

اصول و مبانی طراحی لینک‌های تاکتیکی در ارتباطات پهنپادی

تألیف:

حامد احمدیان یزدی

مهدی چراغی

سید محمد صباغ جعفری



سرشناسه: احمدیان، حامد، ۱۳۶۲-، گردآورنده
عنوان و نام پدیدآور: اصول و مبانی طراحی لینک‌های تاکتیکی در ارتباطات پهپادی / گردآوری و تالیف حامد احمدیان یزدی، مهدی چراغی، سیدمحمد صباغ‌جعفری.
مشخصات نشر: تهران: شرکت هوافضای برآ، انتشارات هوانورد، ۱۴۰۰.
مشخصات ظاهری: ۳۸۹ص. مصور، جدول، نمودار.
شابک: 978-622-7590-25-8
وضعیت فهرست نویسی: فیبا
یادداشت: کتابنامه: ص. ۳۵۸ - ۳۷۳.
موضوع: پهپاد -- سامانه‌های کنترل Drone aircraft -- Control systems
شناسه افزوده: چراغی، مهدی، ۱۳۶۳-، گردآورنده
شناسه افزوده: صباغ‌جعفری، سیدمحمد، ۱۳۵۳-، گردآورنده
رده بندی کنگره: UG ۱۲۴۲
رده بندی دیویی: ۶۲۳ / ۴۷۶۹
شماره کتابشناسی ملی: ۸۵۵۰۱۳۹
اطلاعات رکورد کتابشناسی: فیبا



نام کتاب: اصول و مبانی طراحی لینک‌های تاکتیکی در ارتباطات پهپادی

تألیف: حامد احمدیان یزدی، مهدی چراغی، سید محمد صباغ جعفری

ناشر: هوانورد

نوبت چاپ: اول

سال چاپ: ۱۴۰۰

شمارگان: ۵۰۰

قیمت: ۱۰۰۰۰۰۰ ریال

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۷۵۹۰-۲۵-۸

◀ کلیه حقوق چاپ برای ناشر محفوظ است. نقل مطالب فقط با ذکر مشخصات کامل کتاب

و با اشاره به نام ناشر مجاز است.

◀ برای تهیه این کتاب می‌توانید به وبگاه WWW.AEROSHOP.IR مراجعه کنید.

یا با شماره تلفن ۷۷۸۵۰۲۵۹ - ۰۲۱ تماس حاصل فرمائید.

پیشگفتار

با پیشرفته فناوری‌های به کار رفته در تسلیحات و تجهیزات جنگی، محیط واقعی و صحنه نبرد بسیار پیچیده شده است. اهمیت لینک‌های داده تاکتیکی در موفقیت یک مأموریت غیرقابل انکار است. هر چه فناوری‌های به کار رفته در عملیات رشد می‌یابد، جنگ به سمت شبکه‌محور شدن در حرکت بوده و متناسب با آن حجم داده‌های مبادله شده به صورت نمایی رشد می‌یابد. برای پاسخ‌گویی به چنین شرایطی به شبکه‌هایی منعطف، مقاوم، مقیاس‌پذیر و دارای نرخ موردنیاز بر بستر لینک‌های ارتباطی برترساز نیاز است.

به کارگیری پهپاد در کاربردهایی همچون مراقبت، شناسایی، جمع‌آوری اطلاعات، عملیات‌های انهدام تجهیزات، سامانه‌ها و زیرساخت‌ها دشمن و رله کردن ارتباطات به شدت در حال افزایش است. از طرفی با توجه به شبکه‌محور شدن تجهیزات میدانی، پهپادها نیز می‌بایست در ساختارهای گروهی به انجام مأموریت بپردازند. شرط ضروری و مهم برپایی چنین شبکه‌هایی و در پی آن انجام موفقیت‌آمیز مأموریت، داشتن ارتباطات بین پهپادها و نیز ارتباط با فرماندهی کنترل است. این کتاب به معرفی الزامات طراحی لینک‌های تاکتیکی داده برای برقراری ارتباط با پهپادها می‌پردازد. به همین علت مشخصات سیستمی، کارکردی و کاربردهای بکارگیری لینک‌های پهپادی در فصل نخست مورد مطالعه قرار گرفته است. در این فصل لینک‌های مطرح و مورد استفاده در دنیا، استانداردها و نحوه به کارگیری آن‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته است. پس از اشاره به اهمیت چنین لینک‌های در فصل نخست، در فصل دوم به موضوع تأثیر عوامل محیطی بر ظرفیت لینک‌های ارتباطی پرداخته شده است. در این فصل مدولاسیون‌های به کار رفته، شرایط محوشدگی کانال، حالت‌های مختلف پروازی، توان و حاشیه لینک، چندگانگی و گیرنده مطلوب و... مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. در فصل سوم، به منظور بررسی میزان بُرد لینک‌های ارتباطی به بررسی مسائل و چالش‌های همچون توان ارسالی و PAPR، تأثیر آنتن، اثرات کانال و تلفات مسیر، کدگذاری کانال و جبران‌سازها اختصاص یافته است. با توجه به بُرد و فاصله پهپادها، سرعت بالا و پویایی محیط، در نظر گرفتن تأخیر در برقراری لینک بسیار اهمیت دارد و لذا در فصل چهارم این مسئله مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. در اینجا، مواردی همچون اهمیت نوع فشرده‌ساز، نوع کدگذار، مباحث سنکرون‌سازی ارائه شده است. همچنین با توجه به شلوغ بودن محیط‌های عملیات نظامی و وجود سیگنال‌های مزاحم و اختلال‌کننده می‌بایست در طراحی لینک موضوع مقاوم‌سازی مد نظر قرار بگیرد. بنابر اهمیت این موضوع در فصل پنجم موضوع مقاوم‌سازی لینک‌های پهپادی مورد مطالعه قرار گرفته است. در این فصل به بررسی تکنیک‌های مقاوم‌سازی در بلوک‌های مختلف فرستنده و گیرنده، الزامات طراحی سخت‌افزاری تجهیزات، مقاوم‌سازی فرکانسی، کاهش احتمال شنود و آشکارسازی معرفی مدولاسیون‌های امن همچون جهتی، آشوبی و پلسکا و تکنیک‌های حذف انواع تداخل و... اختصاص یافته است. همان‌طور که گفته شد، شبکه‌پذیر بودن لینک یک چالش و خواسته اساسی در عملیات و

صحنه نبرد امروزی و آتی است. لذا در فصل ششم، انواع معماری‌های مختلف، مکانیزم‌های دسترسی مبتنی بر زیرساخت و بدون نیاز به زیرساخت، و همچنین ملاحظات‌ی که در طراحی لایه‌های مختلف نیاز است بررسی شده است.

امید است که کتاب پیشرو راه‌گشایی برای پژوهشگران باشد. ما چشم انتظار هرگونه توصیه و انتقاد از خوانندگان ارزشمند خودمان خواهیم بود.

فهرست مطالب

فصل ۱: معرفی لینک‌های تاکتیکی مورد استفاده در ارتباطات پهپادی..... ۱

- ۱-۱-۱-۱-۱ دستهبندی پهپادها..... ۲
- ۱-۲-۱-۱ لینک‌های شرکت TADIRAN..... ۵
- ۱-۲-۱-۱-۱ لینک داده دیجیتالی تاکتیکی محصول شرکت TADIRAN..... ۱۲
- ۱-۲-۱-۲ لینک پهپادی STARLINK محصول شرکت TADIRAN..... ۱۶
- ۱-۳-۱-۱ استفاده از تجهیزات تسلیحات هدایت‌پذیر..... ۲۱
- ۱-۳-۱-۱ لینک‌های داده تاکتیکی..... ۲۷
- ۱-۳-۱-۱ LINK-4A..... ۳۲
- ۱-۳-۱-۱ LINK-11..... ۳۲
- ۱-۳-۱-۱ LINK-16..... ۳۳
- ۱-۳-۱-۱ LINK-22..... ۳۴
- ۱-۴-۱ استاندارد لینک‌های هوایی ارتش آمریکا موسوم به CDL..... ۴۳
- ۱-۵-۱ استفاده از پهپاد به عنوان رله رادیو ترانک..... ۴۶
- ۱-۶-۱ رله‌های ارتباطی کوچک و سبک بوئینگ برای پهپادها..... ۵۰
- ۱-۷-۱ سیستم‌های رله ماهواره‌ای پهپادی..... ۵۱
- ۱-۷-۱-۱ پهپاد Global Hawk..... ۵۲
- ۱-۷-۱-۲ پهپاد Predator..... ۵۴
- ۱-۸-۱ لینک‌های پهپادی با قابلیت موقعیت‌یابی مستقل از GPS..... ۵۷

فصل ۲: ظرفیت لینک‌های پهپادی..... ۶۱

- ۱-۲-۱ مقدمه‌ای بر نوع و اندیس مدولاسیون..... ۶۲
- ۱-۱-۱-۲ مدولاسیون آنالوگ..... ۶۴
- ۱-۲-۱-۲ مدولاسیون دیجیتال..... ۶۵
- ۱-۲-۲ مقایسه مدولاسیون‌های دیجیتال..... ۷۹
- ۱-۲-۲-۱ مقایسه عملکرد و کارایی مدولاسیون‌های دیجیتال..... ۸۴
- ۱-۳-۲ محوشدگی کانال..... ۸۷

- ۸۹..... ۲-۳-۱- طیف توان داپلر
- ۹۱..... ۲-۳-۲- طیف توان تأخیر
- ۹۱..... ۲-۳-۳- تداخل بین سمبلی
- ۹۱..... ۲-۳-۴- آثار محیطی ایجاد شده بر روی سیگنال
- ۹۹..... ۲-۳-۵- محو شدگی
- ۱۰۱..... ۲-۳-۶- بررسی محوشدگی در حوزه زمان
- ۱۰۲..... ۲-۳-۷- بررسی محوشدگی چند مسیره در حوزه فرکانس
- ۱۰۵..... ۲-۳-۸- مدل سازی کانال مخابراتی پهنپا
- ۱۰۷..... ۲-۴-۴- حالت‌های پروازی نشستن و برخاستن هواپیما از روی باند
- ۱۰۹..... ۲-۴-۲- حالت حرکت بر روی باند پروازی
- ۱۱۱..... ۲-۴-۳- حالت توقف پروازی
- ۱۱۲..... ۲-۴-۴- پرواز پهنپا بالای سر فرستنده زمینی
- ۱۱۳..... ۲-۴-۵- مثالی از محاسبه نوع محوشدگی
- ۱۱۴..... ۲-۵-۵- پارامترهای توانی و حاشیه لینک
- ۱۱۵..... ۲-۵-۱- توان ارسالی آدسیبل
- ۱۱۷..... ۲-۵-۲- نویز فاز
- ۱۲۰..... ۲-۵-۳- کنترل خودکار بهره
- ۱۲۱..... ۲-۵-۴- مبدل آنالوگ به دیجیتال
- ۱۲۳..... ۲-۵-۵- مبدل دیجیتال به آنالوگ- فیلتر حذف هارمونیک
- ۱۲۴..... ۲-۵-۶- تقویت کننده‌های توان
- ۱۲۵..... ۲-۵-۷- کارایی توان اضافه شده
- ۱۲۵..... ۲-۵-۸- توان یک دسی بل
- ۱۲۶..... ۲-۵-۹- عدد نویز
- ۱۲۷..... ۲-۵-۱۰- نویز کوانتیزاسیون
- ۱۲۸..... ۲-۵-۱۱- تأخیر گروه
- ۱۲۹..... ۲-۶-۶- چندگانگی در ساختار آنتنی
- ۱۳۰..... ۲-۶-۱- مزایای سیستم‌های چند آنتنی

- ۱۳۳ پیچیدگی گیرنده.....
- ۱۳۴ تخمین گرهای دو بعدی کانال.....
- ۱۳۶ تخمین گر یک بعدی کانال.....
- ۱۳۷ سمبل های آموزشی ویژه.....
- ۱۳۹ تکنیک همسان سازی.....
- ۱۳۹ نقش دنباله آموزشی در همسان ساز.....

فصل ۳: بُرد لینک های پهنبند ۱۴۳

- ۱۴۴ توان ارسالی و نسبت توان قله به توان متوسط.....
- ۱۴۵ ۱-۱-۳ - روش های کاهش نسبت توان قله به توان متوسط.....
- ۱۴۷ ۲-۱-۳ - روش های مبتنی بر اعوجاج.....
- ۱۴۷ ۳-۱-۳ - روش های مبتنی بر نمایش های مختلف سیگنال و احتمالی.....
- ۱۴۷ ۴-۱-۳ - روش های مبتنی بر کدگذاری.....
- ۱۴۸ ۵-۱-۳ - ملاک های انتخاب روش کاهش نسبت توان قله به توان متوسط.....
- ۱۵۰ ۲-۳ - آنتن فرستنده و گیرنده.....
- ۱۵۰ ۱-۲-۳ - آنتن ماریچی.....
- ۱۵۵ ۲-۲-۳ - آنتن هورن.....
- ۱۵۷ ۳-۲-۳ - آنتن منعکس کننده.....
- ۱۶۲ ۴-۲-۳ - آنتن مایکرواستریپ.....
- ۱۶۹ ۵-۲-۳ - تیغه ای.....
- ۱۷۵ ۶-۲-۳ - آرایه های آنتن.....
- ۱۷۶ ۳-۳ - اثرات کانال و تلفات مسیر.....
- ۱۷۶ ۱-۳-۳ - تلفات مسیر در فضای آزاد.....
- ۱۷۷ ۲-۳-۳ - تضعیف باران.....
- ۱۸۱ ۳-۳-۳ - شرایط کانال چند مسیره.....
- ۱۸۶ ۴-۳-۳ - فرکانس و تضعیف اتمسفر.....
- ۱۸۷ ۵-۳-۳ - فرکانس و تضعیف بر اثر گرد و غبار.....
- ۱۸۸ ۶-۳-۳ - فرکانس و تضعیف بر اثر درخشش و چندمسیری.....

۱۸۹	..... کاهش نرخ	۳-۴
۱۹۰	..... مدولاسیون با بازدهی توانی بالاتر	۳-۵
۱۹۱	..... حساسیت گیرنده	۳-۶
۱۹۲	..... کدگذار کانال	۳-۷
۱۹۴	..... کدهای قالبی خطی	۳-۷-۱
۱۹۵	..... کد کانولوشنال	۳-۷-۲
۱۹۷	..... غربال کردن	۳-۷-۳
۲۰۰	..... کدهای <i>BCH</i> و <i>RS</i>	۳-۷-۴
۲۰۲	..... درهم نهی	۳-۷-۵
۲۰۵	..... کدهای درهم ریخته شده	۳-۷-۶
۲۰۷	..... کدهای متوالی	۳-۷-۷
۲۰۸	..... کدهای توربو	۳-۷-۸
۲۰۹	..... کدهای آزمون کم چگال	۳-۷-۹
۲۱۱	..... تخمین جبران ساز کانال	۳-۸
۲۱۲	..... افزایش ارتفاع	۳-۹

فصل ۴: تأخیر لینک‌های پهنبند ۲۱۵

۲۱۶	..... نوع فشرده‌ساز ویدئو	۴-۱-۱
۲۱۶	..... H.264 به روش	۴-۱-۱-۱
۲۲۳	..... H.265 فشرده‌ساز	۴-۱-۲
۲۲۴	..... HEVC یا H.265 در برابر AVC یا H.264	۴-۲
۲۲۴	..... نحوه کاهش حجم ویدئو	۴-۲-۱
۲۲۶	..... نیازمندی‌های انتخاب نوع روش فشرده‌سازی تصویر	۴-۲-۲
۲۲۷	..... مقایسه روش JPEG2000 و H.264 از دیدگاه نرخ فشرده‌سازی	۴-۲-۳
۲۲۷	..... مقایسه روش JPEG2000 و H.264 از دیدگاه وضعیت‌های مختلف پهنبند	۴-۲-۴
۲۲۸	..... نوع کدگذار کانال و مخصوصاً درهم‌نهی	۴-۳
۲۲۹	..... تأثیر برد ارتباطی	۴-۴

- ۲۲۹ ۵-۴- الگوریتم‌های سنکرون‌سازی
- ۲۳۱ ۴-۵-۱- ره‌گیری به روش جستجوی موازی
- ۲۳۲ ۴-۵-۲- ره‌گیری به روش جستجوی سری
- ۲۳۳ ۴-۵-۳- ره‌گیری به روش فیلتر منطبق

فصل ۵: مقاوم‌سازی لینک‌های پهپادی ۲۳۷

- ۲۳۹ ۵-۱-۱- تکنیک‌های مقاوم‌سازی ارتباطات رادیویی در فرستنده
- ۲۳۹ ۵-۱-۱- رمزنگاری
- ۲۴۰ ۵-۱-۲- کدینگ منبع در فرستنده
- ۲۴۰ ۵-۱-۳- شیلدینگ تجهیزات
- ۲۴۰ ۵-۱-۴- عملیات در فرکانس‌های کار جدید
- ۲۴۰ ۵-۱-۵- فراهم کردن امکان تغییر فرکانس در حین پرواز پرنده
- ۲۴۱ ۵-۱-۶- افزایش حاشیه امنیت برای بودجه لینک‌ها
- ۲۴۱ ۵-۱-۷- بکارگیری لینک‌های پشتیبان در ارتباطات
- ۲۴۱ ۵-۱-۸- قابلیت تغییر سطح توان
- ۲۴۱ ۵-۱-۹- شنود با احتمال پایین
- ۲۴۱ ۵-۱-۱۰- فرکانس‌های بالا در مقاوم‌سازی ارتباطات
- ۲۴۱ ۵-۱-۱۱- استفاده از سیگنال‌های باندپهن
- ۲۴۵ ۵-۱-۱۲- تقسیم‌بندی سیستم طیف گسترده از نظر طول کد
- ۲۴۶ ۵-۱-۱۳- استفاده از ثبات جابه‌جا کننده با پس‌خور غیرخطی
- ۲۴۹ ۵-۱-۱۴- مدولاسیون POLSAK
- ۲۵۱ ۵-۱-۱۵- مدولاسیون جهتی
- ۲۵۴ ۵-۱-۱۶- مدولاسیون آشوبی
- ۲۵۵ ۵-۲- تکنیک‌های مقاوم‌سازی ارتباطات رادیویی در گیرنده
- ۲۵۵ ۵-۱-۲- تکنیک‌های ضد اشباع
- ۲۵۶ ۵-۲-۲- همزمان‌سازی مقاوم در سیستم‌های طیف گسترده
- ۲۶۰ ۵-۲-۳- ارتباطات بی‌سیم تمام دوطرفه هم‌باند و استفاده از تکنیک حذف خودتداخل
- ۲۶۵ ۵-۲-۴- تکنیک حذف تداخل متوالی در گیرنده

- ۲۶۷ ۵-۲-۵- تکنیک حذف تداخل در گیرنده
- ۲۶۸ ۵-۲-۶- الگوی پرش کور در طیف گسترده
- ۲۷۰ ۵-۲-۷- همزمان سازی مقاوم در سیستم های پرش فرکانسی
- ۲۷۸ ۵-۳-۳- تکنیک های مقاوم سازی ارتباطات رادیویی در آنتن
- ۲۷۸ ۵-۳-۱- آنتن های جهتی
- ۲۷۸ ۵-۳-۲- آنتن چندبیم
- ۲۷۹ ۵-۳-۳- استفاده از آنتن های چندباندی
- ۲۷۹ ۵-۳-۴- استفاده از چندگانگی پلاریزاسیون در آنتن
- ۲۷۹ ۵-۳-۵- استفاده از آنتن های چندرودی-چندخروجی
- ۲۷۹ ۵-۳-۶- استفاده از آنتن های آرایه فازی
- ۲۷۹ ۵-۳-۷- استفاده از آنتن های تطبیقی
- ۲۸۰ ۵-۳-۸- هدایت نول
- ۲۸۰ ۵-۳-۹- گلبرگ های فرعی با توان بسیار کم (استفاده از آنتن های جهتی با سطح لوب جانبی پایین در ایستگاه زمینی)
- ۲۸۳ ۵-۳-۱۰- بکارگیری ردگیر GPS و Glonass همزمان با ردگیر رادیویی
- ۲۸۸ ۵-۴-۴- تکنیک های مقاوم سازی ارتباطات رادیویی از طریق تکنولوژی رادیوشناختگر
- ۲۸۹ ۵-۴-۱- حسگری طیفی
- ۲۹۱ ۵-۴-۲- مدیریت طیفی
- ۲۹۲ ۵-۴-۳- بخش های مدیریت طیف
- ۲۹۳ ۵-۴-۴- پویایی طیفی
- ۲۹۴ ۵-۴-۵- اشتراک گذاشتن طیف

فصل ۶: شبکه پذیری لینک های پهپادی ۲۹۷

- ۲۹۸ ۶-۱- معماری ارتباطی
- ۳۰۰ ۶-۱-۱- ساختار شبکه بی سیم در ابر ارتباطی
- ۳۰۱ ۶-۱-۲- معماری شبکه WLAN
- ۳۰۵ ۶-۱-۳- شبکه های اقتضایی

- ۳۰۷ ۲-۶- دسترسی چندگانه در روش های مبتنی بر زیرساختار
- ۳۰۸ ۱-۲-۶- روش دسترسی چندگانه تسهیم فرکانسی
- ۳۰۹ ۲-۲-۶- روش دسترسی چندگانه تسهیم زمانی
- ۳۱۰ ۳-۲-۶- روش دسترسی چندگانه تسهیم زمانی/فرکانسی
- ۳۱۱ ۴-۲-۶- روش دسترسی چندگانه تسهیم فرکانسی متعامد
- ۳۱۲ ۵-۲-۶- روش دسترسی چندگانه تسهیم کد
- ۳۱۵ ۳-۶- دسترسی مستقل از زیرساختار
- ۳۱۵ ۱-۳-۶- روش تابع هماهنگ‌سازی توزیع‌یافته
- ۳۲۷ ۲-۳-۶- انواع فریم در استاندارد IEEE802.11
- ۳۳۲ ۳-۳-۶- تعریف سرآیند برای بسته‌ها در لایه‌های مختلف
- ۳۳۵ ۴-۶- مسیریابی
- ۳۳۷ ۱-۴-۶- قالب فریم بسته درخواست مسیر RReq
- ۳۳۹ ۲-۴-۶- قالب فریم بسته پاسخ مسیر RRep
- ۳۴۰ ۳-۴-۶- قالب فریم بسته خطای مسیر RErr
- ۳۴۱ ۴-۴-۶- پروتکل‌های مسیریابی کنش‌گر (PRP)
- ۳۴۲ ۵-۴-۶- پروتکل‌های مسیریابی واکنش‌پذیر (RRP)
- ۳۴۳ ۶-۴-۶- پروتکل‌های مسیریابی ترکیبی
- ۳۴۴ ۵-۶- لایه انتقال
- ۳۴۵ ۱-۵-۶- آدرس دهی با شماره‌های پورت
- ۳۴۸ ۲-۵-۶- معرفی انواع اتصالات در لایه انتقال شبکه
- ۳۵۴ ۶-۶- روش انطباق با شبکه زیرساخت
- ۳۵۴ ۱-۶-۶- دسترسی توسط ID
- ۳۵۴ ۲-۶-۶- دسترسی توسط روش FDM
- ۳۵۵ ۳-۶-۶- دسترسی توسط روش TDM

۳۵۷ مراجع

فصل ۱: معرفی لینک‌های تاکتیکی مورد استفاده در ارتباطات پهنبندی

در این فصل برخی از سیستم‌ها و لینک‌های مخابراتی مورد استفاده در ارتباطات پهپاد با کاربردهای نظامی مورد بررسی قرار می‌گیرد. شرکت‌های مختلفی در دنیا لینک‌های مخابراتی را به منظور برقراری ارتباط با پهپاد - به عنوان کاربر انتهایی یا به عنوان رله - طراحی کرده‌اند از جمله شرکت TADIRAN که برخی از انواع لینک‌های این شرکت به همراه کاربردها و بلوک دیاگرام سیستمی و مشخصات مخابراتی آن مورد بررسی قرار گرفته است. لینک‌های داده تاکتیکی^۱ (TDL)ها جزء لینک‌های ارتباطی پرکاربرد بوده که در تجهیزات نظامی و سامانه‌های مدیریت صحنه نبرد به منظور ارسال و دریافت داده تاکتیکی استفاده می‌شوند. در شبکه‌های مبتنی بر لینک‌های TDL امکان برقراری ارتباط بین تمام سامانه‌های زمینی، هوایی و دریایی وجود دارد. لینک‌های TDL شامل: لینک ۴، لینک ۱۱، لینک ۱۶ و لینک ۲۲ است که در این فصل بررسی خواهند شد. در ادامه، ساختار شبکه رله پهپادی مبتنی بر لینک ۲۲ و استاندارد CDL^۲ به عنوان پروتکل ارتباطات هوایی ارتش آمریکا و معماری‌های آن بررسی خواهد شد. معماری سامانه شبکه رله رادیو ترانک مبتنی بر پهپاد^۳ (UAV) و ویژگی‌های آن و همچنین نمونه‌ای از شبکه رله پهپادی ساخت شرکت بوئینگ از دیگر مطالب این فصل است. در بخش انتهایی این فصل نیز سیستم‌های رله ماهواره‌ای به خصوص برای سیستم‌های Global Hawk و Predator همراه با مشخصات سامانه ارائه شده است.

۱-۱ - دسته‌بندی پهپادها

پهپادها در کاربردهای مهمی همچون شناسایی، مراقبت، جمع‌آوری اطلاعات، قابلیت نبرد و رله کردن ارتباطات استفاده می‌شوند. در مورد آخر، در مناطقی که اجزاء شبکه -همچون واحد مرکزی و کاربران- از همدیگر فاصله زیادی دارند یا به دلایل محیطی و پنهان ماندن از شنود دشمن، ارتباط مستقیمی بین آنها وجود ندارد و از طرفی استفاده از ماهواره مقصور نیست یا ماهواره توانایی تأمین نیاز را در شرایط واقعی نداشته باشد از پهپاد مجهز به تجهیزات رله ارتباطی به عنوان جایگزینی مناسب یاد می‌شود.

به عبارت دیگر، استفاده از پهپاد مجهز به سامانه‌های ارتباطی می‌تواند به عنوان رله در شبکه مورد نظر به کار گرفته شده و به فراخور پیش آمده از لینک‌های دارای نرخ‌های متفاوت پشتیبانی کند. از این رو، شناخت پهپادها و توانمندی‌های‌شان لازم است. پهپادهای نظامی بر اساس ارتفاع پروازی‌شان سه دسته کلی دارند:

۱. پهپادهای تاکتیکی^۴ با ارتفاع پروازی کم: این پهپادها دارای ابعاد کوچک بوده و ارزان هستند.

میزان حمل محموله آنها حدود ۵۰ kg بوده و ارتفاع پروازی ۵۰۰۰ ft دارند. پهپادهای مانند Phoenix (UK), Sender (UK), Hunter (Israel/USA), Vulture (South Africa)

دسته هستند.

^۱ Tactical Data Link (TDL)

^۲ Common Data Link (CDL)

^۳ Unmanned Vehicle Aircraft (UAV)

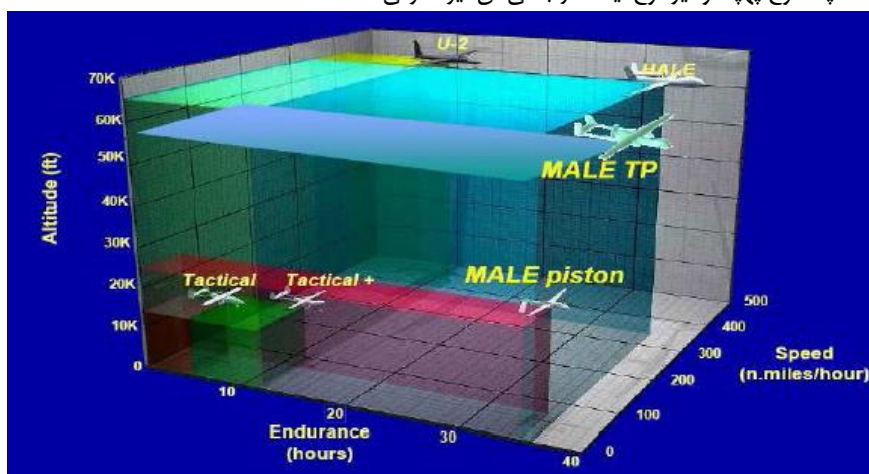
^۴ Tactical Uav (TUAV)

فصل ۱: معرفی لینک‌های تاکتیکی مورد استفاده در ارتباطات پهبادی

۲. پهبادهای تاکتیکی با ارتفاع پروازی متوسط^۱: این پهبادها نسبتاً بزرگ و گران بوده و دارای ارتفاع پروازی در حدود ۲۰۰۰۰ فوت و قابلیت حمل سلاح تا ۳۰۰ kg هستند. نمونه‌های از این دسته پهبادها شامل Spectator (UK), Hermes 450 (Israel), Tiha (Turkey), Predator (USA) و Houros (France/USA) هستند.

۳. پهبادهای تاکتیکی با ارتفاع پروازی زیاد^۲: این نوع پهبادها دارای حداکثر زمان پروازی ۱۲ ساعت بوده و می‌توانند محموله با وزن حدود ۸۰۰ kg را حمل نمایند. این نوع از پهبادها دارای ارتفاع پروازی در حدود ۷۰۰۰۰ فوت بوده و برای اهداف استراتژیک مناسب هستند. از پهبادهای استراتژیک می‌توان به مواردی همچون Global hawk (USA), Hermes (750) اشاره کرد.

در شکل ۱-۱ انواع پهبادها بر اساس سرعت، برد پروازی و حداکثر زمان پرواز دسته‌بندی شده‌اند. در جدول ۱-۱ مشخصات چند نوع پهباد و نیز نوع لینک ارتباطی آن نیز معرفی شده است.



شکل ۱-۱. دسته‌بندی انواع پهبادها بر اساس سرعت، برد پروازی و حداکثر زمان پرواز.

جدول ۱-۱. انواع پهبادها و نحوه ارتباط لینک داده.

name	Speed	Altitude/type	Payload	Data link
Heron (Israel)	207 km/h	30 kft/MALE	EO(TV/IR/Ld) SAR, Maritime Patrol Radar(MPR),Comint &ESM capability,communication relay	Direct LOS,relay for beyond LOS(BLOS) via SATCOM ground-based data relay
Global hawk (USA)	650 km/h	65 kft/HALE	2000-3000 pounds,SAR,electro optical(EO),Infrared(IR)sens or,SAR-MTI,SIGINT	Wideband SATCOM(either Ku or UHF)CDL for direct link of imagery LOS

¹ Medium Altitude Long Endurance (MALE) UAV

² High Altitude Long Endurance (HALE) UAV