



بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

# سازه‌برج‌ها و دکل‌های مخابراتی

تألیف و ترجمه: مهندس سید محی‌الدین ثقت‌الاسلام

سرشناسه	: ثقت الاسلام، محی الدین، ۱۳۳۹ -
عنوان و نام پدیدآور	: سازه برج‌ها و دکل‌های مخابراتی: ویژه مهندسين سازه و مخابرات/ تالیف و ترجمه سید محی الدین ثقت الاسلام.
مشخصات نشر	: تهران : نوآور، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری	: ۲۰۸ ص.
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۱۸۷-۵
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
موضوع	: دکل‌های رادیو و تلویزیون
رده بندی کنگره	: TK ۶۵۶۵/۷ ۱۳۹۳
رده بندی دیویی	: ۳۸۲۳/۶۲۱
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۵۳۷۴۹۱

## سازه برج‌ها و دکل‌های مخابراتی

مهندس سید محی الدین ثقت الاسلام

نوآور

۱۰۰۰ نسخه

محمد رضا نصیرنیا

۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۱۸۷-۵

تألیف و ترجمه:

ناشر:

شمارگان:

مدیر تولید:

شابک:



### نمایشگاه دائمی و مرکز فروش:

نوآور: تهران - خ انقلاب، خ فخررازی، خ شهدای ژاندارمری نرسیده به خ دانشگاه ساختمان ایرانیان،

پلاک ۵۸، طبقه دوم، واحد ۶

تلفن: ۶۶۴۸۴۱۸۹

[www.noavarpub.com](http://www.noavarpub.com)

کلیه حقوق چاپ و نشر این کتاب مطابق با قانون حقوق مؤلفان و مصنفان مصوب سال ۱۳۴۸ برای ناشر محفوظ و منحصراً متعلق به نشر نوآور می‌باشد. لذا هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از این کتاب (از قبیل هر نوع چاپ، فتوکپی، اسکن، عکس برداری، نشر الکترونیکی، هر نوع انتشار به صورت اینترنتی، سی دی، دی وی دی، فیلم فایل صوتی یا تصویری و غیره) بدون اجازه کتبی از نشر نوآور ممنوع بوده و شرعاً حرام است و متخلفین تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

## پیشگفتار

اهمیت تبادل اطلاعات و نقش سیستم‌های مخابراتی و خبررسانی، امروزه بر همگان آشکار می‌باشد، به گونه‌ای که عصر حاضر، دوران انقلاب اطلاعاتی نامیده شده است.

در این میان رادیو و تلویزیون، اهمیت ویژه‌ای را در رساندن اخبار و اطلاعات به اقصی نقاط جهان دارا بوده، و اثرات فرهنگی عظیمی در جامعه بر جای می‌گذارد. هم‌اینک با استفاده از پیشرفتهای تکنولوژی چند دهه اخیر، روز به روز بر حیطه عمل و کارآیی این تاسیسات افزوده شده و با بکارگیری ماهواره‌های مخابراتی، امکان پوشش جهانی برای فرستنده‌ها بوجود آمده است. در این میان نیاز به آنتن‌های فرستنده زمینی و احداث دکل‌ها و برج‌های فلزی و بتونی، برای نصب آنتن‌های فرستنده جهت رساندن امواج به گیرنده‌های متعارف، ضروری می‌باشد.

به دلیل نیاز به کسب اطلاعات تخصصی در زمینه آنتن‌های موجود، انجمن رادیویی اروپا برای تمام مسئولین و رؤسای بنگاه‌های رادیو تلویزیونی سراسر جهان پرسش‌نامه‌ای فرستاد، و طی آن راجع به انواع برج‌ها، دکل‌ها، آنتن‌ها و فیدرهای مورد استفاده در باندهای VHF و UHF اطلاعاتی را جویا شد. پاسخ‌های رسیده، طیف وسیع و گسترده‌ای از طرح‌ها را در بر میگرفت، و از اهمیت نسبی عوامل تعیین کننده نوع سازه‌های مورد استفاده، حکایت میکرد.

در جریان این تحقیق، دو گرایش یا روند عمده آشکار شد. یکی استفاده از سایت و سازه مربوطه برای خدمات غیر مخابراتی، و دیگر توجه روزافزون به محافظت سیستم‌های آنتن در قبال تاثیرات منفی اقلیمی. اولین گرایش، باعث بوجود آمدن سازه‌هایی نظیر برج‌های بتونی مجهز به ایوان‌های عمومی تماشای مناظر و مرايا، طبقه ارتباطات میکروویو و مراکز اداری مربوطه گردیده است، و دومین گرایش، به تاثیر خواص مصالح فایبرگلاس با اتصالات رزینی و پیشرفت‌های حاصله در ساخت آن‌ها، بر می‌گردد. انتظار می‌رود استفاده از بتن مسلح در سازه‌های مرتفع و نیز فایبرگلاس بعنوان مصالح سازه‌ای، در جریان توسعه سریع و پیشرفت‌های مهم، بعنوان تکنیکی رو به رشد، مورد استفاده قرار گیرند. علی‌ایحال، مصالح سنتی یعنی فولاد گالوانیزه هم در اشکال مقاطع زاویه دار (مانند نشی)، بصورت میله‌ای و هم بصورت صفحه‌ای، در درجه اول اهمیت قرار دارند. در اینجا لازم به ذکر است که شیوه‌های اتصال در حال تغییر و دگرگونی هستند، هم در اتصالات پیچ و مهره‌ای و هم در اتصالات پرچی. اگرچه از اتصالات جوش هم استفاده می‌شود، تا باعث کاهش وزن و سهولت ساخت، گردد.

امروزه مستمراً، به مسئله فشارهای حاصل از وزش باد بر مقاطع سازه‌ای و همچنین تعیین سرعت باد در سطح زمین و در سطوح سازه‌ای مورد نظر، جهت تعیین تنش‌های واقعی تولید شده در عناصر سازه‌ای توجه می‌شود. جلوگیری از بروز خوردگی در مصالح و ترکیبات مختلف، همچنین احتراز از تنش‌های ناشی از خستگی و انجماد، از جمله مواردی هستند که بیش از پیش تحت مطالعه قرار دارند و این امر، از تاثیر خاص تکنیکی آنها بر کل طرح و مسایل و مشکلات فنی موجود در طراحی جزئیات اجرایی آنتن‌ها، حکایت دارد.

با گسترش و توسعه اجتناب ناپذیر و دستیابی به باندهای با فرکانس بالا (یعنی باندهای IV/V برای پخش تلویزیونی، بطور خاص) ایستگاههای پخش و مخابره را باید در مکان‌هایی ساخت که ارتفاع موثر آنتن‌ها تا حد امکان، بالاتر از محیط پیرامون قرار گیرد، و همچنین رسانایی لایه‌های زیرین سطح زمین واجد اهمیت چندانی نباشد. این بدان معناست که در مواردی که نقاط مرتفعی موجود باشند باید تجهیزات را در آنجا نصب نمود و همانطور که می‌دانیم این نقاط دارای محدودیت‌های دسترسی و مشکلات حمل و نقل و دوری از تاسیسات برق می‌باشند، و در صورت عدم وجود نقاط مرتفع، می‌توان با بکارگیری دکل‌های مرتفع در زمین‌های مسطح و دشت مانند، به هدف مورد نظر دست یافت. ماهیت شبه نوری انتشار امواج UHF ممکن است منجر به سایه دار شدن تصویر در بخشی از مناطق خدماتی گردد و نتیجتاً استفاده از فرستنده‌های کوچک پخش مجدد (تقویت کننده) را الزامی گرداند.

هدف از انتشار این کتاب، ارائه تصویری کلی از پیشرفت این عوامل، با عطف به مثال‌هایی است که در رویه‌های جاری اروپا دیده می‌شود. اطلاعات حاضر می‌تواند راهنمای مفیدی برای حل مسئله و نیز مشخص ساختن چارچوب لازم برای پاسخگویی به این شرایط باشد. شایان ذکر است که هدف، ارائه تحلیلی از اطلاعات مربوط به طراحی نیست. هر چند که از لابلای سطور این نیت، آشکار است، با این وصف، اگر چه استاندارد کردن طرح پایه‌های نگاهدارنده آنتن‌ها بعید به نظر می‌رسد (اگرچه واقعاً مطلوب می‌باشد) اما ایجاد یک ارتباط منطقی بین تیپ انتخابی و کاربری موردنظر، می‌تواند برای سازمان‌های مخابراتی، مفید واقع شود.

همانطور که می‌دانیم، انتخاب سازه باید بر مبنای صرفه جویی اقتصادی صورت گیرد (هرچند قیمت گذاری بر روی ارزش مناطق مطلوب دشوار است)، اما همانطور که می‌دانیم هزینه اولیه هم همیشه هنگام بررسی طرح‌های مطلوب، مهمترین عامل محسوب نمی‌شود. یعنی زمانی که به دنبال طرح مطلوب هستیم، باید ابتدا با برنامه‌ریزی اولیه یک ایستگاه یا تاسیسات جدید، هزینه خاصی را تعیین و سپس در مراحل بعدی با در نظر گرفتن تغییرات احتمالی، ارزیابی هزینه مورد نظر را دوباره بازبینی کنیم.

کتاب حاضر، متشکل از دوازده فصل می‌باشد، که در هر یک از فصول، راجع به مسائل اجرایی، فنی و تکنیکی آنتن‌ها و همچنین پایه‌های نگاهدارنده آنها به تفصیل سخن رفته است، و در فصول نهم و دهم، به مبانی نظری مسائل مطروحه و همچنین به معرفی چند برج و دکل موجود اکتفا گردیده است. در انتهای کتاب، واژه نامه آنتن‌ها و تجهیزات مربوطه، جهت استفاده خوانندگان گرامی به مجموعه کتاب اضافه گردیده است.

به دلیل کمبود منابع فارسی در این زمینه، کتاب حاضر، شاید اولین کتابی باشد که در رابطه با جزئیات تکنیکی آنتن‌ها و پایه‌های نگاهدارنده آنها، به کندوکاو پرداخته و طبعاً سوژه آن بدیع می‌باشد.

امید است که این کتاب، اثری قابل استفاده برای دانشجویان و دانش پژوهان عزیز، بخصوص متخصصین رشته‌های مخابرات؛ الکترونیک و سازه باشد.

در خاتمه لازم به ذکر است که علیرغم دقت فراوان در امر تهیه و تنظیم مطالب، کتاب حاضر، بدون شک، خالی از اشکال نمی‌باشد، لذا انتظار ارشاد از طرف خوانندگان عزیز امری معقول و منطقی بنظر می‌رسد.

## فهرست مطالب

۹	فصل اول / تکنولوژی ارتباطات.....
۹	۱-۱ سیر تکاملی تکنولوژی ارتباطات.....
۹	۱-۱-۱ دوره تلگراف.....
۱۰	۱-۱-۲ دوره تلفن.....
۱۱	۱-۱-۳ دوره بی سیم.....
۱۲	۱-۱-۴ تلویزیون.....
۱۲	۱-۱-۵ رادار.....
۱۳	۱-۱-۶ دوره ماهواره.....
۱۴	۱-۱-۷ اینترنت.....
۱۵	۱-۲ آنتن و ارتباطات.....
۱۵	۱-۲-۱ امواج رادیویی.....
۱۵	۱-۲-۱-۱ پخش امواج.....
۱۶	۱-۲-۱-۲ ارسال امواج.....
۱۶	۱-۲-۱-۳ طول امواج.....
۱۷	۱-۲-۱-۴ شیوه‌های انتشار.....
۲۴	۱-۲-۱-۵ طیف فرکانس امواج رادیویی.....
۲۵	۱-۲-۲ ساختمان آنتن و انواع آن.....
۲۶	۱-۲-۲-۱ آنتن لوپ.....
۲۶	۱-۲-۲-۲ آنتن یک قطبی.....
۲۸	۱-۲-۲-۳ آنتن دی پل (دوقطبی).....
۲۹	۱-۲-۲-۴ آنتن یاگی.....
۳۰	۱-۲-۲-۵ آنتن سهموی.....
۳۱	۱-۲-۳ تقسیم‌بندی آنتن‌ها از نظر نوع و مقدار فرکانس.....
۳۲	۱-۲-۳-۱ آنتن‌های فرکانس بالا - HF.....
۳۲	۱-۲-۳-۲ آنتن‌های VHF/UHF.....
۳۲	۱-۲-۳-۳ آنتن‌های SHF یا آنتن‌های مایکروویو.....
۳۵	فصل دوم / عوامل موثر بر انتخاب تکیه‌گاه و تیپ ساختمان.....
۳۵	۲-۱ سایت و دسترسی.....
۳۸	۲-۲ پارامترهای آنتن.....
۳۸	۲-۲-۱ توان تشعشع موثر.....

۳۸	..... بهره آنتن	۲-۲-۲
۳۹	..... بهره موثر و بهره حقیقی	۲-۲-۲-۱
۴۰	..... الگوی تشعشع افقی	۲-۲-۲-۲
۴۱	..... نصب المانهای تشعشعی	۲-۲-۳
۴۲	..... نصب بر روی دکل‌های انتهایی	۲-۲-۳-۱
۴۶	..... نصب بر روی سازه اصلی	۲-۲-۳-۲
۴۷	..... استفاده از سازه نگاهدارنده آنتن برای عملکردهای دیگر	۲-۳
۵۱	..... ویژگی‌های سازه‌ای	۲-۴
۵۱	..... تیپ‌های عمده سازه‌ای	۲-۴-۱
۵۴	..... توسعه بعدی	۲-۴-۲
۵۵	..... فصل سوم / تاثیر عوامل اقلیمی بر طراحی سازه	
۵۵	..... بارهای باد و یخ	۳-۱
۵۵	..... محاسبه فشار باد	۳-۱-۱
۵۹	..... محاسبه بار ترکیبی ناشی از باد	۳-۱-۲
۶۰	..... ثبات باد	۳-۱-۳
۶۱	..... محافظت در برابر تغییرات جوی و آذرخش (برق آسمان)	۳-۲
۶۱	..... محافظت در برابر یخ	۳-۲-۱
۶۵	..... نفوذ هوای مرطوب	۳-۲-۲
۶۵	..... محافظت در برابر برق آسمان	۳-۲-۳
۷۰	..... فصل چهارم / مشخصات عمومی ساختمانی	
۷۰	..... برج‌های بتونی	۴-۱
۷۲	..... برج‌های مشبک فلزی خودایستا	۴-۲
۷۷	..... دکل‌های مشبک فلزی مهاری	۴-۳
۸۰	..... دکل‌های فلزی لوله‌ای مهاری	۴-۴
۸۲	..... سازه‌های فایبرگلاسی رزینی	۴-۵
۸۴	..... فصل پنجم / انتخاب ارتفاع پایه نگاهدارنده آنتن‌ها	
۸۴	..... ارتباط با بهره آنتن	۵-۱
۸۷	..... ارتباط با توپوگرافی منطقه تحت پوشش	۵-۲
۸۸	..... تاثیر انحراف دکل	۵-۳
۹۱	..... موانع سایت	۵-۴
۹۴	..... فصل ششم / وابستگی متقابل طراحی آنتن‌ها و نگاهدارنده‌های آنها	
۹۴	..... آنتن‌های با آرایش خطی و آنتن‌های دکل فوقانی	۶-۱
۹۷	..... پایداری سازه نگاهدارنده آنتن	۶-۲

۹۹	۶-۳ فیدرها.....
۹۹	۶-۳-۱ فیدرهای ابتدایی .....
۱۰۰	۶-۳-۲ فیدرهای مدرن.....
۱۰۲	<b>فصل هفتم / کاربرد همزمان دکل ها و برج های مخابراتی برای مقاصد دیگر.....</b>
۱۰۲	۷-۱ استفاده از یک دکل موجود فرستنده موج متوسط.....
۱۰۳	الف) سیم پیچی فیدر .....
۱۰۳	ب) اتصال بوسیله مبدل (ترانسفورماتور).....
۱۰۵	ج) نصب فیدر VHF یا UHF در فاصله معادل یک چهارم طول موج.....
۱۰۶	د) عایقکاری فیدر VHF در داخل دکل .....
۱۰۷	ه) تغذیه تابشگر دکل بصورت موازی .....
۱۰۸	۷-۲ دکل های مربوط به آنتن های تقویت رادیویی .....
۱۰۹	۷-۳ سایر تاسیسات مناسب برج ها.....
۱۱۰	<b>فصل هشتم / مسائل مربوط به تعمیرات و نگهداری .....</b>
۱۱۰	۸-۱ سازه های فولادی.....
۱۱۲	۸-۲ مهارها و تکیه گاه ها.....
۱۱۲	۸-۲-۱ مهارها .....
۱۱۳	۸-۲-۲ تکیه گاه ها.....
۱۱۳	۸-۲-۳ فونداسیون های تکیه گاه ها.....
۱۱۳	۸-۳ تنظیم کشش مهارها.....
۱۱۵	۸-۴ حفاظت آنتن ها.....
۱۱۵	۸-۵ تعمیر و نگهداری آنتن ها.....
۱۱۷	۸-۶ بازرسی و آزمایش فیدرها و آنتن ها.....
۱۱۸	<b>فصل نهم / مبنای محاسبات دکل ها و برج های فلزی .....</b>
۱۱۸	۹-۱ فشار دینامیک پایه ای.....
۱۲۱	۹-۲ ضریب آیرودینامیک.....
۱۲۲	۹-۳ تشکیل یخ .....
۱۲۳	۹-۴ ضریب فشار.....
۱۲۴	۹-۵ جابجایی جانبی مجاز.....
۱۲۴	۹-۶ ضریب اطمینان.....
۱۲۴	۹-۷ کشش مجاز فولاد.....
۱۲۵	۹-۸ فشار مجاز زمین .....
۱۲۶	<b>فصل دهم / هزینه نسبی و بررسی موردی سازه ها.....</b>
۱۲۶	۱۰-۱ هزینه نسبی انواع مختلف سازه ها.....

- ۱۰-۲-۱۰ نمونه‌هایی از برج‌ها و دکل‌های موجود..... ۱۲۹
- ۱۰-۲-۱-۱ برج بتونی دورتموند..... ۱۳۰
- ۱۰-۲-۲-۱ برج بتونی لندن (اداره پست بریتانیا)..... ۱۳۳
- ۱۰-۲-۳-۱ برج بتونی با دکل مهاری در لاپیک..... ۱۳۵
- ۱۰-۲-۴-۱ برج مشبک در کاخ کریستال لندن (بی بی سی)..... ۱۳۹
- ۱۰-۲-۵-۱ برج مشبک کرایدون (اداره تلویزیون مستقل)..... ۱۴۱
- ۱۰-۲-۶-۱ برج فولادی پیک دومیدی (سازمان رادیو تلویزیون فرانسه)..... ۱۴۴
- ۱۰-۲-۷-۱ برج‌ها و دکل‌های اداره مخابرات دانمارک..... ۱۴۸
- ۱۰-۲-۸-۱ دکل فولادی لوله‌ای تورفاس (بنگاه سخن پراکنی شمال آلمان)..... ۱۵۲
- ۱۰-۲-۹-۱ دکل فولادی لوله‌ای بانگزبرگ (بنگاه سخن پراکنی شمال آلمان)..... ۱۵۶
- فصل یازدهم / واژگان آنتن‌ها..... ۱۶۲**
- ۱۱-۱ اصطلاح‌های بنیادین برای آنتن‌ها و تجهیزات آنها..... ۱۶۲
- ۱۱-۲ ویژگی‌های الکتریکی یا پخش و دریافت در آنتن‌ها..... ۱۶۵
- ۱۱-۲-۱ اصطلاح‌های وابسته به مفهوم میدان..... ۱۶۵
- ۱۱-۲-۲ اصطلاح‌های مربوط به مفهوم توان..... ۱۷۱
- ۱۱-۳ انواع آنتن‌های تعریف شده توسط ویژگی‌های برقی یا تابندگی اشان..... ۱۷۶
- ۱۱-۴ اصطلاح‌های معین برای آنتن‌های شامل رساناهای تشعشع‌کننده (فرستنده و گیرنده)..... ۱۸۱
- ۱۱-۴-۱ سازه‌های (اندام‌های) تابش (تشعشع) کننده..... ۱۸۱
- ۱۱-۴-۲ جریان‌ها، امپدانس‌ها و مفاهیم نامی..... ۱۸۲
- ۱۱-۴-۳ دوقطبی‌ها، حلقه‌ها و آنتن‌های وابسته..... ۱۸۳
- ۱۱-۴-۴ تک قطبی‌ها و آنتن‌های نزدیک به زمین..... ۱۸۷
- ۱۱-۴-۵ آنتن‌های دیگر..... ۱۹۰
- ۱۱-۵ اصطلاح‌های ویژه برای آنتن‌ها شامل سطح پخش و دهانه‌ها (روزنه‌ها)..... ۱۹۲
- ۱۱-۵-۱ دهانه‌های پخش (تشعشع‌کننده - گیرنده فرستنده)..... ۱۹۲
- ۱۱-۵-۲ بازتابنده‌ها و آنتن‌های بازتاب دهنده..... ۱۹۳
- ۱۱-۵-۳ آنتن‌های شیپوری (شاخی)..... ۱۹۷
- ۱۱-۵-۴ عدسی‌ها و آنتن‌های عدسی دار..... ۱۹۹
- ۱۱-۵-۵ آنتن شکافی..... ۲۰۱
- ۱۱-۶ ابزارهای (دستگاه‌های - وسایل) همراه با آنتن‌ها..... ۲۰۱
- فصل دوازدهم / منابع و مآخذ..... ۲۰۶**
- ۱۲-۱ منابع و مآخذ انگلیسی..... ۲۰۶
- ۱۲-۲ منابع و مآخذ فارسی..... ۲۰۸



## فصل اول

# تکنولوژی ارتباطات

### ۱-۱ سیر تکاملی تکنولوژی ارتباطات

مسئله برقراری ارتباط با دیگران همواره ذهن بشر را به خود مشغول داشته است. سعی انسان از آغاز بر این بوده است که وسیله‌ای برای انتقال سریع پیام خود پیدا کند. این انگیزه باعث گردیده که دنیای ارتباطات، فراز و نشیب‌های فراوانی را طی کند و در هر دوره از تاریخ، وسیله و ابزار خاصی در این زمینه اختراع و مورد استفاده قرار گیرد. عصر حاضر، عصر ارتباطات ماهواره‌ای است و این تکنولوژی پیچیده و پیشرفته، دوران مختلفی را پشت سر نهاده است، که در این نوشتار نگاه مختصری به هر یک از آن‌ها خواهیم داشت.

#### ۱-۱-۱ دوره تلگراف

در آغاز قرن نوزدهم میلادی کوشش‌هایی برای انتقال پیام، با استفاده از جریان برق به عمل آمد. این کوششها تا سال ۱۸۳۷ میلادی نتیجه‌ای نداشت، تا آنکه "مورس" مخترع امریکایی دستگاهی ابداع کرد، که توسط آن می‌توانست یک پیام را از طریق ضبط بر روی کاغذ، انتقال دهد. او نخست یک سیستم کدگذاری طراحی نمود که بر طبق آن، حروف الفبا و اشکال بوسیله علامت‌هایی مرکب از نقطه و خط نشان داده می‌شدند.

بعدها تلگراف توسعه بیشتری یافت و انواع مختلف آن به شکل‌های گوناگون به بازار آمد. در واقع قدیمی‌ترین سیستم ارتباطی، تلگراف مورس بود که توسط مخترع آن "ساموئل مورس" به سال ۱۸۴۴ میلادی معرفی گردید. اولین جمله‌ای که بوسیله این سیستم مخابره گردید، عبارت بود از: "وه که پروردگار چه کارهای شگفتی دارد".

گرچه علائم ارتباطی که وسیله مبادله خبر و تفهیم و تفاهم مطالب، بین افراد است به آسانی می‌توانند از موانع طبیعی عبور کرده و فواصل طولانی را طی نمایند و اجتماعات مختلف انسانی را با یکدیگر مربوط سازند، ولی مرزهای قراردادی و ساخته و پرداخته دست انسانها،

که ملت‌ها را با آداب و رسوم و قوانین و زبان‌های مختلف از یکدیگر جدا ساخته است، بهره‌برداری عملی از این وسایل ارتباطی را بدون وضع مقررات مشابه و یکنواخت، و عقد قراردادهایی بین دولت‌ها غیرممکن می‌ساخت. از سال ۱۸۴۵، یعنی درست یکسال بعد از ارائه اختراع مورس، ضرورت وجود موافقت نامه‌ای بین المللی احساس شد. در آن روزها برای مخابره یک تلگرام فرضاً بین پاریس و برلین، ابتدا تلگرام از پاریس به مرز فرانسه و آلمان مخابره و در آنجا به مامورین مرزی آلمانی تسلیم می‌شد، و مامورین آلمانی ابتدا این تلگرام را به زبان آلمانی ترجمه و سپس به برلین مخابره می‌کردند.

با این ترتیب علائم تلگرافی که می‌توانست با سرعت نور در فضا طی طریق کند، به مقدار زیادی دستخوش کندهی و رکود می‌شد. تلاش انسان برای پیروزی بر چنین مشکلاتی موجب پیدایش قراردادهای بین المللی ارتباطات و نیز تاسیس سازمانها و اتحادیه‌ها و ارگانهای جهانی شد.

## ۲-۱-۱ دوره تلفن

تلفن از نظر لغوی مرکب از دو کلمه یونانی "تله" به معنی "دور" و "فون" به معنی "صوت" می‌باشد، که بوسیله آقای وینسون ساخته و از سال ۱۸۴۹ مورد استفاده قرار گرفته است. تلفن از جهت فنی، دنباله تلگراف شمرده می‌شود، ولی از جهت تاریخ، مقدم بر آنست، و حتی ایرانیان باستان در سال ۵۵۸ قبل از میلاد مسیح، گروهی از مردان دارای صدای قوی را در بالای ساختمانها می‌نشانند تا مطالب لازم را دهان به دهان به مقصدهای مورد نظر برسانند. در سال ۱۸۵۷ میلادی گروه زیادی از دانشمندان و مهندسين در راه تکمیل تلفن و اختراع وسایل آن، زحمت کشیدند و انواع مختلفی از تلفن ساخته شد، ولی هیچکدام از اختراعات مزبور، مورد توجه مردم قرار نگرفت. تا زمانی که یک جوان انگلیسی قدم به میدان نهاد و این افتخار را نصیب خود کرد. این جوان، الکساندر گرایام بل<sup>۱</sup> می‌باشد، که در سال ۱۸۴۶ در شهر ادینبورگ، به دنیا آمد. وی پس از خاتمه تحصیلات در سال ۱۸۷۰ به کانادا رفت و سپس مقیم بوستون شد. گرایام در انواع مختلف ناشنوایی‌ها مطالعه نمود و از همین راه به اختراع تلفن، موفق گردید. گرایام بل، با دوست و همکار خود "واتسون"، کارهایش را دنبال می‌کرد. روزی واتسون در اتاق جداگانه‌ای در برابر دستگاهی که به دست گرایام بل ساخته شده بود، قرار گرفت و دستورهای استاد خویش را بکار می‌بست، ناگهان از آن سوی دستگاه صدای دوست خود را شنید که می‌گوید: "آقای واتسون بیائید با شما کار دارم"، وی فوراً از جای برخاست و بسوی اتاق بل دوید و فریاد زد: "صدای شما را شنیدم". با این ترتیب نخستین عبارت تلفنی دنیا در روز دهم مارس ۱۸۷۶ میلادی مطابق با بیستم اسفند ۱۲۵۴ شمسی در شهر بوستون بر روی سیمی رویین از اتاقی به اتاق دیگر منتقل شد. تلفن اختراعی بل، خیلی ساده بود و گفتگو

1. Alexander Graham Bell

کردن با آن بایستی با تناوب صورت می‌گرفت، یعنی گوشی و میکروفون آن بطور مجزا کار می‌کرد و هنگام تکلم یک طرف، طرف دیگر بایستی گوش میداد. تلفن، اولین اختراع "بل" نبود، بلکه چندی قبل از آن، میکروفون زغالی نیز توسط او اختراع شده بود. به دنبال سالها بهره برداری از این سیستم، استروگر<sup>۱</sup>، که خانمش یک تلفن چی بود، در حدود سال ۱۸۹۱ میلادی موفق به اختراع سیستم خودکار تلفن گردید، و از این لحظه به بعد مخابرات تلفنی توسعه یافت و انواع مختلف مراکز خودکار مغناطیسی ساخته و در اختیار مردم دنیا قرار گرفت، و فاصله‌ها کوتاه شد.

### ۳-۱-۱ دوره بی سیم

یکی از مراحل اساسی در پیشرفت مخابرات، کشف امواج رادیویی می‌باشد. در سال ۱۸۶۰ میلادی "جیمز کلرک ماکسول"<sup>۲</sup> فیزیکدان و ریاضیدان اسکاتلندی و استاد فیزیک تجربی دانشگاه آکسفورد، تئوری امواج الکترومغناطیسی را برای نخستین بار عرضه نمود. بر اساس این نظریه، امواج الکترومغناطیس بر حسب فرکانس‌ها یا طول موجهای مختلف خود، بشرح زیر طبقه‌بندی گردیدند:

امواج گاما با فرکانس‌های فوق‌العاده زیاد و طول موج بسیار کم (کمتر از میلیونیم متر) امواج ایکس با فرکانس‌های کمتر از گاما، که امروزه کاربردهای پزشکی فراوانی پیدا کرده است.

امواج ماوراءبنفش، و سپس طیف امواج الکترومغناطیسی باند مرئی، که شامل انواع رنگ‌های قابل مشاهده با چشم معمولی است.

بعد از آن به امواج مادون قرمز می‌رسیم، که طول موج آنها بتدریج باز هم افزایش می‌یابد، در حالیکه از فرکانس آنها برعکس، کاسته می‌شود.

بالاخره باند وسیع امواج رادیویی مطرح می‌شود، که شامل طول موج‌های میلیمتری، سانتیمتری و حتی چند صد متری می‌گردد.

"هنریش هرتز"<sup>۳</sup> مهندس و فیزیکدان آلمانی طی آزمایشاتی که به منظور تأیید نظریه الکترومغناطیسی ماکسول، انجام میداد موفق شد برای اولین بار امواج رادیویی را در آزمایشگاه تولید کند، در پی آن و در سال ۱۸۹۵ میلادی مارکنی ایتالیائی برای نخستین بار از امواج رادیویی بصورت عملی بهره گرفت، و اولین آزمایش عملی بی سیم را انجام داد. او ابتدا موجی را از یکسوی خانه خود به سوی دیگر فرستاد و بتدریج بر فاصله بین فرستنده و گیرنده امواج رادیویی تولیدی خود افزود، تا به حد فاصله اقیانوسی رسید.

1. Almon Strowger  
2. James Clerk Maxwell  
3. Heinrich Hertz

هفتاد سال پس از آن تاریخ، مخابرات رادیویی بصورت امری عادی در ارتباطات بین قاره‌ای و بین اقیانوسی درآمد و طی این مدت دستگاه‌های گیرنده و فرستنده نیز دستخوش تغییرات و پیشرفت‌های قابل ملاحظه‌ای گردیدند. نخستین دستگاه‌های پخش منظم رادیویی در سال ۱۹۲۰ میلادی در انگلستان بکار افتاد.

#### ۴-۱-۱ تلویزیون

اساس کار تلویزیون بر مبنای انتقال صحنه‌های ساکن یا متحرک بوسیله برق و معمولاً توسط امواج الکترومغناطیسی، به منظور رویت لحظه‌ای آنها استوار است. در پخش رادیویی صداها، موسیقی یا گفتار، توسط رشته‌ای از امواج که فقط نظم زمانی دارند، منتقل می‌شوند، حال آنکه در انتقال صحنه‌ها، نظم زمانی و فضایی، هر دو باید رعایت گردد. انتقال این نظم و ترتیب به روش خاصی که "تقطیع" نام دارد، صورت می‌گیرد. در این روش، تصویر صحنه را به قطعات کوچکی تقسیم کرده و این قطعات را یکی پس از دیگری منتقل می‌نمایند. دستگاه گیرنده، آنها را بهمان ترتیب می‌گیرد و بهمان شکل و ترتیب اولیه در کنار هم قرار می‌دهد و نهایتاً تصویر به رویت بیننده می‌رسد.

رشته اکتشافاتی که منجر به اختراع تلویزیون کنونی گردید، با کشف عنصر "سلنیوم" توسط "برزیوس" در سال ۱۸۱۷ میلادی آغاز شد. در سال ۱۸۷۳ معلوم گردید که اگر نور به سلنیوم بتابد، برق را بهتر هدایت می‌کند، و این امر بر اهمیت عنصر مذکور افزود. در تلویزیون‌های اولیه، از این عنصر استفاده می‌شد. در سال ۱۹۲۶ میلادی تلویزیون‌هایی براساس تقطیع مکانیکی، به معرض نمایش گذاشته شدند. اما در سال ۱۹۲۸ "زوریکین" تلویزیونی براساس تقطیع الکترونیکی به ثبت رسانید، که طریق تقطیع مکانیکی را منسوخ مینمود. در سالهای دهه ۴۰ - ۱۹۳۰ وسایل تلویزیون در آزمایشگاه‌ها تکمیل شد، و بالاخره در سال ۱۹۴۵ میلادی تلویزیون به بازار آمد. تلویزیون رنگی نخستین بار در سال ۱۹۲۹ میلادی به نمایش گذاشته شد، ولی اولین اقدام جدی برای تولید تجارتي آن در سال‌های ۴۱ - ۱۹۴۰ صورت گرفت، و نخستین ارسال تصاویر رنگی از سال ۱۹۵۳ میلادی آغاز گردید.

#### ۵-۱-۱ رادار

رادار از حروف اول کلمات Radio Detecting and Ranging به معنی آشکار سازی و فاصله یابی رادیویی، بدست آمده، و به منظور آشکار ساختن وضع و حرکت و ماهیت یک شیء دور، بوسیله امواج رادیویی منعکس شده از سطح آن، بکار می‌رود. رادار طی سالهای ۱۹۳۰-۱۹۴۰ در چند کشور به طور جداگانه تکامل یافت، و مورد استفاده قرار گرفت.

عمده ترین موارد استعمال رادار در دفاع نظامی و برای هدایت هواپیماها و کشتی ها، در هوای مه آلود است. در اوایل، رادارها در فرکانس های پایین با طول موج زیاد (دهها متر) کار می کردند، و به لحاظ بالا بودن طول موج، لازم بود اولاً آنتن ها در ارتفاعات بالاتری قرار گیرند، و ثانیاً میزان دیرکتیویته<sup>۱</sup> آنتن ها خیلی کم بود. اما بعدها بتدریج فرکانس ها افزایش یافت و دیرکتیویته آنتن ها زیادتر شد، و طول موج ها به حدود ۱۰ سانتیمتر کاهش یافت، و امروزه حتی از این نیز کمتر شده است.

طول موج های بکار رفته در انواع رادارها، از چند میلیمتر تا چندین متر متغیر می باشد، و این در صورتی است که شئی در منطقه دید رادار قرار گیرد. در سالهای اخیر، رادارهایی ساخته شده که عمل آشکار سازی را حتی روی اشیایی که در دید مستقیم نباشند، نیز انجام می دهد. طول موج مورد استفاده در این نوع رادارها، دهها متر می باشد.

رادار در شرایط کنونی کاربردهای فراوانی دارد، که مهمترین آنها، عبارتند از جمع آوری اطلاعات فضایی، اطلاعات روی سطح زمین و دریاها، کشف منابع طبیعی زیرزمینی، استقرار سفینه های فضایی در سایر کرات، اندازه گیری سرعت اشیاء در حال حرکت، نقشه برداری هوایی و زمینی، ترافیک هوایی و دریائی، هواشناسی، ردیابی هواپیماها و غیره.

#### ۶-۱-۱ دوره ماهواره

می توان گفت عصر مخابرات فضایی در خلال روزهای دهم و یازدهم ژوئیه سال ۱۹۶۲ میلادی (زمانیکه از طریق ماهواره های مخابراتی بر فراز اقیانوس اطلس تصاویر تلویزیونی مشاهده گردید)، آغاز می شود، که در واقع اولین اقدام جهت ارسال پیام و تصویر از طریق ماهواره در سطح جهانی بود. قبل از ژوئیه سال ۱۹۶۲ میلادی چندین ماهواره به فضا فرستاده شده بود، که هر کدام ماموریت های مختلفی داشتند، و بعضی موفق بودند، و بعضی ناموفق و بعد از مدتی از بین رفتند. از آن زمان تاکنون مخابرات فضایی بطور گسترده ای در سرتاسر دنیا توسعه یافته، بطوری که امروزه تقریباً تمام کشورهای جهان به نحوی از این تکنولوژی بهره می گیرند.

قبل از آن نیز تحقیقات وسیعی به عمل آمده بود. در سال ۱۹۴۵ میلادی یک کارشناس ارتباطات رادیویی انگلیس، بنام "آرتور کلارک" تحقیقاتی انجام داد و کتابی معروف در زمینه پرتاب و استفاده از ماهواره های مخابراتی در مدار سنکرون، و ارتباط آنها با ایستگاههای زمینی، به چاپ رساند. در سال ۱۹۵۵ میلادی مدیر علمی آزمایشگاه بل در آمریکا، در کتاب خود، محاسبات پارامترهای استفاده از ماهواره ها و ترافیک های مخابراتی را تعیین، و به چاپ رسانید. به دنبال این نظریات و تحقیقات، اولین ماهواره مخابراتی بنام "اسپانیک ۱"<sup>۲</sup> با وزن ۸۳/۶

1. Directivity  
2. Sputnik 1