

به نام خدا

شبکه‌های ماهواره‌ای

*VSAT*

نوشته‌ی:

مریم خدیوی بروجنی

ویراسته‌ی:

پیروز مجد الاشرافی



۱۳۸۹

سرشناسه: خدیوی بروجنی ، مریم ، ۱۳۶۴

عنوان و نام پدیدآور:

شبکه های ماهواره ای VSAT/نوشته مریم خدیوی بروجنی: ویراسته ی پروژ مجدالاشراقی.

مشخصات نشر: تهران: اندیشه سرا، ۱۳۸۸.

مشخصات ظاهری: ۱۶۸ص: مصور، جدول، نمودار.

شابک: 978-600-5716-02-3

وضعیت فهرست نویسی: فیا

موضوع: وی. اس. ای. بی. اس. (مخابرات)

موضوع: ماهواره های مخابراتی

شناسه: افزوده مجدالاشراقی ، پروژ ، ۱۳۵۸

رده بندی کنگره: ۱۳۸۸ ۴خ۹ و ۵۱۰۴ TK

رده بندی دیویی: ۵۴۵۶ ۳۸۴

شماره کتابشناسی ملی: ۱۹۲۲۸۷۹



انتشارات اندیشه سرا

## شبکه های ماهواره ای VSAT

نوشته ی: مریم خدیوی بروجنی ویراسته ی: پروژ مجدالاشراقی

چاپ اول، ۱۳۸۹، شمارگان ۱۰۰۰، ۳۹۰۰ تومان

شابک ۳-۰۲-۵۷۱۶-۶۰۰-۹۷۸ ISBN 978-600-5716-02-3

حق چاپ و نشر محفوظ و هرگونه استفاده از محتوای این کتاب به داشتن اجازه ی کتبی از ناشر نیازمند است.

انتشارات اندیشه سرا از انتشار کتاب های ارزشمند حمایت می کند

۸۸۰۰۶۴۸۷ - ۰۹۱۲۳۱۶۱۶۸۷

www.andishehsara.org

## فصل اول

|    |                                           |
|----|-------------------------------------------|
| ۱۱ | ۱-۱ درآمدی بر ارتباطات ماهواره‌ای         |
| ۱۲ | ۲-۱ لینک‌های ماهواره‌ای                   |
| ۱۴ | ۳-۱ سیستم ارتباطات ماهواره‌ای             |
| ۱۵ | ۴-۱ مدارات (Orbits)                       |
| ۱۷ | ۵-۱ انواع ماهواره                         |
| ۱۹ | ۶-۱ پوشش جغرافیایی                        |
| ۲۱ | ۶-۱-۱ پوشش جهانی                          |
| ۲۱ | ۶-۱-۱-۱ پوشش جهانی ماهواره‌های GEO        |
| ۲۲ | ۶-۱-۱-۲ پوشش جهانی ماهواره‌های LEO        |
| ۲۳ | ۷-۱ پوشش ترافیکی                          |
| ۲۳ | ۸-۱ مدارات ماهواره‌ای                     |
| ۲۴ | ۸-۱-۱ قطبی دایروی                         |
| ۲۴ | ۸-۱-۲ مایل بیضوی                          |
| ۲۴ | ۸-۱-۳ مدار استوایی دایروی                 |
| ۲۵ | ۹-۱ پارامترهای مهم ماهواره                |
| ۲۵ | ۹-۱-۱ پایداری                             |
| ۲۵ | ۹-۱-۲ موقعیت                              |
| ۲۵ | ۹-۱-۳ باند فرکانسی                        |
| ۲۶ | ۹-۱-۳-۱ روش‌های صرفه‌جویی در باند فرکانسی |
| ۲۶ | ۹-۱-۴ تأخیر زمانی                         |
| ۲۷ | ۹-۱-۵ مزیت‌های جغرافیایی                  |
| ۲۷ | ۹-۱-۶ تلفات مسیر                          |
| ۲۷ | ۹-۱-۷-۱-۲ تداخل خورشیدی                   |
| ۲۷ | ۹-۱-۷-۱-۱ بیکن‌ها                         |
| ۲۸ | ۹-۱-۷-۱-۱-۱ سیستم تله متری                |
| ۲۸ | ۹-۱-۷-۲ طیف سنج                           |
| ۳۰ | ۹-۱-۸ تغییرات جوی                         |
| ۳۰ | ۱۰-۱ اجزای اصلی شبکه‌های ماهواره‌ای       |
| ۳۰ | ۱۰-۱-۱ اجزای ماهواره‌های مخابراتی         |
| ۳۱ | ۱۰-۱-۱-۱ سیستم‌های فرعی ماهواره           |

|    |                                     |
|----|-------------------------------------|
| ۳۱ | ۱-۱۰-۲ آنتن و سیستم انتقال          |
| ۳۲ | ۱-۱۰-۳ پردازش و سوییچینگ در ماهواره |
| ۳۲ | ۱-۱۰-۴ ترانسپوندر                   |

## فصل دوم

|    |                                             |
|----|---------------------------------------------|
| ۳۳ | مقدمات و تعاریف و اصول عملکرد VSAT          |
| ۳۳ | ۱-۲ تعریف شبکه VSAT                         |
| ۳۷ | ۲-۲ پیچیدگی مختلف شبکه‌ی VSAT               |
| ۴۱ | ۳-۲ اتصال ترمینال کاربران از طریق VSAT      |
| ۴۳ | ۴-۲ کاربردهای شبکه‌های VSAT و انواع ترافیک  |
| ۴۳ | ۱-۴-۲ شبکه‌های VSAT غیرنظامی                |
| ۴۳ | ۱-۴-۲-۱ انواع سرویس‌ها                      |
| ۴۵ | ۱-۴-۲-۲ انواع ترافیک                        |
| ۴۷ | ۲-۴-۲ شبکه‌های VSAT با کاربرد نظامی         |
| ۴۸ | ۵-۲ مشارکت کنندگان در شبکه‌ی VSAT           |
| ۵۰ | ۶-۲ گزینه‌های پیش رو در شبکه VSAT           |
| ۵۰ | ۱-۶-۲ ستاره یا mesh                         |
| ۵۰ | ۱-۶-۲-۱ ساختار جریان اطلاعات در درون شبکه   |
| ۵۱ | ۱-۶-۲-۲ ظرفیت و کیفیت لینک                  |
| ۵۳ | ۱-۶-۲-۳ تاخیر انتقال                        |
| ۵۳ | ۲-۶-۲ انتقال داده / صوت / ویدئو             |
| ۵۳ | ۱-۶-۲-۲ ارتباط داده‌ای                      |
| ۵۳ | ۲-۶-۲-۲ ارتباط صوتی                         |
| ۵۴ | ۳-۶-۲-۲ ارتباط ویدئویی                      |
| ۵۴ | ۶-۲ تخصیص ثابت و یا بر اساس تقاضا (FA و DA) |
| ۵۵ | ۱-۶-۲-۳ تخصیص ثابت (FA)                     |
| ۵۵ | ۲-۶-۲-۳ تخصیص بر حسب تقاضا (DA)             |
| ۵۷ | ۴-۶-۲ باندهای فرکانسی                       |
| ۶۴ | ۵-۶-۲ گزینه‌های در دسترس برای انتخاب هاب    |
| ۶۴ | ۱-۶-۲-۵ هاب بزرگ اختصاصی                    |
| ۶۴ | ۲-۶-۲-۵ هاب اشتراکی                         |
| ۶۵ | ۳-۶-۲-۵ مینی هاب                            |
| ۶۵ | ۷-۲ ایستگاه‌های زمینی شبکه‌ی VSAT           |
| ۶۵ | ۱-۷-۲ ایستگاه VSAT                          |
| ۶۹ | ۲-۷-۲ ایستگاه هاب                           |
| ۷۱ | ۱-۷-۲ وظایف عملیاتی                         |
| ۷۱ | ۲-۷-۲ وظایف مدیریتی                         |

## فصل سوم

|    |                                                     |
|----|-----------------------------------------------------|
| ۷۳ | موضوعات عملیاتی مرتبط با شبکه‌های VSAT              |
| ۷۳ | ۱-۳ تنظیم آنتن                                      |
| ۷۹ | ۲-۳ انطاف‌پذیری شبکه                                |
| ۷۹ | ۳-۳ زمان پاسخ                                       |
| ۸۰ | ۴-۳ ضریب در دسترس بودن                              |
| ۸۱ | ۱-۴-۳ در دسترس بودن ایستگاه زمینی (ارسال یا دریافت) |
| ۸۲ | ۲-۴-۳ در دسترس بودن بخش فضایی                       |
| ۸۳ | ۳-۴-۳ در دسترس بودن لینک                            |
| ۸۶ | ۵-۳ فاصله از ماهواره و مسأله‌ی تأخیر                |
| ۸۸ | ۶-۳ تأخیر انتشار                                    |
| ۸۹ | ۷-۳ اثر دوپلر                                       |

## فصل چهارم

|     |                                                               |
|-----|---------------------------------------------------------------|
| ۹۱  | موضوعات وجنبه‌های شبکه‌ای VSAT                                |
| ۹۱  | ۱-۴ عملیات شبکه                                               |
| ۹۲  | ۲-۴ برخی تعاریف                                               |
| ۹۲  | ۱-۲-۴ لینک‌ها                                                 |
| ۹۴  | ۲-۲-۴ نرخ بیت                                                 |
| ۹۴  | ۳-۲-۴ گذردهی                                                  |
| ۹۵  | ۴-۲-۴ بازدهی کانال                                            |
| ۹۵  | ۳-۴ مشخصه‌ی ترافیک                                            |
| ۹۵  | ۱-۳-۴ پیش‌بینی ترافیک                                         |
| ۹۵  | ۲-۳-۴ اندازه‌گیری ترافیک                                      |
| ۹۶  | stream ۱-۳-۳-۴ ترافیک                                         |
| ۹۷  | bursty ۲-۳-۳-۴ ترافیک                                         |
| ۹۸  | ۴-۴ مدل مرجع OSI برای ارتباط داده‌ای                          |
| ۱۰۲ | ۱-۴-۴ لایه‌ی فیزیکی                                           |
| ۱۰۲ | ۲-۴-۴ لایه‌ی پیوند داده                                       |
| ۱۰۲ | ۱-۲-۴-۴ کشف فریم‌های خراب شده، گم شده یا تکراری و بازیابی خطا |
| ۱۰۳ | ۲-۲-۴-۴ کنترل جریان                                           |
| ۱۰۳ | ۳-۴-۴ لایه‌ی شبکه                                             |
| ۱۰۳ | ۱-۳-۴-۴ آدرس دهی                                              |
| ۱۰۴ | ۲-۳-۴-۴ اطلاعات مربوط به مسیریابی                             |
| ۱۰۴ | ۳-۳-۴-۴ کنترل ازدحام                                          |
| ۱۰۴ | ۴-۴-۴ لایه‌ی انتقال                                           |
| ۱۰۴ | ۱-۴-۴-۴ انتقال انتها به انتها                                 |
| ۱۰۴ | ۲-۴-۴-۴ مالتی پلکس                                            |

|     |                                     |
|-----|-------------------------------------|
| ۱۰۵ | ۴-۴-۳ کنترل جریان                   |
| ۱۰۵ | ۴-۴-۵ لایه های بالاتر (لایه ۵ تا ۷) |

## فصل پنجم

|     |                                                    |
|-----|----------------------------------------------------|
| ۱۰۷ | تحلیل لینک رادیویی                                 |
| ۱۰۷ | ۵-۱ نویز                                           |
| ۱۰۸ | ۵-۱-۱ نویز حرارتی                                  |
| ۱۰۹ | ۵-۱-۲ نویز تداخل                                   |
| ۱۱۰ | ۵-۱-۳ نویز اینترمدولاسیون                          |
| ۱۱۲ | ۵-۱-۴ نسبت توان حامل به چگالی طیف توان             |
| ۱۱۲ | ۵-۱-۵ مجموع کلی نویز                               |
| ۱۱۶ | ۵-۲ تحلیل uplink                                   |
| ۱۱۹ | ۵-۲-۱ چگالی فلو توان در محل ماهواره                |
| ۱۲۰ | ۵-۲-۲ توان تشعشعی ایزوتروپیک مؤثر در ایستگاه زمینی |
| ۱۲۵ | ۵-۲-۳ تلفات مسیر uplink                            |

## ضمیمه

|     |                                                    |
|-----|----------------------------------------------------|
| ۱۳۳ | ضمیمه اول: پیکربندی های شبکه                       |
| ۱۳۹ | ضمیمه دوم: تکنیک های طیف گسترده                    |
| ۱۴۵ | ضمیمه سوم: انواع مدولاسیون دیجیتال                 |
| ۱۵۳ | ضمیمه چهارم: تکنولوژی DVB                          |
| ۱۵۷ | ضمیمه پنجم: روش های دسترسی به کانال های ماهواره ای |
| ۱۶۱ | ضمیمه ششم: مشخصات فنی دونوع محصول VSAT             |
| ۱۶۵ | واژه نامه                                          |

## مراجع

## مقدمه

در میان ابزارهای مؤثر جهت تسهیل نیازهای ارتباطی، سیستم‌های مخابرات ماهواره‌ای از جایگاه منحصر به فردی برخوردارند. این جایگاه ویژه ناشی از مزایای ارتباط ماهواره‌ای از نظر تنوع سرویس، انعطاف پذیری، عدم تأثیرپذیری از موانع طبیعی، سرعت عمل بالا در برقراری ارتباط، پوشش‌دهی وسیع و هزینه‌ی نسبتاً کم در فواصل طولانی است. این خصوصیات باعث شده است که علی‌رغم رشد و پیشرفت سیستم‌های ارتباطی، تاکنون جایگزین بهتری برای برخی خدمات سیستم‌های مخابرات ماهواره‌ای پیدا نشود و این سیستم‌ها علی‌رغم هزینه‌های اولیه‌ی قابل توجهی که دارند، در اغلب کاربردها هنوز به عنوان بهترین گزینه مطرح باشند.

از بعد دیگر ماهواره‌ها نقش عمده‌ای در عرصه‌ی حیات بشری و نیز ایجاد تسهیلات جدید در زمینه‌های تجارت، آموزش و صنعت ایفا نموده و به دلیل کاربردهای وسیع و متنوع خود، باعث توسعه فناوری گیرنده‌های زمینی شده‌اند. توزیع داده‌ها از طریق اینترنت، خدمات کنفرانس تصویری و آموزش از راه دور، پزشکی از راه دور، هواشناسی، زمین شناسی، نقشه برداری (GIS) و سرویس موبایل ماهواره‌ای از عمده کاربردهایی هستند که نقش ارزنده‌ی آن‌ها از حیث صرفه‌جویی در هزینه، زمان و افزایش ضریب امنیت غیرقابل انکار است.

در حال حاضر تقریباً تمام نقاط کره‌ی زمین تحت پوشش شبکه‌های گسترده ماهواره‌ای قرار دارند. گسترش سریع ارتباطات ماهواره‌ای بیانگر تلاش بی‌وقفه در به کارگیری فناوری‌های جدید جهت رفع نیازهای ارتباطی است.

در این راستا، اندازه و توان لازم درایستگاه‌های زمینی ماهواره‌ای روند کاهش را داشته است به طوری که تجهیزاتی که در اصطلاح به آن‌ها VSAT می‌گویند با قطر آنتنی کمتر از ۲.۴ متر، از نظر هزینه، زمان نصب و راه‌اندازی و غیره بسیار به صرفه و قابل توجه هستند و از نظر تعداد و گسترش، عمومیت زیادی پیدا کرده‌اند.

VSATها سرویس‌های زیادی را پشتیبانی می‌نمایند و کاربردهای متنوعی دارند. از جمله می‌توانند سرویس‌های صوت، ویدئو، تعاملات داده‌ای دو طرفه و تراکنش را پشتیبانی نمایند و همچنین در زمینه‌ی ارتباطات داده‌ای و صوت و دسترسی به اینترنت قابلیت‌های خوبی دارند و هر جا نیاز به این نوع سرویس‌ها از طریق سیستم‌های ماهواره‌ای قابل توجه بوده است، رشد و گسترش شبکه‌های VSAT نیز به موازات آن چشم‌گیر بوده است.

موضوع این اثر بررسی شبکه‌های ماهواره‌ای VSAT است. این شبکه‌ها امروزه کاربردهای وسیعی در زمینه‌های مختلف مانند بانکداری الکترونیکی، هواشناسی، جمع‌آوری خبر، کنترل و مانیتورینگ و سیستم‌های مبتنی بر تراکنش دارند. در این اثر سعی شده است با نگاهی تحلیلی به جنبه‌های مختلف شبکه‌های VSAT پرداخته شود.

در فصل اول به معرفی ماهواره و ارتباطات ماهواره‌ای پرداختیم. در فصل دوم به ارائه‌ی برخی مفاهیم و تعاریف و اصول اولیه و کاربردهای VSAT پرداخته شده است. و به ویژه پیکربندی‌های ستاره و mesh به همراه موضوعات مرتبط با آن‌ها ارائه شده است. در فصل سوم برخی موضوعات عملیاتی مرتبط با شبکه‌های VSAT مانند تنظیم آنتن، دسترسی و ضریب دسترسی در بخش‌های مختلف، مسأله‌ی تأخیر، fading و اثر دوپلر مورد بررسی قرار گرفته است. فصل چهارم اختصاص به جنبه‌های شبکه‌ای VSAT مانند نرخ بیت، گذردهی، انواع ترافیک و لایه‌های مختلف مدل مرجع OSI دارد و در نهایت در فصل پنجم به تحلیل لینک فرکانس رادیویی پرداخته‌ایم و مباحثی در خصوص انواع نویزهای مؤثر در این شبکه‌ها و اثرات آن‌ها و تحلیل uplink و چگالی شار توان و تلفات مسیر uplink مطرح شده و مورد بررسی قرار گرفته است.

در پایان، شکر و سپاس می‌گویم خداوند منان را که فرصتی عنایت فرمود تا در رابطه با یکی از موضوعات با اهمیت سیستم‌های مخابراتی، مطالعاتی را انجام داده و مجموعه‌ای را ارائه نمایم.

یقیناً برای تحقق این امر مهم صرفاً تجربه‌ی مختصر و بضاعت اندک علمی این جانب کفایت نمی‌کرد و نیاز به بهره‌گیری از محضر اساتید ارجمند این رشته و تجربه‌ی گران‌بهای ایشان داشتم که خوشبختانه با نظرات ارزنده‌ی خود من را همواره در این امر یاری کردند. لذا بر خود وظیفه می‌دانم از زحمات بی دریغ استاد محترم جناب آقای دکتر پیرهادی، خانم دکتر جباری، آقای مهندس حقیقی و آقای مهندس حسین زاده تشکر و قدردانی نمایم.

مریم خدیوی بروجنی

تهران، بهار ۱۳۸۸