد ملی ایران به شماره ۸۵۶۷

این استاندارد، پرتوهای غیر یونساز - حدود پرتوگیری را برای عموم مردم و کارکنان در فضای آزاد تعیین می‌کند. این استاندارد به‌عنوان یکی از اساسی‌ترین مبنای EMF شناخته می‌شود و الزاماتی را درباره فاصله ایمن از منابع تشعشعی (مانند آنتن‌ها)، حداکثر سطح چگالی توان سیگنال رادیویی و پایش میدان‌های الکترومغناطیسی وضع کرده است. این استاندارد در زمان نصب هرگونه تجهیزات تقویت‌کننده سیگنال موبایل باید رعایت شود.

۱-۱۰-۵- ابلاغیه شماره ۱۶/۰۵/۲۳۵۸۳۶ مورخ ۱۴۰۰/۰۵/۱۹ سازمان انرژی اتمی ایران

این ابلاغیه، حدود چگالی توان سیگنال رادیویی در محیط‌های داخلی را تعیین می‌کند و الزاماتی را برای اندازه‌گیری و کنترل میدان‌های الکترومغناطیسی در فضاهای بسته مطرح می‌کند. این الزامات در کنار استاندارد ملی ایران به شماره ۸۵۶۷، مبنای اصلی برای ارزیابی ایمنی تجهیزات تقویت‌کننده در محیط‌های درون ساختمانی است. این الزامات، به‌منظور جلوگیری از تداخل با دیگر سیستم‌های رادیویی و اطمینان از سلامت الکترومغناطیسی محیط داخلی، باید رعایت شود.

۱-۱۰-۶- جداول پایه آزمون‌ها و استانداردها

برای یکسان‌سازی انجام آزمون‌ها و استاندارد تجهیزات حوزه ICT، سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی اقدام به تدوین جداول پایه آزمون و استانداردهای مربوط به آن کرده است. تجهیزات مورد استفاده در راه‌کارهای IBS در صورتی که تحت پوشش این جداول باشد، باید مطابق با جزئیات ذکر شده در این جداول و استانداردهای آن، مورد آزمون قرار گیرد. در ادامه تیتیر برخی از این جداول که شامل تجهیزات راه‌کارهای IBS می‌شود آمده است:

- جدول پایه آزمون‌ها و استاندارد آنتن؛
- جدول پایه آزمون‌ها و استانداردهای تجهیزات سیم کارت خور سمت کاربر (تلفن همراه، تبلت، مودم و ...) در نسل ۴ شبکه ارتباطات سیار (4G)؛
- جدول پایه آزمون‌ها و استانداردهای تجهیزات سیم کارت خور سمت کاربر (تلفن همراه، تبلت، مودم و ...) در نسل ۳ شبکه ارتباطات سیار (3G)؛
- جدول پایه آزمون‌ها و استانداردهای تجهیزات سیم کارت خور سمت کاربر (تلفن همراه، تبلت، مودم و ...) در نسل ۲ شبکه ارتباطات سیار (GSM)؛
- جدول پایه آزمون‌ها و استانداردهای تجهیزات ایستگاه پایه و تکرارکننده نسل ۴ شبکه ارتباطات سیار (4G)؛
- جدول پایه آزمون‌ها و استانداردهای تجهیزات ایستگاه پایه و تکرارکننده نسل ۳ شبکه ارتباطات سیار (3G)؛
- جدول پایه آزمون‌ها و استانداردهای تجهیزات ایستگاه پایه و تکرارکننده نسل ۲ شبکه ارتباطات سیار (GSM).

۱-۱۰-۲- استانداردهای بین المللی و الزامات فنی

در کنار استانداردهای داخلی، استفاده از تجهیزات تقویت کننده و سایر راه کارهای IBS باید با استانداردهای بین المللی نیز سازگار باشد. این استانداردها توسط سازمان های بین المللی مانند ETSI^۱، ITU-R^۲ و FCC^۳ تعیین شده است و در تمامی کشورها، به ویژه در کشورهایی که از فناوری های موبایل استفاده گسترده ای می کنند، الزامی است. در ادامه ابتدا استانداردها و توصیه ها و مراجع بین المللی مرتبط بیان شده است.

۱-۱۰-۲-۱- استاندارد “ETSI EN 303 609-4”

این استاندارد، شرایط لازم برای عملکرد صحیح تقویت کننده ها از جمله محدودیت های توان خروجی، مدیریت تداخل، پهنای باند قابل قبول، عدم انسداد BTS و ULPC را مشخص می کند تا اطمینان حاصل شود که این تجهیزات بدون ایجاد اختلال در شبکه ماکرو، سیگنال را به درستی تقویت می کنند. هدف اصلی این استاندارد، ارتقاء کیفیت خدمات درون ساختمانی و جلوگیری از مشکلاتی مانند افزایش نویز شبکه، بروز ناپایداری بهره توان داخلی در تقویت کننده و ایجاد تداخل با ایستگاه های پایه است.

۱-۱۰-۲-۲- استاندارد “ETSI EN 301 511 V12.5.1”

این استاندارد به طور خاص به الزامات فنی و آزمایش تجهیزات تقویت کننده و راه کارهای بی سیم در محیط های درون ساختمانی، به ویژه در زمینه رعایت EMC، مدیریت گسیلش های شبکه رادیویی و عدم تداخل با شبکه های دیگر می پردازد. این استاندارد، شرایط لازم برای طراحی، نصب و عملکرد تجهیزات IBS مانند تقویت کننده ها و سیستم های DAS را مشخص می کند تا اطمینان حاصل شود که این تجهیزات بدون ایجاد اختلال در شبکه های موبایلی و سایر سیستم های رادیویی، عمل می کنند. همچنین، الزاماتی را برای آزمون های الکترومغناطیسی، اندازه گیری پهنای باند، مدیریت توان خروجی و رعایت حدود تداخل تعیین می کند که در متونی مانند تصمیم CRA-DEC 5009-01 نیز منبع استنادی قرار گرفته است.

۱-۱۰-۲-۳- استاندارد “ETSI EN 301 908”

یکی از استانداردهای مهم سازمان ETSI است که به طور خاص به الزامات فنی و رادیویی تقویت کننده های سیگنال در شبکه های موبایل UMTS و LTE می پردازد. این استاندارد، شرایط لازم برای رعایت EMC، مدیریت گسیلش های خارج از باند^۴، حداکثر توان خروجی و همچنین جلوگیری از تداخل با BTS های اصلی را تعیین می کند تا اطمینان حاصل شود که تجهیزات IBS بدون ایجاد اختلال در شبکه ماکرو، عملکرد صحیحی داشته باشد. این استاندارد، علاوه بر الزامات فنی، شامل آزمون های دقیق شبکه رادیویی، آزمون SAR^۵ و مدیریت پهنای باند نیز می شود و منبع اصلی برای طراحی، نصب

^۱ European Telecommunications Standards Institute

^۲ International Telecommunication Union – Radiocommunication Sector

^۳ Federal Communications Commission

^۴ out-of-band emissions

^۵ نرخ جذب ویژه یا Specific Absorption Rate، معیاری است که مقدار انرژی الکترومغناطیسی جذب شده توسط بدن انسان که در معرض تجهیزاتی مثل گوشی های همراه، ساعت های هوشمند، تجهیزات IBS و سایر منابع سیگنال رادیویی قرار گرفته است را بر حسب وات بر کیلوگرم (W/kg) اندازه گیری می کند.

و آزمون تقویت کننده‌ها در کشورهای اروپایی و همچنین در متون داخلی ایران مانند تصمیم CRA-DEC 5009-01 قرار گرفته است.

۱-۱۰-۲-۴- استاندارد "ETSI TS 125 106"

یکی از استانداردهای مهم سازمان پیشرفته شبکه ارتباطات اروپا است که به‌طور خاص به الزامات فنی تقویت کننده‌های UMTS می‌پردازد و نحوه عملکرد صحیح این تجهیزات در شبکه‌های موبایل نسل سوم را مشخص می‌کند. این استاندارد، الزاماتی را در زمینه ULPC، جلوگیری از تداخل با BTSهای اصلی، مدیریت نویز و تداخل داخلی، همچنین طراحی صحیح شبکه رادیویی برای تقویت کننده‌های UMTS تعیین کرده است تا از افزایش کف نویز شبکه، بروز ناپایداری بهره توان داخلی در تقویت کننده و ایجاد تداخل با ایستگاه‌های پایه جلوگیری شود. هدف اصلی این استاندارد، اطمینان از این است که تقویت کننده‌های UMTS بدون ایجاد اختلال در شبکه ماکرو، بتوانند سیگنال ضعیف را به‌درستی تقویت کنند و خدمات صوتی و داده را در محیط‌هایی با پوشش ضعیف بهبود بخشند.

۱-۱۰-۲-۵- استانداردهای "ANSI/TIA 568" و "ISO/IEC 11801"

دو استاندارد بین‌المللی معتبر در زمینه طراحی و پیاده‌سازی زیرساخت‌های شبکه‌های کابلی ساختمانی هستند که عمدتاً برای شبکه‌های LAN و زیرساخت‌های کابلی ساخت‌یافته به کار می‌روند. این استانداردها الزاماتی را در خصوص نوع کابل‌ها، تجهیزات اتصال، طول مجاز سگمنت‌ها، مدیریت EMI و عملکرد کلی شبکه تعیین می‌کنند. در راه کارهای IBS، این استانداردها نقش مهمی در طراحی زیرساخت فیزیکی شبکه برای سیستم DAS فعال، سلول‌های کوچک و سیستم‌های شبکه رادیویی داخلی دارند؛ زیرا انتقال سیگنال‌های دیجیتال در این سیستم‌ها به زیرساخت‌های کابلی قوی و استاندارد نیاز دارد. استفاده از کابل‌های UTP، FTP یا فیبرنوری با کیفیت مناسب، رعایت فواصل و تداخل‌های الکترومغناطیسی، و مدیریت صحیح زیرساخت کابلی، تحت تأثیر این استانداردها صورت می‌گیرد و می‌تواند به پایداری سیگنال، کاهش نویز و افزایش قابلیت اطمینان سیستم IBS کمک کند. فصل یک جلد سوم ضابطه ۱۱۰ نظام فنی و اجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور که بر اساس گروه استانداردهای ISO/IEC 11801 نگارش شده است، می‌تواند در این خصوص مورد استفاده قرار گیرد.

۱-۱۰-۲-۶- استاندارد "ETSI EN 303 354"

به‌طور خاص به الزامات فنی تقویت کننده‌های سیگنال شبکه GSM در محیط‌های داخلی می‌پردازد. این استاندارد، شرایط لازم برای عملکرد صحیح و بدون تداخل این تجهیزات را مشخص کرده و شامل ضوابطی در خصوص حداکثر توان خروجی، مدیریت پهنای باند، رعایت الزامات EMC و جلوگیری از افزایش کف نویز شبکه می‌شود. هدف اصلی این استاندارد، اطمینان از این است که تجهیزات تقویت کننده GSM فقط سیگنال‌های مورد نظر را تقویت کند و باعث اختلال در شبکه‌های موبایلی دیگر نشود. این استاندارد در کشورهای مختلف اروپایی و آسیایی به‌عنوان یک منبع مرجع برای طراحی، نصب و آزمون تقویت کننده‌های GSM مورد استفاده قرار می‌گیرد و بر اساس تصمیم CRA-DEC 5009-01 سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی نیز به‌عنوان یکی از استانداردهای مبنایی برای استفاده در راه کارهای IBS (تقویت کننده‌های سیگنال شبکه GSM) مطرح شده است.

^۱ مستنداتی که در آن EN است استاندارد اروپایی رسمی و نهایی است که جنبه حقوقی/الزامی دارد.

۱-۱۰-۲-۷- توصیه نامه های "ITU-R SM.329" و "ITU-R SM.1541"

این دو مستند، الزاماتی را درباره گسیلش های خارج از باند و گسیلش های غیرضروری مشخص کرده اند. به ویژه در مورد تجهیزاتی که سیگنال را بدون تغییر تقویت می کنند (مثل تقویت کننده ها)، بسیار حائز اهمیت هستند، چرا که این تجهیزات تمایل دارند هم سیگنال و هم نویز موجود در محیط را تقویت کنند و این امر می تواند منجر به تداخل با سیستم های دیگر شود. این مستندات به طور خاص برای تجهیزاتی که بدون تغییر در ساختار سیگنال، آن را تقویت می کنند، مثل تقویت کننده ها و تقویت کننده های شبکه رادیویی، اهمیت بسزایی دارند؛ زیرا نه تنها سیگنال مورد نظر را تقویت می کنند، بلکه نویز و سیگنال های خارج از باند موجود در محیط را نیز تقویت می کنند. این امر می تواند منجر به افزایش سطح نویز کلی شبکه و تداخل با سیستم های دیگر شود.

۱-۱۰-۲-۸- توصیه نامه "CEPT/ERC Rec. 74-01"

مربوط به کشورهای عضو اتحادیه شبکه ارتباطات اروپایی است که بیشتر شامل کشورهای اروپایی و برخی کشورهای همسایه می شود. این توصیه نامه، الزامات فنی و راهنمایی هایی را در خصوص رعایت EMC و مدیریت گسیلش های غیرضروری تجهیزات رادیویی وضع کرده است. هدف اصلی این سند، جلوگیری از تداخل شبکه رادیویی با سایر خدمات رادیویی حساس و کنترل حداقل توان منتشر شده در خارج از باند است. این توصیه به ویژه در راه کارهای IBS اهمیت دارد؛ زیرا تجهیزاتی مانند تقویت کننده و سیستم DAS بدون رعایت این استاندارد می تواند منجر به افزایش نویز شبکه ماکرو و اختلال در سایر سرویس های رادیویی شود. بنابراین، تمامی تجهیزات شبکه رادیویی که در محیط های عمومی و داخلی نصب می شوند، به ویژه در ساختمان های دولتی، بیمارستان ها و فضاهای شهری، باید دارای گواهی انطباق با این توصیه باشند.

۱-۱۰-۲-۹- مقررات "FCC Part 20"

این الزام شامل مواردی مانند AGC، محدودسازی بهره تقویت کننده، جلوگیری از ورود دستگاه به حالت ناپایدار و رعایت محدودیت های تشعشعی است. همچنین، تقویت کننده باید به گونه ای طراحی شود که موجب افزایش نویز فراسو، انسداد گیرنده ایستگاه پایه یا ایجاد تداخل در سایر خدمات رادیویی نشود.

۱-۱۰-۲-۱۰- مشخصات فنی "ETSI TS 103 198 V1.2.1"

این مشخصات که در ماه چهارم سال ۲۰۲۰ منتشر شده است، یکی از مستندات مهم منتشر شده توسط ETSI است که به طور خاص به سیستم های DAS دیجیتال و فعال می پردازد و الزامات فنی لازم برای طراحی، نصب و آزمون این سیستم ها را مشخص می کند. این سند با هدف ارتقای کیفیت پوشش شبکه درون ساختمانی، رعایت الزامات EMC، جلوگیری از تداخل با شبکه ماکرو و اطمینان از عملکرد قابل اعتماد سیستم DAS در محیط های شهری و عمومی تدوین شده است. در این سند، نحوه مدیریت باندهای فرکانسی مختلف، استفاده از زیرساخت فیبرنوری، پشتیبانی چند اپراتوری و قابلیت توسعه آینده نگر برای خدمات 5G و IoT به تفصیل پوشش داده شده است. همچنین، شامل دستورالعمل هایی برای مدیریت

^۱ مستنداتی که در آن TS آمده است استاندارد فنی رسمی است که الزامات، روش های آزمون یا پارامترهای فنی را تعریف می کند، ولی ممکن است هنوز در مرحله قبل از استاندارد نهایی اروپا یا EN باشد.

مرکزی سیستم DAS، بهینه‌سازی پوشش شبکه رادیویی و تضمین کیفیت خدمات و سرویس در فضاهای بزرگ و حساس (مانند فرودگاه‌ها، بیمارستان‌ها و ساختمان‌های دولتی) است.

۱-۱۰-۲-۱۱- گزارش فنی "3GPP TR 36.902 V15.0.0"

این گزارش فنی یکی از اسناد مرجع سازمان 3GPP در قالب پروژه همکاری‌کننده فنی است که به سناریوهای طراحی و استقرار شبکه‌های LTE، از جمله راه‌کارهای پوشش درون‌ساختمانی و معماری‌های مبتنی بر DAS می‌پردازد. تمرکز اصلی این سند بر ارائه راهنمای فنی، مدل‌های مرجع و سناریوهای پیشنهادی برای طراحان و مجریان شبکه در بهبود کیفیت پوشش و ظرفیت LTE در محیط‌های داخلی است. این گزارش نقش استاندارد الزام‌آور ندارد و به‌عنوان مرجع تحلیلی و راهنمای طراحی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱-۱۰-۲-۱۲- مشخصات صنعتی "CPRI Specification I & II"

این سند به‌طور ویژه در معماری‌های کلاسیک BBU و RRU سیستم‌های رادیویی موبایل کاربرد دارد و به طراحی سیستم‌های DAS فعال و دیجیتال کمک می‌کند. این مشخصات توسط گروهی از شرکت‌های بزرگ ارتباطات اروپایی، آمریکایی و آسیایی توسعه یافته است و برای انتقال کارآمد سیگنال‌های شبکه رادیویی به‌صورت دیجیتال، بین لایه Baseband^۲ و لایه رادیویی، الزامات فنی لازم را تعیین کرده است. این مشخصات شامل پارامترهایی در خصوص نرخ داده، نحوه کدگذاری، مدیریت تاخیر، همگام‌سازی زمانی و همچنین الزامات فیزیکی اتصال (معمولاً فیبرنوری) است. این مشخصات نقش کلیدی در طراحی و اجرای سیستم‌های DAS فعال ایفا می‌کند؛ زیرا اطمینان حاصل می‌کند که انتقال سیگنال بین واحد مرکزی و آنتن‌های داخلی با کیفیت بالا، بدون تلفات قابل توجه و با رعایت الزامات شبکه صورت می‌گیرد. بنابراین، در راه‌کارهای IBS که از سیستم DAS دیجیتال مبتنی بر CPRI استفاده می‌کنند، به‌ویژه در محیط‌های دولتی، عمومی و شهری، توصیه می‌شود سازگاری با این مشخصات بررسی شود.

۱-۱۰-۲-۱۳- توصیه "O-RAN Alliance Specifications"

مجموعه‌ای از توصیه‌ها و راهنمایی‌های فنی است که یک چارچوب باز و قابل انعطاف برای توسعه شبکه‌های دسترسی رادیویی باز یا Open RAN^۳ فراهم می‌کند. این مشخصات توسط اتحادیه O-RAN که یک کنسرسیوم صنعتی و بین‌المللی متشکل از اپراتورهای شبکه رادیویی، شرکت‌های فناوری و تامین‌کنندگان تجهیزات است، تدوین شده‌اند و شامل الزاماتی در زمینه ساختار منطقی شبکه، مدیریت شبکه رادیویی، رابط‌های دیجیتال (مانند eCPRI^۴) و امکان همگرایی معماری‌های DAS دیجیتال فعال با چارچوب Open RAN و ادغام با شبکه‌های 5G و IoT هستند. این مشخصات به‌ویژه در طراحی و استقرار سیستم‌های DAS دیجیتال و فعال کاربرد دارند و به منظور افزایش قابلیت کارکرد متقابل^۵، کاهش وابستگی به یک تولیدکننده واحد و تسهیل توسعه آینده‌نگر شبکه‌های IBS منتشر شده‌اند.

^۱ مستنداتی که در آن TR آمده گزارش فنی توضیحی و غیرالزام‌آور است.

^۲ بخش پردازش سیگنال دیجیتال شبکه موبایل است که قبل از تبدیل به RF عمل می‌کند.

^۳ Radio Access Network

^۴ Enhanced Common Public Radio Interface

^۵ Interoperability

۱-۱۰-۲-۱۴- توصیه "TR 22.912 V16.0.0 (3GPP – Study on DAS requirements and solutions)"

یک مستند توصیه‌ای و فنی از سازمان 3GPP است. این سند با عنوان "Study on DAS requirements and solutions" به بررسی جامع الزامات فنی و عملیاتی مورد نیاز برای طراحی، پیاده‌سازی و بهینه‌سازی سیستم‌های DAS در شبکه‌های موبایلی می‌پردازد. هدف اصلی این گزارش، شناسایی چالش‌ها، سناریوهای کاربردی و راه کارهای مناسب برای ادغام سیستم DAS با شبکه‌های LTE و 5G NR است. این سند شامل بررسی نیازمندی‌های سرویس، سناریوهای چندپراتوری، الزامات عملکردی در محیط‌های پرتراکم و ملاحظات توسعه‌پذیری سیستم‌های DAS برای شبکه‌های LTE و 5G NR برای خدمات آینده‌نگر است.

۱-۱۰-۲-۱۵- توصیه نامه‌های "ITU-R SM.2098" و "ITU-R M.2083"

این دو توصیه نامه، مستندات مهمی از بخش ارتباطات رادیویی اتحادیه موسوم به ITU-R هستند که به ترتیب به مدیریت طیف فرکانسی و الزامات مدیریت تداخل در شبکه‌های رادیویی، و مشخصات فنی سیستم‌های 5G NR می‌پردازند. توصیه‌نامه ITU-R SM.2098 به تعیین حدود گسیلش ناخواسته و الزامات طیفی برای جلوگیری از تداخل بین‌سروسی در سیستم‌های رادیویی می‌پردازد و الزاماتی را برای جلوگیری از تداخل با سرویس‌های موجود در طیف فرکانسی وضع می‌کند. این مستند به‌ویژه در راه کارهای IBS اهمیت دارد، زیرا اطمینان حاصل می‌کند که تجهیزاتی مانند تقویت‌کننده سیگنال بدون ایجاد اختلال در خدمات یک‌دیگر، عملکرد صحیحی داشته باشند. توصیه‌نامه ITU-R M.2083 نیز الزامات فنی و شعاعی را برای شبکه‌های 5G NR تعیین می‌کند و شامل دستورالعمل‌هایی در خصوص باندهای فرکانسی مورد استفاده، مدیریت شبکه رادیویی، و نحوه بهره‌برداری از منابع طیف فرکانسی در محیط‌های شهری و داخلی است. این دو توصیه نامه در کنار یک‌دیگر، چارچوبی فنی و رگولاتوری برای توسعه پایدار و ایمن راه کارهای IBS در عصر 5G را فراهم می‌کنند و می‌توانند به‌عنوان منبع استنادی برای رعایت الزامات مدیریت تداخل طیفی و بهره‌برداری کارا از منابع فرکانسی مورد استفاده قرار گیرند.

۱-۱۰-۲-۱۶- توصیه "FCC KDB 903.268 DAS Policy Statement"

یک توصیه فنی و سیاستی از سوی کمیسیون FCC است، که به‌عنوان راهنمای تفسیری مقررات FCC در فرآیندهای ارزیابی و صدور مجوز مورد استفاده قرار می‌گیرد. این سند به‌عنوان یک راهنمای رگولاتوری برای مجریان سیستم‌های DAS در ایالات متحده منتشر شده و شامل دستورالعمل‌هایی در خصوص نحوه اعمال مقررات FCC Part 20 و FCC Part 90 برای سیستم‌های DAS است. هدف اصلی این سیاست، اطمینان از این است که سیستم‌های DAS بدون ایجاد تداخل با شبکه ماکرو و با رعایت الزامات SAR، EMC و کنترل توان در چارچوب Part 20، عملکرد صحیحی داشته باشند. این سند، نحوه مدیریت توان شبکه رادیویی، آزمون تداخل، ارائه خدمات چند پراتوری و همچنین مستندسازی لازم برای اثبات انطباق با مقررات FCC را مشخص کرده و منبع استنادی مهمی برای تمامی مجریان، طراحان و ناظران فنی در زمینه استقرار سیستم DAS در محیط‌های عمومی و شهری است. این سیاست به‌صورت غیررسمی به‌عنوان یک مرجع تفسیری رگولاتوری در اجرای تمامی راه کارهای IBS در آمریکا مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱-۱۰-۲-۱۷- مشخصات فنی "ETSI TS 103 198 V1.2.1"

یکی از مستندات فنی منتشرشده توسط موسسه ETSI است که به الزامات فنی و تطابق تجهیزات سیستم‌های رادیویی توزیع‌شده (DAS دیجیتال) در محیط‌های شهری و عمومی می‌پردازد. این سند یک راهنمای جامع برای مجریان راه‌کارهای IBS فراهم می‌کند و الزاماتی را درباره نحوه ادغام سیستم DAS با شبکه‌های 5G NR، مدیریت شبکه رادیویی، قابلیت توسعه آینده‌نگر، و همچنین رعایت الزامات EMC و SAR تعیین می‌کند. این سند دستورالعمل‌های دقیق در خصوص مدیریت مرکزی شبکه در سیستم DAS، آزمون‌های زنجیره سیگنال، و الزامات انتقال سیگنال دیجیتال بین اجزای توزیع‌شده سیستم رادیویی را پوشش می‌دهد و به‌عنوان یک منبع استنادی مهم برای طراحان، مجریان و ناظران فنی در راه‌کارهای IBS مورد استفاده قرار می‌گیرد. در تمامی سیستم‌های DAS دیجیتال که در کشورهای اروپایی یا مناطق تحت تأثیر این استاندارد اجرا می‌شوند، انطباق با این سند به‌عنوان مرجع فنی توصیه می‌شود.

۱-۱۰-۳- الزامات فنی و ملاحظات عملی

علاوه بر مستندات فوق، چندین الزام فنی و ملاحظه عملی وجود دارد که در طراحی و استقرار هر نوع راه‌کار درون ساختمانی باید رعایت شوند:

۱-۱۰-۳-۱- محدودیت توان تقویت شده

این ویژگی از جمله مهمترین عوامل موثر بر رعایت استانداردهای EMC، جلوگیری از تداخل با شبکه ماکرو و اطمینان از ایمنی کاربران است. براساس تصمیم CRA-DEC 5009-01 و برخی استانداردهای بین‌المللی مانند ETSI EN 303 609 و ITU-R SM.329، تمامی تجهیزات تقویت‌کننده سیگنال موبایل باید دارای محدودیت‌های مشخصی در خصوص حداکثر توان خروجی شبکه رادیویی باشند. طبق این الزامات، e.i.r.p در باند فروسو نباید از ۳۰ dBm و در باند فراسو نباید از ۲۰ dBm تجاوز کند. همچنین، حداقل توان گسیلش‌های غیرضروری در باندهای خارج از محدوده کاری نیز باید تحت کنترل باشد؛ به‌طوری‌که در بازه ۹ کیلوهرتز تا ۱ گیگاهرتز، حداکثر ۲۵۰ نانوات و در بازه ۱ گیگاهرتز تا ۱۲/۷۵ گیگاهرتز، حداکثر ۱ میکرووات تشعشع داشته باشد. این محدودیت‌ها باعث جلوگیری از انسداد BTSهای شبکه ماکرو، کاهش نویز کلی شبکه و ارتقای کیفیت خدمات دریافتی کاربران می‌شود و برای تمامی راه‌کارهای IBS شامل سیستم DAS و تقویت‌کننده سیگنال در ساختمان‌های دولتی، عمومی و شهری لازم‌الاجرا است.

۱-۱۰-۳-۲- تقویت دوطرفه و عدم استفاده از تقویت یک‌طرفه

در اجرای IBS یکی از الزامات فنی کلیدی، رعایت اصل «تقویت دوطرفه» و ممنوعیت استفاده از تجهیزات تقویت‌کننده یک‌طرفه است. این الزام به‌منظور جلوگیری از ایجاد اختلال در شبکه ماکرو و حفظ تعادل در تعامل بین گوشی کاربر و BTS ایستگاه پایه وضع شده است. بر اساس تصمیم CRA-DEC 5009-01 و استانداردهای بین‌المللی مانند ETSI EN 303 609 و ITU-R SM.329، تمامی تجهیزات تقویت‌کننده موبایل باید قادر باشند هم در باند فراسو و هم در باند فروسو سیگنال را به‌صورت متوازن تقویت کنند. استفاده از تجهیزات یک‌طرفه که فقط سیگنال خارجی را به داخل منتقل می‌کنند و اجازه بازگشت سیگنال کاربر به شبکه را نمی‌دهند، می‌تواند منجر به افزایش نویز شبکه، انسداد BTS و کاهش ظرفیت کلی شبکه شود.

۱-۱۰-۳- کنترل توان فراسو در ULPC

کنترل توان فراسو (ULPC) مکانیزمی در شبکه است که با حفظ شفافیت پیوند بین تجهیزات سیم کارت خور سمت کاربر و BTS، مانع از افزایش غیرضروری توان ارسال گوشی‌ها در حضور سیستم‌های IBS می‌شود. ULPC اطمینان می‌دهد که تجهیزات سیم کارت خور سمت کاربر^۱ در صورت دور شدن از منبع سیگنال، توان خود را افزایش می‌دهد و در صورت نزدیکی به BTS یا سیستم DAS، توان خود را کاهش می‌دهد؛ این امر در تمامی راه کارهای IBS، اعم از تقویت کننده، فمتوسل، سیستم DAS فعال و غیره، باید به خوبی حفظ شود. عدم حفظ ULPC می‌تواند منجر به افزایش نویز کلی شبکه، کاهش ظرفیت سلول و حتی انسداد گیرنده BTS شود. سیستم‌های IBS باید مجهز به ویژگی AGC و ALC^۲ باشد تا در صورت نزدیک شدن گوشی کاربر به آنتن‌های داخلی، از اشباع شدن تقویت کننده، و به تبع آن ارسال سیگنال با نویز بالا به سمت BTS جلوگیری کند. عدم تطابق بهره سیستم با تلفات مسیر، باعث می‌شود مکانیزم ULPC گوشی نتواند به درستی توان خروجی را کاهش دهد که این امر منجر به ایجاد تداخل در کل سلول سرویس دهنده می‌شود. این موضوع در طراحی، آزمون و تنظیم سطح بهره تجهیزات باید به طور دقیق بررسی و مستند شود تا از نظر فنی و رگولاتوری با الزامات تصمیم CRA-DEC 5009-01، ETSI EN 303 609 و ITU-R SM.329 انطباق داشته باشد.

۱-۱۰-۴- جلوگیری از افزایش کف نویز شبکه

این موضوع در راه کارهایی مانند تقویت کننده‌ها حائز اهمیت است؛ زیرا این دستگاه‌ها بدون رعایت مکانیزم‌های کنترل توان، نه تنها سیگنال، بلکه نویز موجود در محیط را نیز تقویت می‌کنند و این امر باعث افزایش کف نویز^۳ در BTS اصلی شده و منجر به کاهش کارایی شبکه برای تمام کاربران می‌شود. بر اساس تصمیم CRA-DEC 5009-01 و استانداردهای بین‌المللی مانند ETSI EN 303 609 و ITU-R SM.329، تجهیزات IBS باید به گونه‌ای طراحی و تنظیم شوند که مکانیزم ULPC ذاتی شبکه و تجهیزات سیم کارت خور سمت کاربر دچار اختلال نشود تا اطمینان حاصل شود که سیگنال‌های دریافتی از کاربران داخلی به درستی مدیریت شده و از افزایش بی‌جای سطح نویز در شبکه ماکرو جلوگیری شود. هم‌چنین، رعایت حداقل فاصله بین آنتن‌های داخلی و خارجی، استفاده از فیلترهای شبکه رادیویی و انتخاب دقیق باند کاری، اقداماتی است که در مرحله طراحی و نصب باید لحاظ شود تا از ایجاد پدیده‌هایی مانند پدیده انسداد گیرنده^۴ و بروز ناپایداری بهره توان داخلی در تقویت کننده نیز جلوگیری شود.

در IBS، الزامات «جلوگیری از افزایش کف نویز شبکه» و «کنترل توان فراسو در ULPC» به هم مرتبط هستند، اما هر کدام جنبه متفاوتی از یک مشکل فنی را پوشش می‌دهند. ULPC به مکانیزم مدیریت هوشمند توان خروجی گوشی کاربران در مسیر فراسو اشاره دارد و اطمینان حاصل می‌کند که گوشی‌ها فقط به اندازه لازم توان خود را بالا ببرند. این موضوع مستقیماً با عملکرد شبکه و تعامل آن با تجهیزات IBS مثل تقویت کننده و سیستم DAS ارتباط دارد. از طرف دیگر، افزایش کف نویز شبکه اشاره به تداخل و نویز کلی دریافتی توسط BTS از تمام منابع دارد، اعم از گوشی‌های کاربران، تجهیزات IBS، و حتی تجهیزات الکترونیکی غیرشبکه‌ای. بنابراین، عدم حفظ ULPC در راه کارهای IBS می‌تواند منجر به

^۱ مانند گوشی تلفن همراه، تبلت، مودم و موارد دیگر. در مستندات انگلیسی به آن UE یا User Equipment گفته می‌شود.

^۲ کنترل سطح خودکار یا Automatic Level Control، وظیفه اصلی ALC پایش توان خروجی دستگاه است. در صورتی که سیگنال ورودی بیش از حد قوی شود (مثلاً زمانی که کاربر با گوشی خود به آنتن داخلی خیلی نزدیک می‌شود یا سیگنال سایت مادر نوسان شدید دارد)، به طور خودکار بهره (Gain) تقویت کننده را کاهش دهد. این مکانیزم در تقویت کننده‌ها نقشی حیاتی دارد.

^۳ Noise Floor Increase

^۴ Receiver Blocking

افزایش کف نویز شبکه ماکرو شود، اما افزایش کف نویز تنها ناشی از عدم رعایت ULPC نیست و ممکن است از دلایل دیگری مثل بروز ناپایداری بهره توان داخلی در تقویت کننده، عدم آزمون EMC، یا وجود تجهیزات بدون مجوز نیز ناشی شود. به همین دلیل، ULPC بخشی از راه حل برای جلوگیری از افزایش کف نویز است، اما جلوگیری از افزایش کف نویز شبکه یک مسئله عمومی تر است که شامل رعایت تمام الزامات فنی و EMC در تمامی راه کارهای IBS می شود.

۱-۳-۵- جلوگیری از بروز ناپایداری بهره توان داخلی و بازخورد

در راه کارهای IBS، یکی از ملاحظات فنی حیاتی، جلوگیری از بروز ناپایداری بهره توان داخلی در تقویت کننده است. ناپایداری زمانی رخ می دهد که سیگنال آنتن خروجی یا فراسو به صورت ناخواسته به آنتن ورودی یا فرسو بازخورد داده شود و بهره کلی سیستم از تلفات مسیر فراتر رود؛ این امر منجر به تولید سیگنال های غیرقابل کنترل و اختلال جدی در شبکه ماکرو می شود. برای جلوگیری از این پدیده، الزاماتی مانند رعایت حداقل فاصله بین آنتن های داخلی و خارجی، استفاده از فیلترهای فرکانسی مجزا و نصب تجهیزات دارای مکانیزم های تشخیص و مهار ناپایداری بهره^۱ تعیین شده است. همچنین، طراحی دقیق شبکه رادیویی و محاسبه بودجه پیوند به همراه آزمون های میدانی قبل از راه اندازی نهایی، نقش کلیدی در شناسایی و رفع این مشکل دارد. بنابراین، تمامی راه کارهای IBS، به ویژه در ساختمان های دولتی و عمومی، باید دارای طراحی صحیح آنتنی و دوری از شرایط بازخورد الکترومغناطیسی باشد تا از بروز اختلال در شبکه موبایل و عدم رضایت کاربران جلوگیری شود.

۱-۳-۶- انطباق با استانداردها و الزامات EMC

یکی از مهم ترین ملاحظات فنی و رگولاتوری انطباق با الزامات EMC است. عدم رعایت این الزامات می تواند منجر به تداخل با شبکه ماکرو، اختلال در عملکرد تجهیزات حساس داخلی (مانند تجهیزات پزشکی یا صنعتی)، و همچنین افزایش سطح تشعشع الکترومغناطیسی برای کاربران شود. تمامی راه کارهای IBS، اعم از سیستم DAS، فمتوسل، تکرارکننده و تقویت کننده باید دارای گواهی EMC و انطباق با استانداردهای شبکه رادیویی مانند ETSI EN 303 609، ITU-R، SM.329، FCC Part 20 (به عنوان مرجع تطبیقی بین المللی) و همچنین الزامات داخلی ایران شامل استاندارد ملی ۸۵۶۷ و ابلاغیه سازمان انرژی اتمی ایران باشند. علاوه بر این، در مرحله نصب و راه اندازی، رعایت فاصله ایمن آنتن ها، استفاده از فیلترهای سیگنال رادیویی، و آزمون دوره ای سیگنال برای اطمینان از عدم افزایش چگالی توان سیگنال رادیویی و جلوگیری از تداخل با BTS های شهری، باید انجام شود. بنابراین، مدیریت صحیح EMC در تمام مراحل طراحی، نصب، آزمون و نگهداری سیستم، نقش کلیدی در تضمین کیفیت خدمات، ایمنی عمومی و رعایت مقررات قانونی دارد.

۱-۳-۷- الزامات ایمنی

در اجرای راه کارهای IBS، به منظور حفظ سلامت عمومی، باید ضوابط ایمنی رعایت شود. در مواردی که تجهیزات رادیویی شامل تقویت کننده ها و آنتن ها در ساختمان های گروه ۱ تا ۳ جدول (۱-۴) و در نزدیکی تجهیزات الکترونیکی حساس مانند MRI و سیستم های صنعتی دقیق هستند، باید حریم فیزیکی با تجهیزات مذکور مطابق مشخصات فنی آنها رعایت شود. اپراتور مسئول است در تمامی مراحل طراحی، نسبت به رعایت EMC از لحاظ فاصله ایمن با انسان ها و تجهیزات ساختمان، ارزیابی و شبیه سازی لازم را انجام دهد.

^۱ Oscillation Detection & Suppression

در ادامه چک لیست پیشنهادی برای کنترل شرایط ایمنی ارایه شده است:

(۱) ارزیابی EMF و فاصله ایمن

- محاسبه چگالی توان مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۸۵۶۷ انجام شود.
- فاصله ایمن از آنتن‌ها مطابق ابلاغیه ۲۳۵۸۳۶ سازمان انرژی اتمی رعایت شود.
- در ساختمان‌های گروه ۱ (بیمارستان/مرکز داده): فاصله ایمن مطابق مشخصات سازنده تجهیزات حساس (MRI، سرورها) رعایت شود.

(۲) اندازه‌گیری EMF

- تیم فنی اپراتور محاسبات و اندازه‌گیری‌های EMF را انجام دهد.
- این محاسبات باید با حدود و دستورالعمل‌های اعلام شده توسط سازمان انرژی اتمی تطابق داشته باشد.
- نتیجه در قالب گزارش فنی، تهیه می‌شود و مسئولیت رعایت آن بر عهده اپراتور است.

(۳) تجهیزات حساس، ویژه گروه ۱ و ۲ جدول (۱-۴)

- فهرست تجهیزات حساس ساختمان (MRI، ECG، سیستم‌های کنترل صنعتی) تهیه شود.
- آزمون EMC با حضور متخصص تجهیزات حساس انجام شود.
- هماهنگی با واحد فنی (بیمارستان/مرکز داده) قبل از نصب انجام شود.
- روش قطع اضطراری تجهیزات IBS در اتاق تجهیزات مشخص شود.

(۴) کنترل دسترسی و ایمنی فیزیکی

- اتاق تجهیزات دارای قفل امنیتی و ثبت ورود/خروج است.
- علائم «اتاق تجهیزات - ورود با هماهنگی» نصب شود.
- دسترسی فقط توسط پرسنل مجاز (اپراتور/بهره‌بردار)؛
- در ساختمان‌های گروه ۱: هماهنگی با واحد امنیت برای دسترسی انجام شود.

(۵) مستندات و گزارش‌دهی

- گزارش آزمون EMF در زمان راه‌اندازی تهیه شود.
- گزارش آزمون EMC با تجهیزات حساس (در صورت وجود) تهیه شود.
- برنامه بازرسی دوره‌ای سالانه EMF تعریف شود.
- مستندات شامل نقشه محل نصب آنتن‌ها و محدوده پوشش تحویل داده شود.

(۶) آموزش و آگاهی

- آموزش ایمنی تجهیزات رادیویی به پرسنل نگهداری ساختمان ارایه شده است.
- دستورالعمل اقدامات اضطراری در دسترس پرسنل قرار داده شده است.
- شماره تماس اضطراری اپراتور و بهره‌بردار در اتاق تجهیزات نصب شده است.

(۷) الزامات ویژه گروه ۱ (بیمارستان/مرکز داده)

- آزمون تداخل با تجهیزات پزشکی/IT قبل و بعد از نصب انجام شده است.
- تاییدیه کتبی از مدیر فنی (بیمارستان/مرکز داده) اخذ شده است.
- نصب آنتن‌ها در راهروها (نه داخل اتاق‌ها).
- توان خروجی آنتن‌های نزدیک تجهیزات حساس حداقل سازی شده است.

۱-۱۰-۴- الزامات رگولاتوری و قانونی

تمامی تجهیزات استفاده شده در این راه کارها، اعم از تقویت کننده‌ها، سیستم DAS و سلول‌های کوچک، باید دارای گواهی تایید نمونه از سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی بوده تا از نظر فنی و قانونی قابل بهره‌برداری باشد. همچنین باید در خصوص حدود تشعشع و ایمنی پرتو، استاندارد ملی ایران به شماره ۸۵۶۷ رعایت شود.

خواننده گرامی

امور نظام فنی و اجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور، با گذشت بیش از پنجاه سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر نهصد عنوان تخصصی - فنی، در قالب آیین نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی، نشریه و مقاله، به صورت تالیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. آیین نامه حاضر در راستای موارد یاد شده تهیه شده است تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت های ساخت و ساز کشور به کار برده شود. فهرست ضوابط و نشریه های منتشر شده در سال های اخیر در نشانی nezamfanni.ir برای عموم و به رایگان قابل دسترسی است.

Islamic Republic of Iran
Plan and Budget Organization

Iran Radio Communications Regulations

Part 1: In-Building Radio Communication Solutions

IR-Code 700-1

Edition: 06-06-2026

**Deputy of Technical, Infrastructure
and Production Affairs**

**Department of Technical & Executive
Affairs**

nezamfanni.ir

**Road, Housing & Urban
Development Research Center**

Department of Research

bhrc.ac.ir

Communications Regulatory Authority

Deputy for Radio Affairs

cra.ir

2026

این آیین نامه

با عنوان راه کارهای ارتباطات رادیویی درون ساختمانی، در راستای گردآوری راه کارهای تامین پوشش و ظرفیت شبکه تلفن همراه در فضاهای داخل ساختمان تدوین شده است. مطالب ضابطه در ده بخش شامل دامنه پوشش؛ تعاریف و اصطلاحات؛ مستندات بالادستی؛ ویژگی ها و مقایسه سلول ها؛ سیستم آنتن های توزیع شده (DAS)؛ تقویت کننده؛ تعیین منبع و فناوری توزیع سیگنال؛ توضیحات فنی راه کارهای IBS؛ فرآیند انجام کار و معرفی مقررات، تنظیم شده است. مطالب مورد بحث در هر بخش، متناسب با موضوع، دامنه کاربرد، الزامات فنی و اجرایی، مسئولیت عوامل، معیارهای طراحی و ضوابط رگولاتوری را دربر می گیرد و همراه با تصاویر، جداول و توضیحات لازم، جزئیات هر موضوع را بیان می کند.