بسم الله الرحمن الرحیم

عصر فضای مجازی

گزارش شماره ۷۳

تیر ۱۴۰۰

مرکز ملی فضای مجازی
پژوهشگاه فضای مجازی

اینترنت ماهواره‌ای

محتوای انتشار یافته در این اثر
الزاماً بیانگر دیدگاه مرکز ملی فضای مجازی نیست

تهیه شده درمعاونت فناوری مرکز ملی فضای مجازی

تهیه‌کنندگان: مجتبی نصیری یار
دکتر مریم حق‌شناس
نازیلا تقوایی

حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به مرکز ملی فضای مجازی است و استفاده از آن با ذکر منبع مجاز می باشد.

نشانی: تهران، میدان آرژانتین، خیابان بیهقی، نبش
خیابان ۱۶غربی، پلاک ۲۰
تلفن: ۰۲۱-۸۶۱۵۱۰۶۱
کد پستی: ۱۵۱۵۶۷۴۳۱۱

فهرست

سخن نخست ۵

مقدمه ۹

بخش اول

اولین پروژه اینترنت ماهواره‌ای ۱۳

بخش دوم

تقسیم‌بندی اینترنت ماهواره‌ای ۱۷

۱-۲- اینترنت آفلاین ۲۰

۲-۲- اینترنت یک‌طرفه ۲۰

۳-۲- اینترنت دوطرفه ۲۱

بخش سوم

اینترنت ماهواره‌ای چگونه کار می‌کند؟ ۲۳

۱-۳- مدارهای GEO ۲۷

۲-۳- مدارهای MEO ۲۷

۳-۳- مدارهای LEO ۲۸

بخش چهارم

گیرنده‌های اینترنت ماهواره‌ای ۲۹

۱-٤- دیش‌ها ۳۲

۲-٤- گیرنده‌های قابل حمل دستی (فعلی) ۳۳

۱-۲-٤- مدل Explorer 510 ..... ۳۴

۲-۲-٤- ویژگی‌های Explorer 510 ..... ۳۵

۳-٤- گیرنده‌های قابل‌حمل خودکار (فعلی) ۳۵

۱-۳-٤- مدل MCD-4800 ..... ۳۵

۲-۳-٤- ویژگی‌های MCD-4800 ..... ۳۷

بخش پنجم

کاربردهای اینترنت ماهواره‌ای ۳۹

بخش ششم

مگا منظومه‌های ماهواره‌ای ۴۳

بخش هفتم

چالش‌ها و مشکلات ۴۹

بخش هشتم

ماهواره‌های کوچک ۵۵
۱-۸- نانو ماهواره‌ها ۵۹
۱-۱-۸- مدت زمان توسعه ۵۹
۲-۱-۸- هزینه توسعه ۶۰
۳-۱-۸- کیوب ستلایت ۶۱
٤-۱-۸- کاربرد نانو ماهواره‌ها ۶۳

بخش نهم

شرکت های پیشرو و سرمایه‌گذاران اینترنت ماهواره‌ای ۶۵
۱-۹- شرکت SpaceX ۶۸
۲-۹- شرکت OneWeb ۷۳

جمع بندی ۷۷
منابع ۸۱

سخن نخست

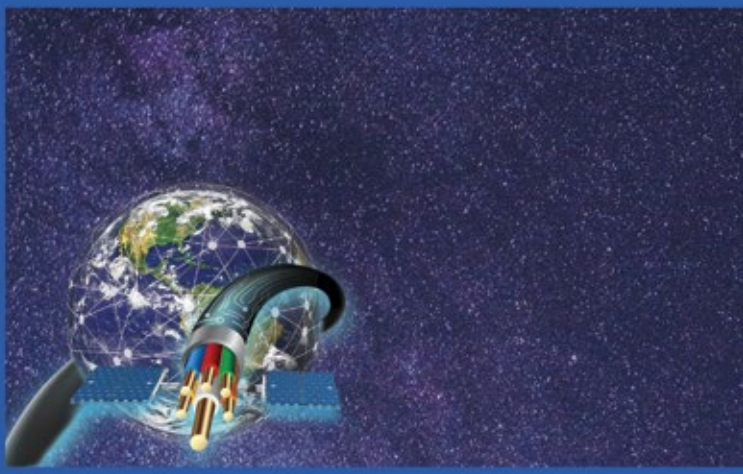
سخن نخست

فضای مجازی با شتاب شگرف و رو به تزایدی که در حال بسط و گسترش است تمام ساحات اجتماعی، اقتصادی، سیاسی و فرهنگی زندگی بشر را درنوردیده و هر روز بخش بزرگی از زندگی واقعی را در خود فرو برده و حیات متفاوت و جدیدی به آن می‌دهد. لذا به نظر می‌رسد دو نگاه کلان به فضای مجازی وجود دارد: نگاه اول که بالاخص در ابتدای رشد و تکوین فضای مجازی مسلط شده بود، آن را همچون ابزاری کنار سایر ابزارهای بشری تصویر می‌کرد که تنها طریقیت داشت. اما نگاه دوم، در نتیجه رشد تحولات خیره‌کننده فضای مجازی و سایه گستری آن در حوزه‌ها و شئون بشر در یک دهه اخیر آن را چون سکویی می‌داند که بسیار فراتر از شأن ابزاری حیات انسان‌ها را سامان جدیدی داده و ادعای تمدن نوینی را دارد. رویکردی که از قضا از چشمان بصیر رهبر انقلاب نیز دور نمانده و انتظاری تمدنی از فضای مجازی در ایران را مطالبه داشته‌اند.

در همین راستا گزارش‌های عصرفضای مجازی تلاش می‌کند تا فهم سازمان‌ها و دستگاه‌های مرتبط با حوزه فضای مجازی را ارتقاء بخشیده و آن‌ها را برای مواجهه فعال و خردمندانه با تحولات این عرصه مهیا سازد.

سید ابوالحسن فیروزآبادی
دبیر شورای عالی و رئیس مرکز ملی فضای مجازی

مقدمه



مقدمه

به گفته دانشمندان، در دنیای امروز، اینترنت پرتوی از نور است و در میان ابزار و دستگاه‌های رایانه‌ای مردم پراکنده می‌شود تا زندگی بشر را به سوی شکوفایی و پیشرفت سوق دهد. تلاش برای تحقق این رؤیای بزرگ زمانی آغاز شد که گروه اینترنتی وان وب که مقر آن در آرلینگتون در ایالت ویرجینیا قرار دارد، با بودجه‌ای که تاکنون به آستانه ۲ میلیارد دلار رسیده است از سوی کریگ ویلز تأسیس شد. این گروه تصمیم گرفته است در سال ۲۰۲۱ با استفاده از حدود ۶۵۰ ماهواره، اینترنت را با پهنای باند مناسب در همه جا فراهم سازد.

گروه آمریکایی موسوم به منظومه‌های ماهواره‌ای «وان وب»[1] در حال انجام پروژه‌ای است که با راه‌اندازی ده‌ها ماهواره در مدار زمین، اینترنت را در دسترس تمام مردم جهان قرار می‌دهد. اقدامی که گروه وان وب انجام داده است، گام بزرگی است. نخستین قدم در این مسیر رساندن اینترنت از طریق گوشی‌های موبایل، دستگاه‌های بیسیم و خطوط کابل‌های اینترنت بوده است. اما هنوز افراد زیادی در مناطق دور افتاده، روستاها، بیابان‌ها و جزیره‌ها هستند که دسترسی به اینترنت ندارند. در اینجاها امکانات و ابزار اتصال به

1. One Web

اینترنت از قبیل خطوط کابل اینترنت و یا پوشش شبکه‌های تلفن همراه فراهم نیست. مشکل دیگر مسئله سرعت اینترنت است که کاربران زیادی را با چالش انتقال اطلاعات روبرو می‌سازد. نبود سرعت زیاد، اهمیت اینترنت را در پیشرفت جامعه کاهش می‌دهد. اگر داده‌ها به سرعت انتقال پیدا نکنند؛ استفاده از آن‌ها در موارد بسیاری از جمله: خدمات بهداشتی از راه دور، عملیات جراحی، آزمایش‌های شبیه‌سازی مجازی پیشرفته و به اشتراک گذاشتن داده‌های بزرگ امکان‌پذیر نخواهد بود. وجود چنین چالش‌های که مانع رسیدن اینترنت برای بسیاری از مردم جهان می‌شود باعث شده است تا دانشمندان دست به ابتکارهای بزرگ در زمینه فناوری اطلاعات و توسعه ارتباطات زنند تا این که اینترنت از طریق ماهواره در دسترس همگان قرار گیرد.

بخش اول

بخش اول

اولین پروژه اینترنت ماهواره ای

در اوایل دهه ۹۰، بیل گیتس و شرکا در پروژه‌ای به نام Teledesic سرمایه‌گذاری کردند. این پروژه درباره ارسال ۸۴۰ (بعداً به ۲۸۸ عدد کاهش یافت) ماهواره[1] LEO برای ایجاد یک شبکه پهن باند، جهت سرویس‌دهی به مناطقی که توانایی پرداخت هزینه‌های دسترسی به شبکه و یا ایجاد اتصالات فیبری را نداشتند، انجام گرفت. بنیان‌گذاران آن برای حل مشکل تأخیر در سال ۱۹۹۴ جهت استفاده از طیف Ka-band به FCC مراجعه کردند. برای این پروژه تا سال ۲۰۰۳ و قبل از شکست، حدود ۹ میلیارد دلار هزینه شده بود. درحالی‌که پروژه Teledesic در حال انجام بود، صنعت دیگری در حال راه‌اندازی سیستم‌های ارتباطی فضایی بود. در اواخر دهه ۹۰، Globalstar ، Iridium و Orbcomm جمعاً بیش از ۱۰۰ ماهواره را به منظور ارائه خدمات صوت و پیامک بر روی تلفن همراه به مدارهای LEO ارسال کردند. در حقیقت، بیشتر موفقیت‌هایی که تاکنون صنعت ارتباطات اینترنت فضایی داشته است، تأمین اینترنت گران‌قیمت برای دولت‌ها و کسب‌وکارهای بزرگ بوده است. اما SpaceX و OneWeb به طور خاص بر مشتریان و کسب‌وکارهای

1. Low Earth orbit

کوچک با مدل‌های استارتاپی، تمرکز دارد.

قانون مور[1]،کم شدن هزینه‌های باتری، سنسور و فناوری پردازنده تلفن‌های همراه و ارتقاء فناوری‌های آن‌ها، فرصتی دیگر به ماهواره‌های صورت فلکی LEO ارائه نموده است.

۱. قانون مور بیان می‌کند که تعداد ترانزیستورهای میکروچیپ در مدارهای الکتریکی در هر دو سال، تقریباً دو برابر و هزینه به‌کارگیری آن‌ها نصف می‌شود.

بخش دوم

بخش دوم

تقسیم‌بندی اینترنت ماهواره‌ای

کاربران اینترنت با استفاده از امکانات مختلف قادر به اتصال به اینترنت و استفاده از منابع موجود می‌باشند، خطوط تلفن معمولی، اینترنت بیسیم، خطوط DSL و ... نمونه‌های موجود می‌باشند. ازآنجایی‌که حجم اطلاعات دریافتی در ارتباطات اینترنتی، همواره چندین برابر بیش از اطلاعات ارسالی است، تکیه بر این واقعیت است که سرویس‌دهندگان اینترنت نیز باید به طرق مختلف سعی بر اضافه کردن پهنای باند دریافتی خود داشته باشند.

یکی از روش‌های دریافت اطلاعات با سرعت بالا استفاده از ماهواره می‌باشد. به زبان ساده ارسال اطلاعات به اینترنت از طریق خطوط تلفن معمولی، اینترانت، بیسیم و یا خطوط DSL است و دریافت اطلاعات از طریق ماهواره تأمین می‌گردد که به آن اینترنت یک‌طرفه گفته می‌شود. لذا با توجه به سرعت بسیار بالای دریافت اطلاعات، می‌توان از اینترنت با سرعتی ده‌ها برابر سریع‌تر از خطوط معمولی بهره‌گیری کرد.

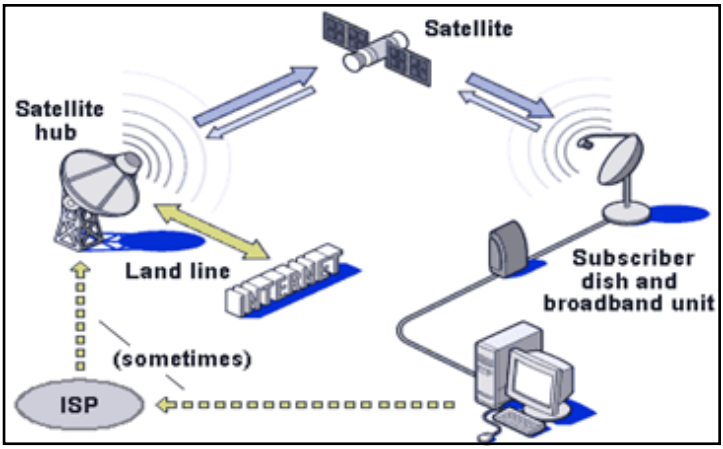
در واقع می‌توان گفت، سه نوع اینترنت ماهواره‌ای وجود دارد:

۱-۲- اینترنت آفلاین:

افراد مختلف در سراسر دنیا در حال استفاده از اینترنت ماهواره‌ای آنلاین و دانلود فایل‌های مختلف هستند و ماهواره برای آن‌ها فایل‌ها را ارسال می‌کند تا دریافت کنند. در این روش، می‌توان از سخت‌افزار اینترنت آنلاین یک‌طرفه استفاده کرده و برای دانلود فایل‌ها هیچ هزینه‌ای پرداخت نمی‌شود.

۲-۲- اینترنت یک‌طرفه:

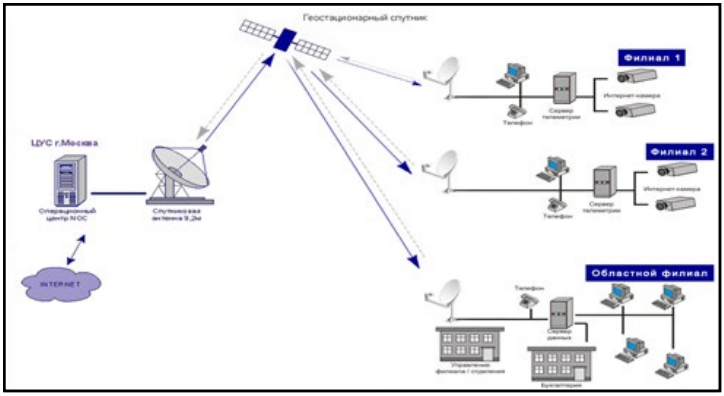
در این روش، دریافت اطلاعات از طریق دیش و ارسال اطلاعات از طریق خط تلفن یا adsl و یا ... صورت می‌گیرد. همچنین علاوه بر خرید تجهیزات اینترنت یک‌طرفه، باید ماهیانه هزینه‌ای به شرکت ارائه‌دهنده اینترنت ماهواره‌ای پرداخت شود که بسته به نوع سرویس، این هزینه‌ها متغیر است.



شکل ۱: اینترنت ماهواره‌ای یک‌طرفه

۳-۲- اینترنت دوطرفه:

بر اساس این روش، دریافت و ارسال اطلاعات از طریق دیش انجام می‌شود. به این صورت که اطلاعات از طریق LNB مخصوص دریافت می‌شود و اطلاعات از طریق دستگاهی به نام Transmiter به ماهواره ارسال می‌شود. در این روش قیمت تجهیزات سخت‌افزاری و نیز هزینه‌های ماهیانه نسبت به روش اول بسیار گران‌تر است.



شکل ۲: اینترنت ماهواره‌ای دوطرفه

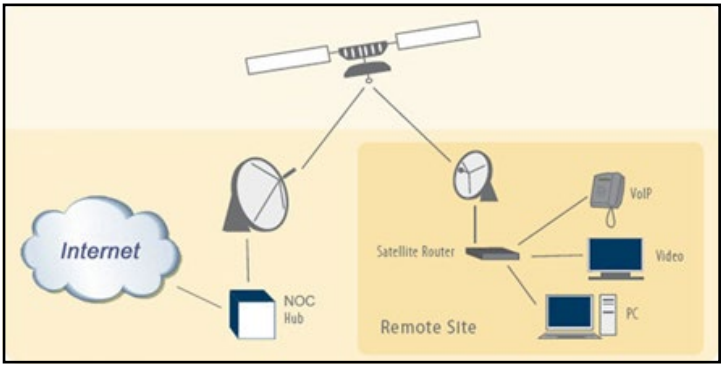
بخش سوم

بخش سوم

اینترنت ماهواره‌ای چگونه کار می‌کند؟

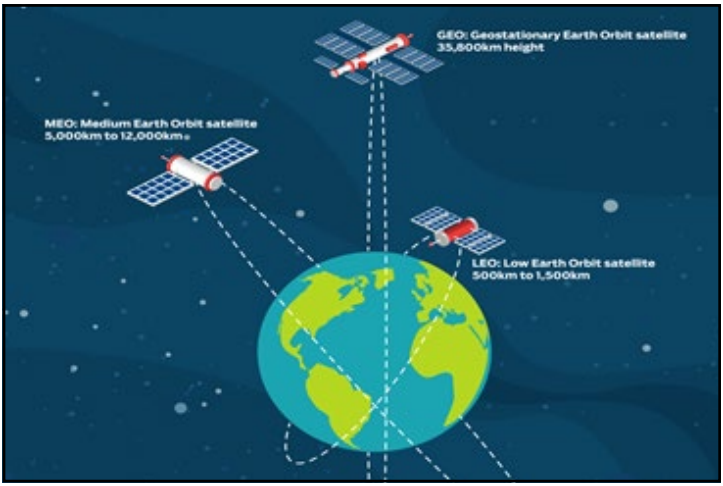
اینترنت ماهواره‌ای بیشتر در مواردی مورد استفاده قرار می‌گیرد که دسترسی به اینترنت زمینی و معمولی امکان‌پذیر نیست و یا از کیفیت بسیار پایینی برخوردار است. در این روش، بین دو نقطه که ارتباط سیمی و فیبری وجود ندارد، اطلاعات از طریق ماهواره بین آن دو نقطه به صورت تابش از نقطه اول به ماهواره و از ماهواره به نقطه دوم، منتقل می‌شود. معمولاً در این روش، داده و اطلاعات از ترمینال زمینی و از طریق دیش به ماهواره تابش شده و ماهواره آن را به نقطه دیگر (ترمینال زمینی دوم) بازتاب می‌کند. در این نوع ارتباط باید برای دریافت اطلاعات، از دیش یا وسیله گیرنده دیگری استفاده نمود. این ارتباط در شکل زیر نمایش داده شده است. در حال حاضر برقراری ارتباط اینترنت ماهواره‌ای صرفاً از طریق مدارهای ثابت دور زمین (GEO [1]) تجاری شده که در بخش بعد تشریح خواهد شد.

1. geostationary orbit



شکل ۳: نوع ارتباط ماهواره با ترمینال‌های زمینی

در یک دسته‌بندی کلی، مدارهای دور زمین به سه نوع مدارهای ثابت(GEO)، میانی (MEO [1]) و نزدیک(LEO) تقسیم‌بندی می‌شوند.



شکل۴: انواع مدارهای دور زمین

1. Medium Earth orbit6

۳-۱- مدارهای GEO

مدارهایی در فضا، به دور زمین وجود دارد که اگر ماهواره در آن قرار گیرد، این ماهواره از روی زمین، به صورت ثابت دیده می‌شود. آنچه اتفاق می‌افتد این است که ماهواره در واقع در حال چرخش به دور زمین، با همان سرعتی است که زمین در حال چرخش است. این مدارها، مدارهای ژئوسینکرون نامیده شده و حدوداً ۳۵۸۰۰ کیلومتر از خط استوا فاصله دارند. انتقال داده به وسیله ماهواره‌ها با سرعت نور انجام می‌شود. در ارتباط بین دو نقطه زمین از طریق ماهواره، فاصله بین زمین تا ماهواره باید ۴ بار طی شود.(از ترمینال زمینی اول به ماهواره، از ماهواره به ترمینال زمینی دوم و ارسال پاسخ از ترمینال زمینی دوم به ماهواره و از ماهواره به ترمینال زمینی اول). این باعث می‌شود تا برای برقراری این نوع ارتباط، زمان زیادی صرف شود که زمان تأخیر نامیده می‌شود. این زمان معادل تقسیم مجموعه فاصله بر سرعت نور محاسبه شده و به طور معمول حدود نیم ثانیه (۵۰۰ میلی‌ثانیه) است.

۳-۲- مدارهای MEO

مدارهای میانی زمین، که گاهی اوقات مدارهای دایره‌ای متوسط نامیده می‌شود، منطقه فضایی در اطراف زمین، بالاتر از مدارهای نزدیک و زیر مدارهای ژئوسینکرون است. این مدارها خانه ماهواره‌های فضایی بوده و دارای تعداد زیادی از ماهواره و قمرهای مصنوعی است. متداول‌ترین کاربردهای این ماهواره‌ها شامل ناوبری، ارتباطات و علم محیط زمینی/ فضایی[1] است. معمولاً ماهواره‌هایی که در این دسته از

1. geodetic/space environment science

مدارها هستند، بین ۵ تا ۱۲ هزار کیلومتری از زمین قرار می‌گیرند.

۳-۳- مدارهای LEO

مدارهای نزدیک زمین، به مدارهای با ارتفاع ۲۰۰۰ کیلومتر یا کمتر از زمین اطلاق می‌شود. معمولاً ماهواره‌هایی که در این دسته از مدارها قرار می‌گیرند، بین ۵۰۰ تا ۱۵۰۰ کیلومتری از زمین قرار می‌گیرند.

بخش چهارم

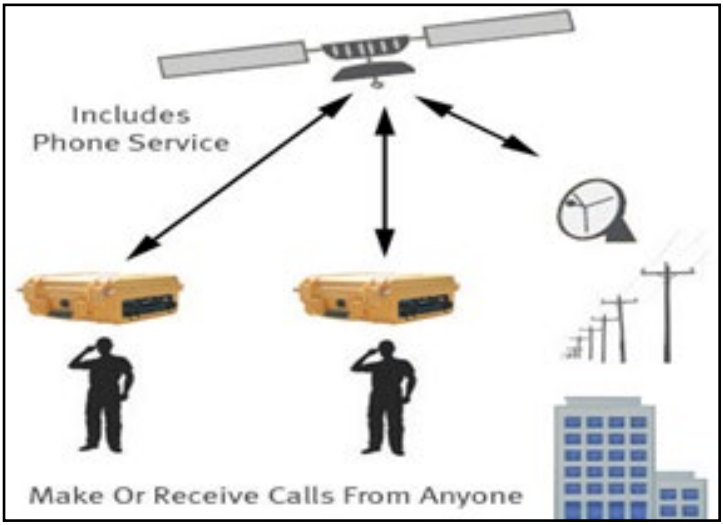
بخش چهارم

گیرنده‌های اینترنت ماهواره‌ای

در حال حاضر دسترسی به خدمات اینترنت ماهواره‌ای، به طور مستقیم توسط دستگاه‌های موبایل و کامپیوتر وجود ندارد. این ارتباط باید از طریق گیرنده‌هایی (ترمینال زمینی) برای کاربران تأمین شود. نکته حائز اهمیت این است که حتی شرکت‌های پیشرو و مطرح فعلی نیز، برای برقراری این نوع ارتباط به این گیرنده‌ها نیاز داشته و فقط سعی در کاهش اندازه و هزینه آن‌ها برای کاربران نهایی خود دارند. با توجه به هزینه مربوط به تأمین یک گیرنده، هزینه دسترسی به اینترنت ماهواره‌ای باید به یکی از دو طریق آزاد یا بسته‌ای از پیش پرداخت شده[1] پرداخت شود. هزینه دسترسی آزاد، برای هر مگ حدوداً ۵ دلار و در مقابل، در صورت انتخاب مشتری بسته‌های متنوعی وجود دارد که به عنوان مثال ۱۲۰۰ مگابایت، یک‌ساله و انتقال ترافیک با اولویت، حدوداً ۵۶۰۰ دلار هزینه دارد.

در شکل زیر امکان برقراری ارتباط توسط کاربران مختلف که دسترسی متنوعی در برقراری ارتباط با اینترنت دارند نشان داده شده است.

1. prepaid



شکل ۵: نحوه ارتباط کاربران با یکدیگر از طریق اینترنت ماهواره‌ای

۱-۴- دیش‌ها

یکی از روش‌های برقراری ارتباط اینترنت ماهواره‌ای، استفاده از دیش است. دیش‌ها به دو دسته کلی ثابت و متحرک تقسیم می‌شوند. دیش متحرک می‌تواند بر روی یک وسیله نقلیه نصب و در محل مورد نیاز وسیله نقلیه متوقف شده و برای دریافت سرویس تنظیم گردد.

1. Point

شکل ۶: دیش ثابت

۲-۴- گیرنده‌های قابل‌حمل دستی (فعلی)

در حال حاضر شرکت‌های متعددی همچون HughesNet، Viasat و groundcontrol به ارائه خدمات اینترنت ماهواره‌ای می‌پردازند. بعضی از آن‌ها کلیه خدمات مربوط به دسترسی به اینترنت و انتقال از طریق ماهواره را خود برعهده گرفته و بعضی از شرکای تجاری دیگری همانند ISP[1]ها استفاده می‌نمایند.

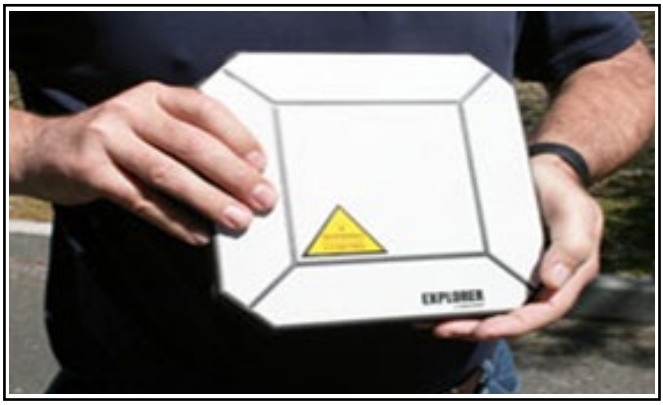
دستگاه‌های گیرنده قابل‌حمل دستی متنوعی در حال حاضر در بازار خارج از کشور، برای دریافت اینترنت ماهواره‌ای وجود دارد که در ادامه یکی از معمول‌ترین آن‌ها، معرفی خواهد شد. این دستگاه‌ها برای سرویس‌دهی باید به طور دستی با ماهواره‌های موجود در مدارهای ثابت (GEO) تنظیم شوند. البته این کار سخت نبوده و به کمک نشانگرهایی که روی دستگاه وجود دارد، توسط افراد عادی نیز قابل تنظیم است. این نوع از گیرنده‌ها بسته به قابلیت سرعت دسترسی، برد مسافتی بیسیم و ... قیمت حدودی بین ۱۲۰۰ تا ۴۲۰۰ دلار دارند.

1.Internet Service Providers

شکل ۷: دیش متحرک

۱-۲-۴- مدل Explorer 510

در شکل زیر، گیرنده اینترنت ماهواره‌ای با مدل Explorer 510، محصول شرکت groundcontrol نمایش داده شده و در ادامه ویژگی‌های آن بیان شده است.



شکل۸: دستگاه‌های گیرنده اینترنت ماهواره‌ای دستی مدل Explorer 510

۲-۲-۴- ویژگی‌های Explorer 510

- پوشش جهانی
- قابلیت اتصال با فشار یک دکمه و به صورت خودکار به اینترنت، پس از تنظیم با ماهواره، که این تنظیم کردن آسان بوده و توسط هر فردی قابل انجام است.
- امکان برقراری ارتباط اینترنت پرسرعت تا ۴۶۴ Kbps دانلود و ۴۴۸ Kbps آپلود.
- وزن بسیار سبک ۱/۴کیلوگرم
- تحمل شدید گرد و غبار و تغییرات آب و هوایی و دارای استاندارد IP66 [۱]
- ایجاد اتصال بیسیم برای سایر تجهیزات با فاصله کانونی ۱۰۰ متر
- قیمت تقریبی ۲۱۰۰ دلار (بدون بسته اینترنت)

۳-۴- گیرنده‌های قابل‌حمل خودکار (فعلی)

این نوع گیرنده‌ها، به طور خودکار با ماهواره‌های GEO تنظیم شده و نیازی به انجام فعالیتی از سوی کاربر ندارند. این نوع گیرنده‌ها با قیمتی بین ۱۲ تا ۱۴ هزار دلار در بازار خارج از کشور قابل تأمین است.

۱-۳-۴- مدل MCD-4800

در اشکال زیر، گیرنده اینترنت ماهواره‌ای با مدل MCD-۴۸۰۰، محصول شرکت groundcontrol نمایش داده شده و در ادامه ویژگی‌های آن بیان شده است.

۱. استاندارد مربوط به تحمل شرایط آب و هوایی فضای بیرونی (خارج از محیط بسته)

شکل۹: دستگاه گیرنده اینترنت ماهواره‌ای خودکار مدل MCD-4800

۲-۳-۴- ویژگی‌های MCD-4800

- اتصال به اینترنت ماهواره‌ای در سطح جهان به جز مناطق قطبی
- امکان برقراری ارتباط اینترنت پر سرعت تا Kbps ۴۶۴ دانلود و Kbps ۴۴۸ آپلود
- ایجاد اتصال بیسیم برای سایر تجهیزات با فاصله کانونی ۱۰۰ متر
- قابل راه‌اندازی توسط هر فردی در مدت زمان یک دقیقه
- امکان ارائه سرویس در محل ثابت یا در حال حرکت، در خشکی یا اقیانوس آزاد
- دارای ۱۱ کیلوگرم وزن
- تا ۵ ساعت باتری داخلی
- برای ارائه سرویس نیازی به گشودن جعبه آن نیست.
- امکان ارائه خدمت در باران‌های شدید
- قیمت حدودی ۱۳ هزار دلار (بدون بسته اینترنت)

بخش پنجم

بخش پنجم

کاربردهـای اینترنـت ماهواره‌ای

تاکنـون، هـدف خدمـات اینترنـت ماهـواره‌ای، ایجـاد دسترسـی بـا کیفیـت بـه اینترنـت در مکان‌هایـی کـه قبـلاً ایـن خدمـات وجـود نداشـت، بـرای کاربردهایـی چـون ردیابـی محمولـه و ارائـه اینترنـت بـه پایگاه‌هـای نظامـی بـوده اسـت. سـایر کاربردهـای مطـرح در خصـوص ایـن خدمـات، ایجـاد دسترسـی بـه اینترنـت بـرای کشـتی‌ها، هواپیماهـا یـا مصرف‌کننـدگان روسـتایی یـا کشـورهای در حـال توسـعه بـوده اسـت. امـا در نهایـت، شـرکت‌های فعـال در ایـن حـوزه، یـک هـدف مشـترک دارنـد: فراهم‌سـازی دسترسـی بـه اینترنـت در جایـی کـه ارتباطـات دیگـر اینترنتـی (فیبـری، سـیمی و بی‌سـیم) وجـود نداشـته و یـا بـه قدرکافـی وجـود نـدارد. البتـه ایـن کار را بایـد بـا هزینـه‌ای انجـام دهنـد کـه بـرای کاربـر نهایـی مقـرون بـه صرفـه بـوده و آن‌هـا نیـز بتواننـد مـدل تجـاری خـود را حفـظ نماینـد.

بخش ششم

بخش ششم

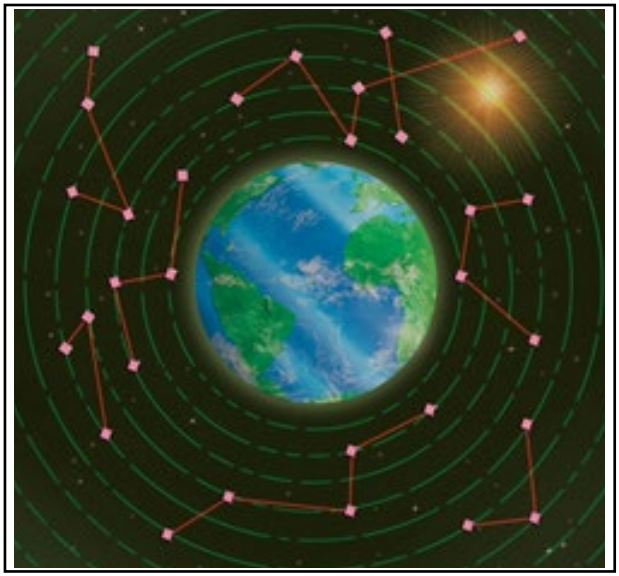
مـگا[1] منظومه‌هـای ماهواره‌ای

منظومه‌هـای ماهـواره‌ای دسـتگاه‌هایی هسـتند کـه در آن مفاهیـم منسـوخ شـدن یـا طـول عمـر دیگـر دغدغـه نیسـتند. منظومه‌هـای ماهـواره‌ای عـلاوه بـر تضمیـن افزونگـی و اسـتحکام، سیسـتمی را فراهـم می‌کننـد کـه در آن مفاهیـم منسـوخ شـدن یـا طـول عمـر دیگـر دغدغـه نباشـند. منظومه‌هـای ماهـواره‌ای مرتبـاً تجدیـد می‌شـوند و در واقـع اطمینـان از یـک سیسـتم پیشـرفته در نتیجـه ارتقـاء و به‌کارگیـری یافته‌هـای فنـاوری در حـال انجـام اسـت. ایـن تجدیـد مـداوم تضمیـن می‌کنـد کـه صاحـب منظومـه می‌توانـد در هـر زمـان یـک سـرویس مطلـوب فنـاوری ارائـه دهـد.

هـدف اصلـی مـگا منظومه‌هـای ماهـواره‌ای، تأمیـن اینترنـت پرسـرعت در گوشـه و کنـار کـره زمیـن اسـت. مـگا منظومه‌هـای ماهـواره‌ای، راه‌حلـی بـرای از بیـن بردن سـیگنال‌های مشـکل‌دار بیسـیم و اتصالات سـلولی اسـت. بـا وجـود اینکـه مـگا منظومه‌هـای ماهـواره‌ای، قابلیـت اتصـال بـه اینترنـت بـرای تقریبـاً هـر شـخصی در کـره زمیـن را دارنـد، فضـای کمتـری اشـغال کـرده و بـه طـور چشـمگیری، تعـداد ماهواره‌هـا در مـدار را بـا سـرعت زیـاد افزایـش می‌دهنـد. اکنـون می‌تـوان به‌طـور هم‌زمـان ده‌هـا هـزار ماهـواره را

1. Mega

در مدار ساخته، راه‌اندازی نموده و بهره‌برداری نمود. پیشرفت این فناوری بدون مجموعه‌ای از قوانین و مقررات بین‌المللی حاکم بر نحوه عملکردِ رهبران صنعت و شرکت‌های سازنده این منظومه‌ها[1] می‌تواند موجب ایجاد هرج‌ومرج گردد. لیست کامل منظومه‌های پیشنهادی در جدول زیر ارائه شده است.



شکل ۱۰: مگا منظومه‌های ماهواره‌ای

در تأمین ارتباطات اینترنت با زمین و ارتباط بین ماهواره‌ها، رابط‌های نوری (لیزری) با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند. بنابراین داده‌ها می‌توانند به جای بازگشت به زمین، در امتداد آسمان منتقل شوند. به عبارت دیگر مسیری به شکل یک پل را به جای یک V وارونه، برای انتقال طی نمایند. با استفاده از این روش، با تأمین اینترنت از

1. OneWeb Airbus JV، SpaceX، Airbus SSTLSS/Loral، China Aerospace Science and Industry Corp.Kuiper Systems LLC (Amazon)، Kepler Communication، Colorado Space Grant Consortium Lockheed Martin، Viasat، Spire Global و O۳B Boieng

گیت‌وی‌های زمینی خود می‌تواند حاکمیت کشورها را نقض نماید.

مشکل عمده منظومه‌های ماهواره‌ای ارتباطی موجود، نرخ پایین (به خصوص در مورد منظومه‌های GEO) و هزینه بالای ترمینال‌های زمینی است. در سال‌های اخیر دسته‌ای از منظومه‌ها به عنوان منظومه‌های ماهواره‌ای مگا یا بسیار بزرگ، صرفاً برای کاربرد داده (اینترنت) پیشنهاد شده‌اند. لیست کامل منظومه‌های پیشنهادی در زیر ارائه شده است.

جدول ۱: لیست شرکت‌های ارائه‌کننده مگا منظومه که قصد ارائه سرویس اینترنت ماهواره‌ای دارند.

نام منظومه	شرکت سازنده	کشور سازنده	تاریخ اخذ مجوز	تاریخ آغاز سرویس‌دهی (به صورت محدود)	تعداد ماهواره	ارتفاع	باند فرکانسی	سرویس	آخرین وضعیت
OneWeb constellation	OneWeb Airbus JV	انگلیس چندملیتی	۲۰۱۵	۲۰۲۱	۱۹۸۰_۸۸۲	۱۲۰۰ km	Ku, Ka,V	up to ۵۹۵ Mbit/s	فوریه ۲۰۱۹ شش ماهواره را پرتاب نمود.
Starlink	SpaceX	آمریکا	۲۰۱۵	۲۰۲۱	۴۴۲۵_۱۱۹۴۳	۵۵۰-۱۲۲۵km	Ku, Ka,V	up to ۱ Gbit/s	تا جون ۲۰۱۹ نزدیک به ۱۸۲ ماهواره را پرتاب نموده است
Telesat LEO	Airbus SSTLSS/Loral	کانادا	۲۰۱۶	۲۰۲۱	۵۱۲_۱۱۷	۱۰۰۰_۱۲۴۸km	Ka	like fiber optic cable-	دو نمونه اولیه در سال ۲۰۱۸ پرتاب شده است
CASIC Hongyun	China Aerospace Science and Industry Corp	چین	۲۰۱۷	۲۰۲۲	۱۵۶	۲۰۰۰_۱۶۰۰ km	N/A	N/A	یک نمونه در سال ۲۰۱۸ پرتاب شده است
Project Kuiper	Kuiper Systems LLC (Amazon)	آمریکا	۲۰۱۹	N/A	۳۲۳۶	۶۳۰_۵۹۰ km	Ka	broadband	فایلینگ در جولای ۲۰۱۹ / پرتاب در پنج فاز کاری شروع از ۲۰۲۱

نام منظومه	شرکت سازنده	کشور سازنده	تاریخ اخذ مجوز	تاریخ آغاز سرویس‌دهی (به صورت محدود)	تعداد ماهواره	ارتفاع	باند فرکانسی	سرویس	آخرین وضعیت
Kepler	Kepler Communication	کانادا	۲۰۱۹	۲۰۲۳	۱۴۰	۶۷۵ km	N/A	M۲M, IOT	با توجه به نزدیکی شرایط با اسپیس ایکس از پرتاب‌کننده‌های این شرکت استفاده می‌نماید.
Theia	Colorado Space Grant Consortium Lockheed Martin.	آمریکا	۲۰۱۹	N/A	۱۲۰	۸۰۰ km	Ku, Ka	N/A	N/A
Viasat-۴	Viasat	آمریکا	۲۰۱۹	N/A	۲۴	۸۲۰۰ km	Ka, V	N/A	N/A
Spire Global	Spire Global	آمریکا	۲۰۱۹	N/A	۱۰۰	۸۰۰ km	Ka	N/A	N/A
O۳B mPower	O۳B Boieng	چندملیتی	۲۰۱۷	۲۰۲۱	۶۰	۸۰۰۰ km	Ka, V	۱ Gbit/s for a cruise ship	قبلاً ۲۰ ماهواره شبکه O۳B را تکمیل نموده است و در حال راه‌اندازی شبکه جدید O۳B mPower است.

N/A به معنای در دست نبودن اطلاعات است.

بخش هفتم

بخش هفتم

چالش‌ها و مشکلات

بزرگ‌ترین چالش کیفیت خدمات اینترنت ماهواره‌ای، تأخیر زیاد آن‌ها به جهت طی کردن مسافت زمین تا مدارهای GEO توسط داده و اطلاعات است. باید توجه نمود که این مسافت با سرعت نور و در ۴ رفت‌وبرگشت صورت می‌گیرد (ارسال داده از فرستنده به ماهواره، از ماهواره به گیرنده، ارسال پاسخ از گیرنده به ماهواره و از ماهواره به فرستنده). شرکت‌هایی که در دور جدید ارائه این خدمت فعالیت می‌کنند، هر یک سعی دارند این زمان تأخیر را با روش‌هایی چون استقرار شبکه ماهواره‌ای در مدارهای میانی و نزدیک یا استفاده از الگوریتم‌های فناورانه کاهش دهند. لازم به ذکر است که استقرار ماهواره در مدارهای میانی یا نزدیک زمین، دارای چالش‌ها و اشکالاتی است.

۱-برخوردهای فیزیکی:

تعدد ماهواره‌ها در مدارهای میانی و نزدیک زمین، احتمال برخورد آن‌ها با یکدیگر را افزایش می‌دهد. علاوه بر این، برخورد آن‌ها در مدارهای مختلف با یکدیگر و یا برخورد آن‌ها با اجسام فضایی، منجر

به ایجاد ده‌ها و صدها شیء و زباله فضایی شده که ممکن است در اثر معلق بودن در فضا، به ماهواره‌ها برخورد نموده و باعث از بین رفتن آن‌ها شود.

۲- اینترنت ماهواره‌ای در مقابل فیبری:

اینترنت ماهواره‌ای در مقابل اینترنت تأمین شده از طریق فیبرنوری، به اندازه کافی سریع، قابل اطمینان و مقرون به صرفه نیست تا بتواند با آن رقابت نماید.

۳- رگولاتوری:

مقررات مربوط به ماهواره‌هایی که در مدارهای غیرثابت زمین قرار دارند، ده‌ها سال است که بین آژانس‌ها در داخل و خارج از ایالات‌متحده تقسیم شده‌اند. ناسا،FAA، DOD[1]، FCC[2] و حتی اتحادیه ارتباطات بین‌المللی سازمان ملل[3] در این بازی مشارکت دارند. این امر باعث شده تا مجموعه قوانین منسجم و یکپارچه‌ای وجود نداشته باشد.

در واقع این مسئله نسبت به موضوعات دیگر پیچیده‌تر است. زیرا ماهواره‌های مستقر در مدارهای نزدیک زمین، از بسیاری از کشورها عبور می‌کنند. اتحادیه بین‌المللی ارتباطات[4] نقشی مانند FCC ایفا نموده و طیف‌ها را تعیین می‌کند، اما برای فعالیت در داخل یک کشور، یک شرکت باید از آن کشور مجوز لازم را دریافت کند.

1. U.S. Department of Defense
2. Federal Aviation Administration
3. UN›s International Telecommunication Union
4. International Telecommunication Union

۵- ترمینال‌های گیرنده

بر روی زمین، کاربران باید از ترمینال‌های گیرنده استفاده نمایند. صرف نظر از قیمت‌های آن‌ها که هزینه مضاعفی را برای کاربر به همراه دارد، یک دستگاه دیگر به تجهیزات کاربر اضافه می‌نماید. در نسل‌های گذشته این ترمینال‌ها، بایستی کاربر آن را به سمت ماهواره‌های معلق در آسمان تنظیم می‌نمود ولی در نسل‌های جدید، این دستگاه‌ها کار را به صورت خودکار انجام خواهند داد.

۶- تأخیر

زمان تأخیر در برقراری ارتباط، کماکان یکی از مهم‌ترین مشکلات کیفیت خدمات اینترنت ماهواره‌ای است. این موضوع در زمان دانلود یک فایل یا خواندن یک صفحه اینترنتی شاید موضوعی نباشد که به چشم آید، ولی در زمان کنفرانس‌های ویدئویی، معاملات مالی و بورس کالا، اینترنت اشیاء، بازی‌های آنلاین و یا رسانه‌های تعاملی بسیار آزار دهنده است. این مسئله که تأخیر تا چه اندازه مهم بوده، قابل بحث است. بیشتر پهنای باند مورد استفاده در سراسر جهان، برای ترافیک‌های ویدئویی است. هنگامی‌که یک ویدیو شروع و به درستی بافر[1] شد، زمان تأخیر، به یک مسئله کم اهمیت تبدیل شده و بازدهی از اهمیت بیشتری برخوردار خواهد شد. جای تعجب نیست که شرکت‌های Viasat و HughesNet علاوه بر تلاش در کاهش زمان تأخیر، بر آن هستند تا اهمیت تأخیر برای کاربردها و برنامه‌ها را به حداقل برسانند. شرکت HughesNet از یک الگوریتم برای اولویت‌بندی ترافیک و بهینه‌سازی تحویل داده بر اساس آنچه کاربران جستجو

1. buffered

می‌کننـــد، اســـتفاده می‌کنـــد و Viasat بـــه دنبـــال تکمیـــل ماهواره‌هـــای خـــود در مدارهـــای میانـــی زمیـــن اســـت.

۷- اشتراک طیف:

نحـــوه اشـــتراک طیـــف ارتباطـــات بـــرای ماهواره‌هـــای موجـــود و آینـــده، چالشـــی اســـت کـــه در حـــال حاضـــر شـــرکت SpaceX بـــا FCC دارد.

۸- زباله‌های فضایی:

چگونگـــی جلوگیـــری از ایجـــاد ضایعـــات فضایـــی و یـــا تخلیـــه آن‌هـــا موضوعـــی اســـت کـــه ارائه‌دهنـــدگان خدمـــات اینترنـــت فضایـــی بایـــد بـــا تعامـــل بـــا ناســـا یـــا DOD بـــه توافـــق رســـند. هـــر دو دســـتگاه، اشـــیاء دور مدارهـــای زمیـــن را بـــرای پیشـــگیری از تصـــادف ردیابـــی می‌کننـــد، امـــا هیچ‌یـــک نهـــاد قانون‌گـــذار در ایـــن حـــوزه نیســـتند.

عـــلاوه بـــر ایـــن، در ســـال‌های اخیـــر مـــگا منظومه‌هـــا بـــا مخالفت‌هایـــی مواجـــه شـــده‌اند. اصلی‌تریـــن مســـائل عبارت‌انـــد از :

۱- هزینه‌های بسیار بالای مدیریت و راه‌اندازی مجموعه
۲- افزایش قابل توجه زباله‌های فضایی در سال‌های پیش‌رو
۳- ایجـــاد مزاحمـــت جـــدی برای منجمان، ســـتاره شناســـان و دانشـــمندان علـــوم فیزیک
۴- تداخـــل فرکانســـی بـــه خصوص بـــا ماهواره‌هـــای هواشناســـی در باند ka
۵- ایجاد مزاحمت برای سایر پرتاب‌کنندگان و فضانوردان

بخش هشتم

بخش هشتم

ماهواره‌های کوچک

به دلیل تأخیر زمانی[1] در انتقال اطلاعات به واسطه فاصله زیاد ماهواره‌های مخابراتی از زمین، امروزه ماهواره‌های مخابراتی در حال گذار به منظومه‌های ارتفاع پایین LEO، در فاصله کمتر از دو هزار کیلومتری از زمین هستند. در این ارتفاع تعداد ماهواره‌های بیشتری برای پوشش کامل زمین لازم خواهد بود و به همین دلیل این کار توسط مجموعه‌ای از ماهواره‌های کوچک انجام می‌گیرد و با این وجود سرعت انتقال اطلاعات در فواصل زیاد روی زمین، حتی از فیبرنوری هم بیشتر می‌شود.

هزینه طراحی این ماهواره‌ها به دلیل کوچک بودن کم‌تر است و با استاندارد شدن قطعات ماهواره‌ها، تولید انبوه آن‌ها آسان‌تر و ارزان‌تر نیز خواهد بود. علاوه بر این، به دلیل داشتن وزن کم، هزینه پرتاب آن‌ها نیز کم‌تر بوده و در عین حال، توانایی پوشش‌دهی به مناطق وسیع‌تری را دارند و در بعضی کاربردها، مانند جمع‌آوری اطلاعات علمی یا رله سیگنال، مؤثرتر از ماهواره‌های عادی عمل می‌کنند. از جمله مأموریت‌های اختصاصی که برای ماهواره‌های کوچک تعریف می‌شود، می‌توان به جمع‌آوری داده به طور هم‌زمان از چند نقطه

1. Latency

توسط مجموعه‌ای از ماهواره‌های کوچک، بررسی ماهواره‌های بزرگ‌تر در مدار و تحقیقات دانشگاهی اشاره کرد.

ماهواره‌های کوچک در انواع مختلف ماهواره‌های پیکو (Pico-Satellite) با جرم کمتر از ۱ کیلوگرم، ماهواره‌های نانو (Nano-Satellite) با جرم بین ۱ تا ۱۰ کیلوگرم، ماهواره‌های میکرو (Micro-Satellite) با جرم بین ۱۱ تا ۱۰۰ کیلوگرم و ماهواره‌های مینی (Mini Satellite) با جرم ۱۰۱ تا ۵۰۰ کیلوگرم، از مهم‌ترین دستاورد شرکت‌های سرمایه‌گذار در حوزه اینترنت ماهواره‌ای هستند. طبقه‌بندی ماهواره‌های کوچک بر اساس جرم آن‌ها در جدول زیر مشاهده می‌شود.

جدول ۲ : طبقه‌بندی ماهواره‌های کوچک

عنوان ماهواره کوچک	جرم
Pico-Satellite	≤۱ kg
Nano-Satellite	۱-۱۰ kg
Micro-Satellite	۱۱-۱۰۰ kg
Mini-Satellite	۱۰۱- ۵۰۰ kg

ماهواره‌های کوچک برای پیشرانش، کنترل وضعیت، ارتباطات و پردازش، نیازمند سیستم‌های بروز هستند. به عنوان مثال برخلاف پیشران‌های پیچیده و حجیم مورد استفاده در ماهواره‌های بزرگ، ماهواره‌های کوچک نیازمند پیشران‌های ساده، کوچک و ارزان هستند. همچنین ماهواره‌های کوچک به دلیل در اختیار داشتن توان کم و ابعاد کوچک، برای برقراری ارتباط نیازمند استفاده از فناوری‌های به روز مینیاتوری هستند. چالش اصلی که این صنعت را تهدید می‌کند،

ظرفیت و قابلیت اطمینان پرتابگرهاست. پرتاب‌های ناموفق گذشته یادآور این مسئله هستند که فضا همچنان یک صنعت خطرپذیر است.

۱-۸- نانو ماهواره‌ها

نانوماهواره‌ها، یکی از انواع ماهواره‌های کوچک یا گروه‌هایی از منظومه‌ها هستند که پشتوانه، افزونگی و ریزدانگی[1] خدمات خود را ارائه می‌دهند. هر ماهواره در یک منظومه هر ۲-۴ سال یک‌بار بازسازی می‌شود، در نتیجه تضمین می‌شود که اپراتور همیشه یک سرویس با ریسک کم و بهینه را با به‌کارگیری ارتقاء فن‌آوری دریافت می‌کند.

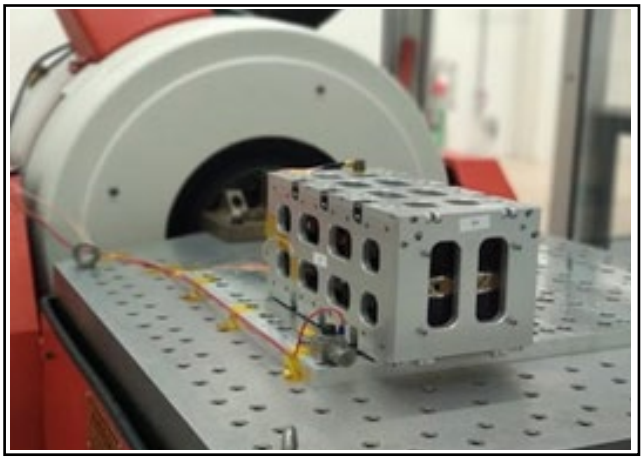
از ویژگی‌های خاص این ماهواره‌ها در مقابل ماهواره‌های سنتی، اندازه کوچک‌تر، هزینه‌های پایین‌تر و زمان تولید و توسعه کوتاه‌تر آن است. بطوریکه در مقایسه با ماهواره‌های سنتی بزرگ، بسیار کوچک و وزن آن‌ها کمتر از ۱۵۰ کیلوگرم است.

۱-۱-۸- مدت زمان توسعه

علاوه بر اندازه و هزینه آن‌ها، بزرگ‌ترین مزیت یک ماهواره نانو ، مدت زمانی کوتاه است که برای تولید و توسعه هر مدل از آن مورد نیاز است. یک ماهواره با اندازه متوسط یا بزرگ بین ۵ تا ۱۵ سال زمان نیاز دارد تا در راستای یک نیاز مشخص در مدار مناسب تحت پارامترهای عادی قرار گیرد. بین شروع و پایان عملیات، ممکن است نیازها تغییر کرده باشد، به این معنی که استفاده‌های اولیه برنامه‌ریزی شده دیگر مناسب بازار نیستند. از این گذشته، فناوری ارتباطات به طور

1. granularity

مـداوم در حال تغییر و به روز شـدن هسـتند و در نهایـت ماهواره‌های معمولی بـا فناوری‌هـای ۱۵ سـاله بـه کار خـود پایـان می‌دهنـد. به‌روزرسـانی مـداوم ماهواره‌هـای بـزرگ غیرممکـن اسـت حتـی در صـورت ایجـاد فرصـت بـازار یـا فنـاوری، امـکان تغییـر آن‌هـا وجـود نـدارد. درحالی‌کـه ماهواره‌هـای نانـو می‌تواننـد در کمتـر از ۸ مـاه، نیـاز را تشـخیص داده و در مـدار قـرار گیرنـد.



شکل ۱۱: زمان توسعه کمتر از ۸ ماه برای ماهواره‌های نانو

۱-۲-۸- هزینه توسعه

توسـعه ماهواره‌هـای کوچـک مطابـق بـا اسـتانداردهای معلـوم، به کاهش هزینه‌هـای مراحـل تحقیـق و فنـی کمـک می‌کنـد. ایـن امـر بـه میـزان قابل‌توجهـی بـر ممانعـت بـر ورود بـه فضـا مقابلـه کـرده و از زمـان معرفـی تاکنـون منجـر بـه افزایـش شـدید محبوبیـت آنهـا شـده اسـت. بسـته بـه مشـخصات، یـک ماهـواره نانـو با ۵۰۰۰۰۰ یورو سـاخته شـده و در مـدار قرار می‌گیـرد. در مقایسـه، هزینـه ماهـواره معمولـی می‌توانـد تـا ۵۰۰ میلیـون

یورو باشد. خصوصاً ظهور ریز پرتاب‌ها[1] در سراسر جهان که منحصراً برای قرار دادن ماهواره‌های کوچک در مدار اختصاص یافته‌اند، هزینه‌های پرتاب را کاهش داده‌اند.

علاوه بر توسعه واقعی هر ماهواره، راه‌اندازی یک ماهواره نانو به عنوان بخشی از منظومه، خطر حضور در هر مأموریت فضایی را در بین بخش‌های کوچک‌تر تقسیم می‌کند. در نتیجه، اگر یک نانو ماهواره از بین رود یا عملکرد یکی از واحدها مختل شود، می‌تواند به سرعت در بازه‌های زمانی مقرون به صرفه و با هزینه مناسب جایگزین شود. در مقابل، خرابی یک ماهواره در ابعاد بزرگ ممکن است کل این مأموریت را به خطر اندازد.

کاهش هزینه ماهواره‌های نانو به معنای قابلیت اطمینان بالاتر آن‌ها نیست. با استفاده از روش‌های صحیح، مانند ماتریس فضایی آلن[2] در هر دو مرحله طراحی ماهواره و آزمایش، موفقیت یک مأموریت را می‌توان تضمین کرد و تنها فاکتورهایی که نمی‌توان به صورت تصادفی کنترل کرد، حوادثی مانند خرابی‌های پرتاب، طوفان‌های خورشیدی، تأثیر یک شهاب‌سنگ یا یک قطعه زباله فضایی و یا دیگر موارد است.

۱-۳-۸- کیوب‌ستلایت[3]

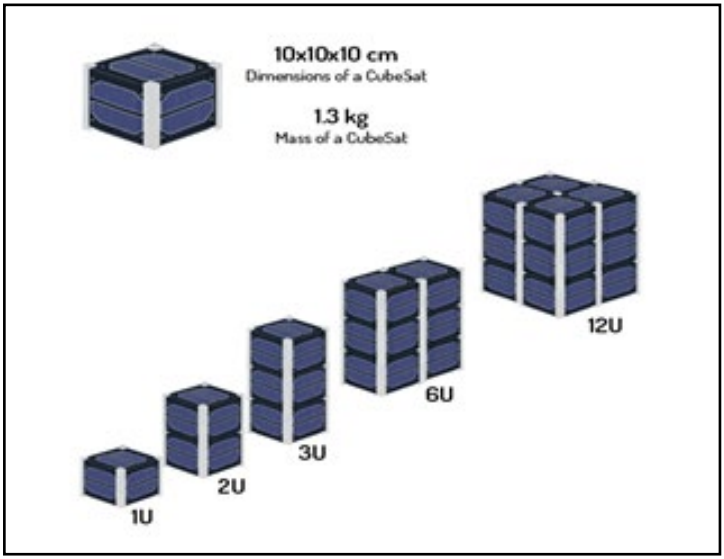
کیوب‌ست اولین بار در سال ۱۹۹۹ توسط دانشگاه ایالتی پلی‌تکنیک کالیفرنیا و دانشگاه استنفورد به عنوان پلتفرمی برای آموزش و کاوش فضایی توسعه داده شد. امروزه توسعه کیوب‌ست به یک صنعت تبدیل شده است و دولت‌ها، صنایع و دانشگاه‌ها برای افزایش

1. Micro-launchers
2. the Alén Space Matrix
3. Cube Satellite

قابلیت‌های کیوب‌ست‌ها با یکدیگر همکاری می‌کنند. منظومه‌ای از کیوب‌ست‌ها یک پلتفرم ارزان‌قیمت برای تحقیقات علمی، اثبات فناوری‌های جدید و مأموریت‌های پیشرفته فراهم می‌آورد.

کیوب ستلایتها، به عنوان نوعی از ماهواره‌های نانو، مجموعه‌ای از معیارهای خاص را در شکل و اندازه و وزن مشخص دارند. کیوب‌ستلایت، طراحی خاصی از ماهواره‌های نانو با جرم کمتر از ۱/۳۳کیلوگرم و ابعاد استاندارد هستند. وزن این ماهواره‌ها، یک‌دهم وزن ماهواره‌های سنتی است و با سانتی‌متر اندازه‌گیری می‌شود. استانداردسازی کیوب‌ست‌ها، استفاده از قطعات الکترونیکی تجاری و انتخاب تعداد زیادی از تأمین‌کنندگان فناوری را ممکن می‌سازد و از این طریق هزینه‌های پروژه‌های مهندسی و توسعه کیوب‌ست‌ها را در مقایسه با سایر انواع ماهواره کاهش می‌دهد.

واحد استاندارد اندازه کیوب‌ست‌ها، ۱U است که ۱۰×۱۰×۱۰ سانتی‌متر طراحی شده است. البته کیوب‌ست‌های بزرگ‌تری در اندازه‌های ۲، ۳، ۶ و ۱۲U هم وجود دارند. کیوب‌ست‌ها با استفاده معمول در اندازه‌های ۱-۳U و ۶U هستند. علاوه بر این، استاندارد جدیدی برای ماهواره‌ها با عنوان پاکت‌کیوب (Pocketcube)، با جرم کمتر از ۲۵۰ گرم و ابعاد ۵ × ۵ × ۵ سانتی‌متر تعریف شده است.



شکل ۱۲: جرم و ابعاد استاندارد کیوب‌ست‌ها

۱-۴-۸- کاربرد نانو ماهواره‌ها

ماهیت نانوماهواره‌ها به طور طبیعی متفاوت است و در چندین صنعت خاص به طور خاص به‌کارگرفته می‌شود:

- نظارت زمین: جمع‌آوری و تفسیر داده‌ها برای مدیریت صحیح منابع طبیعی و توسعه اقتصادهای پایدار ضروری است. تحلیل تأثیر انسان بر کشاورزی، جنگل، زمین‌شناسی و محیط‌زیست به منظور بهبود شرایط زندگی از اهمیت بسیاری برخوردار است.
- ارتباطات و اینترنت اشیاء: ماهواره‌های نانو، پایه و اساس توسعه اینترنت اشیاء در مقیاس جهانی هستند و مناطقی از جهان را بدون پوشش ارتباطات زمینی از طریق زیرساخت‌های موجود در فضا به هم متصل می‌کند. تعداد اشیاء و شبکه‌های حسگر در حال

فزاینده‌ای وجود دارد که به اتصالات و ارتباطات جهانی نیاز دارند.

• جغرافیایی[1] و لجستیک: دستیابی به دارایی‌ها (هواپیما، کشتی، وسایل نقلیه و غیره) می‌تواند در مناطقی که پوشش زمینی وجود ندارد، غیرممکن یا بسیار گران تمام شود. منظومه ماهواره‌ای نانو در فضا و ارائه یک چشم‌انداز جهانی، می‌تواند نظارت فوری بر گروه‌های مختلف دارایی در هر نقطه از کره زمین داشته باشد. ماهواره‌های نانو می‌توانند شبکه‌های فعلی را با ارائه راه‌حل‌های پیچیده مدیریت لجستیکی تکمیل کنند.

• نظارت بر سیگنال (SIGINT)[2]: ماهواره‌های نانو می‌توانند سیگنال‌های رادیویی منتقل شده از زمین را تحت نظر داشته باشند. به این معنی که در صورت بروز فاجعه می‌توانند اطلاعات اولیه درباره میزان تأثیر و مناطق جدی که تحت تأثیر قرار گرفته‌اند را تهیه کرده و برنامه‌ریزی مؤثرتری در زمینه امداد و نجات ارائه دهند.

• کاربردهای خاص: علاوه بر راه‌حل‌های تجاری، این ماهواره‌ها می‌توانند برای برنامه‌های نظارت فضا، مأموریت‌های بین سیاره‌ای، آزمایش سیستم‌ها در مدار یا تحقیقات زیست پزشکی استفاده شود. همچنین این ماهواره‌ها، درگاهی برای توسعه برنامه‌های فضایی در برخی کشورها هستند.

1. Geolocation
2. Signal Monitoring

بخش نهم

بخش نهم

شرکت های پیشرو و سرمایه‌گذاران اینترنت ماهواره ای

کاهش هزینه ساخت ژیروسکوپ و باتری‌های پیشرفته برای تلفن همراه از یک‌سو و کاهش هزینه‌های ساخت و ارسال ماهواره از سوی دیگر، موجب شده اینترنت ماهواره‌ای مورد توجه شرکت‌های بزرگی قرار گیرد. به علاوه پیشرفت فناوری‌های مرتبط با کوچک‌سازی ماهواره‌ها، افزایش ظرفیت آن‌ها و ارتباطات بین ماهواره‌ای باعث شده دوران استفاده از دیش‌های بزرگ به پایان رسد.

با اینکه سرمایه اولیه موردنیاز برای فعالیت در حوزه فضایی بالاست ولی امکان رشد اقتصادی در این حوزه، بسیار بیشتر از تجارت‌های دیگر است. علاوه بر این، ظرفیت عظیم موجود در اینترنت فضایی و تصویربرداری به هنگام[1] از زمین، توجه سرمایه‌گذاران را به تجارت فضایی جلب کرده است. طی سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۵ کم‌تر از ۱۵ ماهواره کوچک به فضا پرتاب شدند، در سال ۲۰۱۳ این تعداد به ۹۲ ماهواره رسید و بین سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۹ بیش از ۵۰۰ ماهواره کوچک به مدار فرستاده شدند. شرکت‌های تخصصی همچون اسپیس ایکس (SpaceX) و وان وب (OneWeb) و شرکت‌های غیرتخصصی همچون ایرباس، کوکاکولا، ویرجین‌گروپ، سافت‌بنک و ... از سرمایه‌گذاران

1.Real-Time

مطرح در حوزه اینترنت ماهواره‌ای هستند.

۱-۹- شرکت SpaceX

SpaceX ، یک شرکت خصوصی است که در سال ۲۰۰۲ توسط مدیر اجرایی و طراح به‌عنوان انقلابی در فن‌آوری‌های فضایی، با هدف نهایی امکان پذیرکردن تبدیل بشریت به یک گونه چند سیاره‌ای تأسیس گردیده است. این شرکت، طراحی، تولید و پرتاب موشک‌های پیشرفته و فضاپیما را راه‌اندازی می‌کند. تقریباً ۵۰۰۰ کارمند در ایالات‌متحده در دفتر مرکزی شرکت در هاثورن[1] کالیفرنیا مستقر بوده و امکاناتی در ایستگاه نیروی هوایی کیپ کاناوراول[2] و مرکز فضایی کندی[3]، فلوریدا و نیروی هوایی واندنبرگ[4]، کالیفرنیا؛ تأسیسات پرتاب خصوصی در حال ساخت در براونویل[5]، تگزاس و دفاتری در واشنگتن راه‌اندازی نموده است.

SpaceX به عنوان ارائه‌دهنده سریع‌ترین فضای تجاری جهان شناخته شده است که خدمات حمل‌ونقل فضایی را راه‌اندازی می‌کند. از زمان تأسیس آن در سال ۲۰۰۲ ، SpaceX به یک سری از نقاط عطف تاریخی رسیده است. در دسامبر سال ۲۰۱۰، SpaceX اولین شرکت خصوصی بود که یک فضاپیما (دراگون) را با موفقیت پرتاب کرده است. در دسامبر سال ۲۰۱۵، SpaceX اولین موفقیت در تقویت نمودن موشک به مرحله بعد از حمل بار به فضا را به دست آورد و از آن زمان به بعد پنج فروند فرود آمده است (چهار مورد از آن‌ها در هواپیمای بدون سرنشین در دریا بودند). SpaceX قصد دارد از اولین تقویت‌کننده‌های ثابت شده برای پرواز برای راه‌اندازی آینده

1. Hawthorne
2. Cape Canaveral
3. Kennedy
4. Vandenberg
5. Brownsville

ماهواره تجاری استفاده مجدد نماید.

فعالیت‌های فعلی و برنامه‌ریزی شده بر پایه فضای SpaceX، بیانگر تعهد آن به فضا است. این شرکت با انجام عملیات مبتنی بر فضا و کاهش ضایعات، بسیار باتجربه عمل کرده و جهت اطمینان از ایمنی مداوم در عملیات فضایی، روابط عمیقی با نهادهای داخلی و بین‌المللی برقرار می‌کند. SpaceX این تعهد و تجربه را از همه جنبه‌ها فراهم می‌آورد.

سیستم SpaceX متشکل از منظومه[1] ماهواره‌های مدار پایین زمین و فن‌آوری‌های مبتنی بر زمین هستند که شامل ترمینال‌های ارزان و سبک کاربر خواهد بود. این سیستم طیف کارآمد باند Ku و Ka را با شبکه‌های زمینی و ماهواره‌ای («GSO») بدون دخالت به اشتراک می‌گذارد. این سیستم تحت پوشش شبکه ساخته شده به نمایندگی از SpaceX در ارتباطات از راه دور («ITU») توسط ایالات متحده و نروژ ایجاد شده است.

SpaceX سیستم خود را برای دستیابی به اهداف زیر طراحی کرده است:

ظرفیت بالا: هر ماهواره در سیستم SpaceX بسته به میزان دستیابی به ترمینال کاربر درگیر ، ظرفیت downlink کل را برای کاربران از ۱۷ تا ۲۳ گیگابیت در ثانیه فراهم می‌کند. با فرض متوسط ۲۰ گیگابیت در ثانیه ، ۱۶۰۰ ماهواره در استقرار اولیه، ظرفیت کل ۳۲ اسب بخار را دارند. SpaceX در طی استقرار چندساله سیستم، ماهواره‌ها را به طور دوره‌ای بهبود می‌بخشد، و امکان افزایش ظرفیت نیز وجود دارد.

1. constellation

سازگاری بالا: این سیستم از فن‌آوری آرایه مرحله‌ای استفاده می‌کند تا به‌طور پویا استخر بزرگی از پرتوها را برای متمرکز کردن ظرفیت در جایی که لازم باشد، هدایت کند. پیوندهای بین ماهواره‌ای نوری، مسیریابی منعطف از ترافیک را در مدار مجاز می‌کند. علاوه بر این، منظومه تضمین می‌کند که از فرکانس‌ها می‌توان به طور مؤثری در ماهواره‌های مختلف استفاده کرد تا انعطاف‌پذیری و ظرفیت و استحکام کلی سیستم را افزایش دهد.

خدمات پهن باند: این سیستم قادر به ارائه خدمات پهن باند با سرعت حداکثر ۱ گیگابیت بر ثانیه برای هر کاربر نهایی است. استفاده از مدارهای سطح زمین به سیستم کمک می‌کند تا زمان‌های تأخیر در حدود ۲۵-۳۵ میلی‌ثانیه باشد.

پوشش جهانی: با استقرار ۸۰۰ ماهواره اول، این سیستم قادر خواهد بود اتصال پهن باند ایالات‌متحده و بخش بین‌المللی را فراهم کند. این سیستم با استقرار کامل، ظرفیت و قابلیت دسترسی در خط استوا و قطب را برای پوشش جهانی فراهم می‌کند.

کم‌هزینه: SpaceX در حال طراحی سیستمی با هزینه کم و قابلیت اطمینان است، از طراحی و ساخت فضا و عناصر مبتنی بر زمین تا راه‌اندازی و استقرار سیستم با استفاده از خدمات SpaceX، توسعه پایانه‌های کاربر و نرخ اشتراک کاربر نهایی.

سهولت استفاده: طراحی مرحله‌ای[1] آنتن کاربر توسط SpaceX برای کاربر با پروفایل محدود جهت نصب و راه‌اندازی آسان بر روی دیوارها یا سقف‌ها امکان‌پذیر است.

سیستم SpaceX شامل ۴،۴۲۵ ماهواره است که در ۸۳ مدار فعالیت

1. Phased-array

می‌کنند. منظومه کلی به شرح زیر پیکربندی می‌شود:

جدول ۳ : مشخصات منظومه سیستم SpaceX

SpaceX System Constellation					
پارامتر	استقرار پایانی (۲۸۲۵ ماهواره)				استقرار اولیه (۱۶۰۰ ماهواره)
مداری	۶	۵	۸	۳۲	۳۲
تعداد ماهواره ها به ازای مدار	۷۵	۷۵	۵۰	۵۰	۵۰
ارتفاع	۱۳۲۵ km	۱۲۷۵ km	۱۱۳۰ km	۱۱۱۰ km	۱۱۵۰ km
انحراف	۷۰ درجه	۸۱ درجه	۷۴ درجه	۵۳،۸ درجه	۵۳ درجه

این مشخصات، منظومه SpaceX را قادر می‌سازد زمین را با استفاده از حداقل زاویه ارتفاع ۴۰ به صورت کامل و مداوم پوشش دهد. این شرکت، پوشش اولیه را در عرض‌های جغرافیایی در ارتفاع معینی با تعداد معدودی برای مثال ۱۰۰ ماهواره (با استفاده از ۴ از ۳۲ مدار در استقرار اولیه) فراهم می‌کند. سیستم، پوشش گسترده‌ای در ایالات‌متحده و بخش بین‌المللی برای ارائه خدمات پهن باند تجاری با استقرار ۸۰۰ ماهواره استقرار اولیه (۳۲ مدار با ۲۵ ماهواره اولیه در هر مدار) را فراهم خواهد کرد. تکمیل استقرار اولیه، ظرفیت را در کل افزایش می‌دهد و افزایش پوشش در عرض‌های استوایی را به همراه خواهد داشت. با راه‌اندازی و عملیاتی شدن، هر ماهواره بلافاصله به بهره‌برداری رسیده و در سیستم ادغام می‌شود و برای تقویت ارائه خدمات پهن باند استفاده می‌شود.

۱۶۰۰ ماهواره در استقرار اولیه، اتصالات پهن‌باند قوی را در سراسر جهان ، با خدمات متمرکز در منطقه بین ۶۰ درجه شمالی عرض جغرافیایی و

۶۰ درجه عرض جنوبی در اختیار می‌گذارد. راه‌اندازی ۲،۸۲۵ ماهواره باقیمانده در استقرار نهایی، منظومه سراسری را تکمیل کرده، ظرفیت سیستم را افزایش داده و گسترش پوشش مناطق قطبی و عرض جغرافیایی را بیشتر می‌کند.

سیستم SpaceX از طیف باند Ka برای ارتباط بین ماهواره‌ها و دروازه‌ها و طیف باند Ku برای ارتباط بین ماهواره‌ها و پایانه‌های کاربر استفاده می‌کند. دامنه فرکانس‌های بکارگرفته شده توسط شرکت SpaceX در جدول زیر ارائه شده است:

جدول ۴ : دامنه های فرکانس برای هر نوع اتصال و جهت انتقال در سیستم SpaceX

دامنه های فرکانس	نوع اتصال و جهت انتقال
۱۰,۷-۱۲,۷ GHz	User Downlink Satellite to User Terminal
۱۷,۸-۱۸,۶ GHz ۱۸,۸-۱۹,۳ GHz	Gateway Downlink Satellite to Gateway
۱۴,۰-۱۴,۵ GHz	User Uplink User Terminal to Satellite
۲۷,۵-۲۹,۱ GHz ۲۹,۵-۳۰,۰ GHz	Gateway Uplink Gateway to Satellite
۱۲,۱۵-۱۲,۲۵ GHz ۱۸,۵۵-۱۸,۶۰ GHz	TT&C Downlink
۱۳,۸۵-۱۴,۰۰ GHz	TT&C Uplink

سیستم SpaceX شامل سه دسته وسیع از ایستگاه‌های زمینی است: ردیابی، ایستگاه‌های از راه دور و کنترل («TT&C»). ایستگاه‌های زمینی گیت‌وی؛ و پایانه‌های کاربر. ایستگاه‌های TT&C به ترتیب پنج‌متر قطر خواهند داشت و تعداد آن‌ها نیز نسبتاً کم است (به عنوان مثال، مکان‌های اولیه و پشتیبان TT&C در ایالات‌متحده، در

چندین مکان دیگر بین‌المللی توزیع شده است). ایستگاه‌های زمینی گیت‌وی باند Ka که از فناوری آنتن آرایه‌ای مرحله‌ای استفاده می‌کنند، با چند صد مکان پیش‌بینی‌شده در ایالات‌متحده در کنار آن‌ها یا در نزدیکی نقاط عمده برای اتصال به اینترنت موردنیاز به ماهواره منظومه قرار دارد. پایانه‌های کاربر باند Ku نیز با استفاده از آنتن آرایه‌ای مرحله‌ای ارتباط برقرار می‌کنند و جهت بهره‌وری، کاهش هزینه و سهولت نصب طراحی شده است.

۲-۹- شرکت OneWeb

هدف اصلی این شرکت که متعلق به ریچارد برانسون[۱] است، ایجاد شبکه ماهواره‌ای بسیار بزرگ است. این ماهواره‌ها در فاصله‌ای حدود ۱۲۰۰ کیلومتری زمین قرار گرفته و سیگنال‌ها را به ترمینال‌های مستقر در زمین ارسال می‌نمایند. از نظر تئوری، حداقل یک ماهواره در تمام زمان‌ها در معرض دید یک ترمینال گیرنده قرار خواهد گرفت که در نتیجه، پوششی یکپارچه را برای اکثر نقاط روی زمین فراهم خواهد کرد. ترمینال‌ها نیز سیگنال‌های بیسیم و ارتباطات بی‌سیم نسل سوم و چهارم را به دستگاه‌هایی مانند تلفن‌های همراه و کامپیوترها منتقل می‌کنند. این ترمینال‌ها می‌توانند ثابت و یا در حال حرکت باشند. این شرکت تاکنون ۶۵۰ ماهواره در مدارهای زمین مستقر نموده و قرار است ۱۳۳۰ ماهواره دیگر را در ارتفاعات مختلف به فضا ارسال نماید تا مجموع ماهواره‌های خود را به ۱۹۸۰ عدد برساند.

شرکت OneWeb، در همکاری با شریک اصلی خود (شرکت ایرباس)

۱. Richard Branson، بنیان‌گذار Virgin Group که بیش از 400 شرکت را تحت کنترل دارد.

شش ماهواره ارتباطی از نوع مینی‌ستلایت را در مدار زمین قرار داده است. این ماهواره‌ها در تاریخ ۲۸ فوریه سال گذشته توسط یک موشک سایوز روسی از پایگاه فضایی در جزیره گویانا (فرانسه) به فضا پرتاب گردید و پس از حدود یک ساعت و نیم، این موشک روسی ماهواره‌ها را در مدارهای آن‌ها قرار داد. پس از پرتاب ماهواره‌ها به فضا، مراکزی در ویرجینیا و لندن (شریک‌های گروه وان‌وب به ویژه (ویرجین گروپ) با ماهواره‌های پرتاب شده تماس برقرار کردند. انتظار می‌رود که گروه وان‌وب، در هر ماه یک موشک سایوز را که حامل ۲۶ تا ۳۲ ماهواره است در مدار زمین قرار دهد. سپس زمین در احاطه یک شبکه بزرگ ماهواره‌ای قرار می‌گیرد که اینترنت را به صورت ۲۴ ساعته برای تمامی مردم فراهم خواهد کرد.

شرکت OneWeb، تاکنون حدود ۳ میلیارد دلار سرمایه جذب کرده و ارزش شرکت SpaceX ۳۳ میلیارد دلار تخمین زده می‌شود. بر اساس برنامه آینده نزدیک شرکت‌های مطرح، برآورد می‌شود تقریباً ۱۰ هزار ماهواره (SpaceX ۴۶۰۰، آمازون ۳۲۰۰ و OneWeb ۲۰۰۰)، به تعداد ماهواره‌های موجود در مدارهای نزدیک زمین (حدود هزار کیلومتری زمین) اضافه خواهد شد که در حال حاضر بخشی از آن‌ها مستقر شده است.

با افزایش نقش اقتصادی شرکت‌های خصوصی در فضا، انتظار می‌رود که موفقیت شرکت وان وب در قراردادن ماهواره‌ها در مدار زمین، منجر به ظهور یک رقابت گسترده فعالیت در این عرصه گردد. در حال حاضر، پرتاب همین شش ماهواره از سوی شرکت وان وب، چالش بزرگی برای شرکت ارتباطی هیوز (Hughes) به شمار

مـی‌رود کـه ماهـواره آن‌هـم اکنـون در حـال فعالیـت اسـت. شـرکت ارتباطـی هیـوز، خـود نیـز بـرای زیرسـاخت‌های گـروه وان وب کمـک و سـرمایه‌گذاری می‌کنـد. دیگـر شـرکت‌های بـزرگ همچـون SpaceX (متعلـق بـه سـرمایه‌گذار بـزرگ فنـاوری، الـون ماسـک[1])، شـرکت «LeoSat»فرانسـه و شـرکت «Telesat» کانـادا، در تـلاش بـرای سـاختن صدهـا ماهـواره کوچـک و قـرار دادن آن‌هـا در مـدار زمیـن هسـتند و ایـن رونـد، رقابـت را بـرای شـرکت وان وب دشـوارتر می‌کنـد.

شـرکت سامسـونگ کـره جنوبـی نیـز درصـدد راه‌انـدازی ماهواره‌هـای پیشـرفته دیگـری اسـت. افزایـش میـزان ماهواره‌هـا، تقاضـای خدمـات پرتـاب موشـک‌ها را نیـز افزایـش داده اسـت و گروهـی دیگـری در تـلاش بـرای سـاخت ماهواره‌هـای کوچک‌تـری نسـبت بـه ماهواره‌هـای مـورد اسـتفاده وان وب هسـتند کـه هـم حجـم آن‌هـا کوچک‌تـر اسـت و هـم هزینـه کمتـری دارد. بـا توجـه بـه پیشـرفت‌های چشـمگیر هنـد در سـاخت ماهواره‌هـای کوچـک، ارزان و کارا، احتمـال مـی‌رود کـه ایـن کشـور پیشـتاز عرصـه سـاخت ماهواره‌هـای کوچـک در جهـان باشـد.

پـروژه کایپـر شـرکت آمـازون، بـرای عرضـه اینترنـت همگانـی اسـت. آمـازون قصـد دارد در مجمـوع حـدود ۳۲۰۰ ماهـواره را بـه مدارهـای نزدیک زمیـن ارسـال نمایـد تـا از ایـن طریـق بتوانـد اینترنـت را در دسـترس ۹۵ درصـد از جمعیـت کـره زمیـن قـرار دهـد. ایـن کار هزینه‌هـای کلـی و هم‌زمـان تأخیـر را کاهـش خواهـد داد. در ایـن پـروژه، ماهواره‌هـا در سـه ارتفـاع مختلـف نسـبت بـه سـطح زمیـن قـرار خواهنـد گرفـت. بـر اسـاس جزئیـات منتشـر شـده، از بیـن ۳۲۳۶ ماهـواره‌ای کـه قـرار اسـت بـه مدارهـای زمیـن ارسـال شـوند، ۷۸۴ ماهـواره در فاصلـه ۵۹۰ کیلومتـری،

۱. Elon Musk مدیرعامل شرکت SpaceX

۱۲۹۶ ماهـواره در فاصلـه ۶۱۰ کیلومتـری و ۱۱۵۶ ماهـواره در فاصلـه ۶۳۰ کیلومتـری، از سـطح زمیـن قـرار خواهنـد گرفـت.

جمع بندی

جمع‌بندی

تاکنون بازار هدف اینترنت ماهواره‌ای، دولت‌ها و کسب‌وکارهای بزرگی بودند که توانایی مالی پرداخت هزینه‌های زیاد آن را داشتند. شرکت‌های بزرگی با سرمایه‌های زیادی از دهه ۹۰ میلادی تاکنون، به دنبال تحقق دسترسی اینترنت ماهواره‌ای برای کاربران نهایی عمومی با پوشش جهانی بودند. اما اغلب موفقیت‌هایی که تاکنون این صنعت کسب کرده، تأمین اینترنت گران‌قیمت برای دولت‌ها و کسب‌وکارهای بزرگ بوده است. با کاهش هزینه‌های ساخت و ارسال ماهواره و پیشرفت فناوری (به خصوص در حوزه باتری و ژیروسکوپ)، مجدداً شرکت‌های بزرگی، در ارائه خدمات اینترنت ماهواره‌ای برای عموم مردم گام بردارند. کماکان موضوع تأخیر، اصلی‌ترین معیار چالش کیفیت دسترسی است. با توجه به محدودیت سرعت انتقال داده (نهایتاً تا سرعت نور) و فاصله ماهواره‌ها تا زمین، به نظر تنها راه‌حل کاهش تأخیر، نزدیک کردن ماهواره‌ها به سطح زمین است که این موضوع خود مشکلاتی نظیر عدم پوشش سراسری را به همراه دارد. به علاوه در این حوزه چالش‌های جدی دیگری اعم از غیررقابتی بودن این فناوری نسبت به اینترنت فیبری، موضوعات

رگولاتوری، اشتراک طیف، زباله‌های فضایی، برخوردهای فیزیکی و رعایت حاکمیت آسمان کشورها نیز وجود دارد، که ممکن است باعث شکست مجدد ارائه این نوع خدمات به کاربران نهایی شود.

از سوی دیگر، ازآنجایی‌که، مهم‌ترین دغدغه حاکمیت ارتقاء رفاه و تضمین حقوق آحاد مردم جامعه است، ارائه خدمات نباید به‌گونه‌ای باشد که منافع مردم و کشور نادیده گرفته شده و صرفاً شرکت‌های خارجی از مزایای آن منتفع شوند. به عبارت دیگر ارائه خدمات باید توسط تأمین‌کنندگانی که به ارزش‌ها و اصول حاکمیتی کشور پایبند هستند، صورت پذیرد. حذف برنامک‌های موبایلی از روی گوشی کاربران بدون اجازه وی، عدم ارائه خدمات به کسب‌وکارها و کاربران ایرانی و عدم پشتیبانی برنامک‌های ایرانی برای ارائه خدمات به کاربران خود، از جمله موارد نقض حریم خصوصی و حقوق عامه مردم کشور در چند سال اخیر بوده است.

مدیریت خدمات پایه و کاربردی فضای مجازی کشور و استفاده حداکثری از مزایا و فرصت‌های ارتباطات ماهواره‌ای و مدیریت مخاطرات آن در جهت ارائه خدمات با کیفیت، اقتصادی، متنوع و مزیت دار نسبت به مشابه خارجی به مردم، وجود زیرساخت ارتباطی و اطلاعاتی مناسب، توسعه‌یافته، بالغ و تاب‌آور (شبکه ملی اطلاعات) و سرمایه‌گذاری و مشارکت در پروژه‌های بزرگ بین‌المللی در حوزه ارتباطات منظومه‌های ماهواره‌ای بسیار حائز اهمیت است.

منابع

1) www.pcmag.com

2) https://web.archive.org

3) https://www.isoc.org

4) http://www.circleid.com

5) https://www.scientificamerican.com/article/the-risky-rush-for-mega-constellations/

6) https://www.theverge.com/2018/9/28/17906158/nasa-spacex-one-web-satellite-large-constellations-orbital-debris

7) https://www.space.com/spacex-starlink-satellites-megaconstella-tion-surprise-astronomers.html

8) https://www.theguardian.com/science/2020/jan/09/companies-plans-for-satellite-constellations-put-night-sky-at-risk

9) https://www.independentpersian.com/node/1451/

10) Wekerle, Timo, José Bezerra Pessoa Filho, Luís Eduardo Vergueiro Loures da Costa, and Luís Gonzaga Trabasso. "Status and trends of small-sats and their launch vehicles—an up-to-date review." Journal of Aerospace Technology and Management 9, no. 3 (2017): 269-286.

11) https://ana.ir/fa/news/10/215379/

12) https://alen.space/basic-guide-nanosatellites/

13) https://www.gpsworld.com/innovation-navigation-from-leo/

مرکز ملی فضای مجازی
پژوهشگاه فضای مجازی

csri.majazi.ir