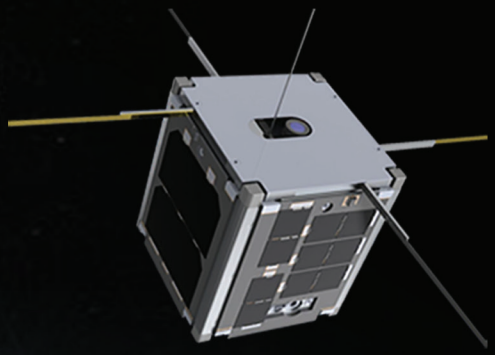
ماهنامه علمی تحلیلی حوزه ارتباطات و فناوری اطلاعات

طیف

شماره ۶۱ - اسفند ۱۳۹۸

IIF
IRAN IoT FORUM
سازمان فضایی ایران



نانوماهواره‌ها
ابزاری برای توسعه اکوسیستم IoT

نانوماهواره‌ها

ابزاری برای توسعه اکوسیستم IoT

ماهنامه علمی تحلیلی حوزه ارتباطات و فناوری اطلاعات

طیف برق

شماره ۶۱ – اسفند ۱۳۹۸

صاحب امتیاز و مدیر مسؤول:
دکتر حامد شکوری گنجوی
shakouri@teyf.ir

سردبیر:
محمد کشوری
keshvari@teyf.ir

شورای سیاست‌گذاری:
مهدی روحانی‌نژاد
محمد کشوری

دبیر تحریریه:
محمد پیروی

نویسندگان:
سیده‌مهتاب موسوی‌پور
سیده‌نازنین موسوی‌سردری

امور اجرایی:
مؤسسه پژوهش و توسعه
فاوا طیف

با سپاس از همکاری:
مهدی فخار
زهرا علی عسکری

روابط عمومی و تبلیغات
زهرا علی‌عسکری

نشریه عملی - تحلیلی طیف برق
تمامی‌دست‌اندرکاران و متخصصان حوزه ارتباطات و فناوری اطلاعات را جهت ارسال آثار خود به نشریه دعوت می‌کند.
در صورت تهیه مطلب‌ترجمه شده، متن زبان اصلی آن را نیز به همراه‌ترجمه خود ارسال فرمایید.
حق ویرایش مطالب ارسالی برای نشریه محفوظ است.
مقاله‌های چاپ شده الزاما به منزله دیدگاه و نظرات نشریه طیف برق نیست.
نقل مطالب و مندرجات نشریه طیف برق با ذکر منابع بلامانع است.

چاپ: مجتمع چاپ ایران کهن
آدرس: تهران، خیابان سهروردی شمالی، کوچه امامی، پلاک ۲۳، واحد ۳، طبقه ۲
تلفن: ۸۸۵۱۳۸۱۰
www.teyf.ir || magazine@teyf.ir

اینترنت اشـــیاء (IoT) سبب ایجاد بازارهای مختلف در حوزه‌های متنوع هوشمند سازی خدمات شهری، بهداشـــت و سلامت، حمل‌ونقل و... شده اســـت. مرحله اول رشد و گســـترش بازارهای IoT ایجاد شبکه ارتباطی سراســـری متناسب با کاربردهای مختلف است. یکی از شبکه‌های ارتباطی مطرح در سراسر دنیا، ارتباطات فضایی است. اپراتورهای ماهواره‌ای و مراکز تحقیقاتی مختلفی در سراســـر دنیا با هدف استفاده از ارتباطات فضایی در راستای گسترش بازار IoT، نســـل جدید ماهواره‌ها با نام نانوماهواره‌ها را طراحی کرده اند که به صورت خاص برای نیازمندی‌های حوزه IoT طراحی شده است. باتوجه به ابلاغ فراخوان پروانه فعالیت اپراتور ماهواره‌ای مخابراتی از طرف سازمان فضایی ایران ، اپراتورهای ماهواره‌ای مخابراتی می توانند وارد اکوسیســـتم اینترنت اشیاء شده و با ایجاد شبکه‌ای از نانو ماهواره‌ها سبب رشد بازار IoT و گسترش خدمات و سرویس‌های آن شوند. در این وایت‌پیپر نانوماهواره‌ها معرفی شده‌اند و بازار جهانی استفاده از آنها در حوزه‌های مختلف اینترنت اشیاء مورد بررسی قرار گرفته است. فروم اینترنت اشیاء ایران (IiF) با هدف ترویج فناوری‌ها و خدمات اینترنت اشیاء و هوشمند سازی و افزایش مشارکت نهادها، ســـازمان‌ها و حوزه‌های مختلف برای توسعه کاربردهای مبتنی بر اینترنت اشـــیاء تشکیل شده است. تهیه و انتشار این مجموعه با هدف آشنایی با کاربردهای ارتباطات ماهواره‌ای در رشد و توسعه اکوسیستم اینترنت اشیاء ایران در دستور کار فروم قرار گرفته است.

چندین دهه پیش کامپیوترها به بزرگی یک اتاق بودند و آن زمان حتی به فکر انسان‌ها خطور نمی‌کرد که روزی گوشی تلفن همراه تبدیل به یک کامپیوتر شود. پیشرفت فناوری در حوزه فضایی هم تأثیرگذار بوده و باعث شده ماهواره‌ها در عین حفظ کاربری خود کوچک و کوچک‌تر شوند.

نانوماهواره‌ها، ماهواره‌هایی کوچک هستند که آینده فناوری فضایی را متحول خواهند کرد و در ارائه خدمات تصویربرداری و مخابراتی تا اکتشافات فضایی نقش مهمی‌خواهند داشت. وزن پایین، هزینه ساخت و پرتاب مقرون‌به‌صرفه و منظومه سازی آنها در مدارهای با ارتفاع پایین باعث شده علاوه بر پوشـــش وسیع و جهانی، خدمات باکیفیت و ارزان را ارائه کنند و همین مساله مقبولیت نانو ماهواره‌ها را روز به روز افزایش می‌دهد.

از طرفی دیگر با شکل‌گیری بازار بزرگی به‌نام IoT در دنیا که محدود به منطقه جغرافیایی خاصی نمی‌شود و در سراسر دنیا رو به توســـعه است، بستر و زیرساخت‌های فناوری فضایی و بالاخص منظومه ماهواره‌های کوچک می‌تواند ظرفیت بالایی برای ارائه خدمات متنوع و مطلوب کاربران در این بازار جهانی ایجاد کند. بازار رو به رشد IoT، انگیزه‌ای برای توسعه هرچه بیشتر این فناوری شده است و مطمئنا در سال‌های آتی فناوری فضایی و حوزه IoT چنان در هم تنیده خواهند شد که این فناوری جز جدایی‌ناپذیر حوزه IoT خواهد بود.

علاوه بر این اهداف مختلفی همچون ســـنجش از دور و نظارت بر زمین، مخابرات، کاربردهای علمی‌و اکتشـــافات فضایی از دیگر کاربردهایی است که ماهواره‌های کوچک بر اساس آن توسعه خواهند یافت و مطمئنا نســـل جوان و خلاق در آینده‌ای نزدیک، کاربردهایی که امروز از تصور ما خارج است را برای این نسل از ماهواره‌ها تعریف کرده و به‌اجرا درخواهند آورد.

سازمان فضایی ایران سازمان ملی فضایی کشور است و وظیفه این سازمان، برنامه‌ریزی برای استفاده از فضا و گسترش فناوری‌های فضایی با استفاده از دانش بومی و همکاری‌های بین‌المللی اســـت. توسعه فناوری ماهواره‌ای و مخابرات فضایی، سنجش از دور، پرتاب و حمل و نقل فضایی از یک طرف و توســـعه منابع انسانی، ایستگاه‌های زمینی و زیرساخت‌های مناسب جهت هدایت و کنترل ماهواره‌ها از طرف دیگر، محور فعالیت‌های ســـازمان فضایی ایران است. این سازمان در حال حاضر در حال توسعه فناوری ساخت انواع ماهواره و توسعه به‌کارگیری ارتباطات ماهواره‌ای در صنایع مختلف است.

به‌علاوه با توجه به رویکرد اخیر سازمان فضایی در جهت حذف وابستگی کشور در حوزه ارتباطات ماهواره‌ای مخابراتی، این ســـازمان فراخوانی در راستای اعطای پروانه فعالیت اپراتور ماهواره‌ای مخابراتی اعلام کرده اســـت. این اپراتورهای ماهواره‌ای علاوه بر فعالیت در باند GEO می‌توانند با اســـتفاده از نانو ماهواره‌ها در باند LEO نیز حاضر شوند و خدمات و سرویس‌های جدید مانند سرویس‌های اینترنت اشیا را ارائه دهند.

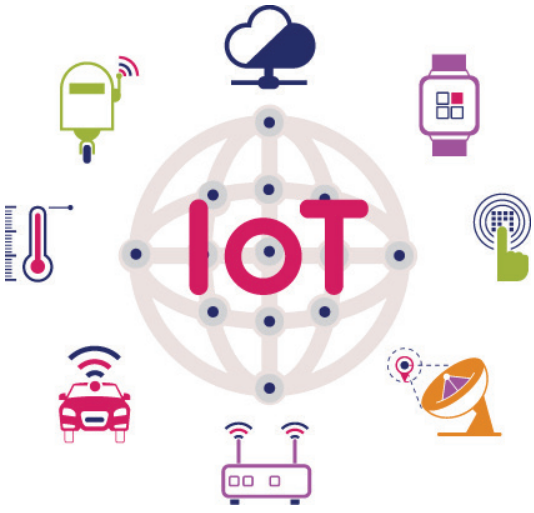
وایت‌پیپر حاضر با عنوان "نانو ماهواره‌ها ابزاری برای توسعه اکوسیستم IoT " تلاشی در راستای اســـتفاده از ماهواره‌ها در توسعه بازار اینترنت اشیا در ایران است و به همت فروم اینترنت اشیا ایران تهیه و تدوین گردیده است و می‌کوشد تا تجربیات پیاده‌شده در دنیا در زمینه به‌کارگیری استفاده از نانو ماهواره‌ها در حوزه‌های مختلف اینترنت اشیا را مورد بررسی قرار دهد. فرهنگ‌سازی و آشـــنایی فعالان حوزه فضایی در ایران گام اول در راستای ترویج استفاده از نانو ماهواره‌ها در حوزه اینترنت اشیا است و این وایت‌پیپر این گام را محکم برداشته است.

ســـازمان فضایی ایران امیدوار است این تلاش‌ها آغازی باشد برای تحقق این امر مهم و بهبود فضای کسب‌وکار و رشد بالندگی صنعت فضایی ایران.

دکتر مرتضی براری
رئیس سازمان فضایی ایران

مقدمه

IoT مجموعه تمامی اشیاء و افرادی است که قابلیت اتصال و ارتباط با یکدیگر را داشته و قادرند از طریق تکنولوژی‌های مختلف، شـــبکه ارتباطی ایجاد نمایند. کاربردهای اینترنت اشـــیاء به‌شدت در حال رشد اســـت به‌نحوی که در تمامی بخش‌های زندگی انسان‌ها می‌توان ردپایی از اینترنت اشیاء مشـــاهده کرد. کاربردهای مرتبط با خانه هوشـــمند، شهر هوشمند، سنسورهای نظارت بر محیط‌زیست و کارخانه‌ها و تمامی سنســـورها و وســـایل روزمره که قابلیت اتصال به اینترنـــت را دارند و می‌تواننـــد داده‌های دریافتی را با دقت خوبی تحلیل کنند. پیش‌بینی می‌شود که اینترنت اشیاء با وجود تعداد دســـتگاه‌های متصل که تا سال ۲۰۲۵ به ۷۴.۵ میلیارد دستگاه خواهد رسید، تاثیر به‌سزایی بر روی اقتصاد و فناوری اطلاعات هر کشور بگذارد.



یکی از نیازمندی‌های اصلی تکنولوژی اینترنت اشـــیاء، داشتن شبکه ارتباطی متناسب با نیازمندی‌های دستگاه‌های IoT اســـت تا بتوانند ارتباطات مورد نیاز و انتقال داده‌های سنسورها را به‌خوبی انجام دهد. تاکنون شبکه‌های متعدی مانـــند LoRa، Sigfox، NB-IoT به‌صـــورت خاص برای کاربردهای اینترنت اشیاء ایجاد شده‌اند و کشورهای مختلف ســـرمایه‌گذاری‌های متعددی بر روی ایجاد و گسترش این شبکه‌ها انجام داده‌اند.

یکـــی از تکنولوژی‌های ارتباطی مطرح در سراســـر دنیا اســـتفاده از ارتباطات ماهواره‌ای اســـت. با توجه به شرایط خـــاص این نوع ارتباطات و هزینه‌های ســـنگین آن به‌نظر می‌رسد که برای کاربردهای اینترنت اشیاء مناسب نباشند. اما نسل جدید ماهواره‌ها که عموما با نام ماهواره‌های کوچک شـــامل نانوماهواره‌ها و یا میکروماهواره‌ها معرفی می‌شوند، شاید بتوانند به‌عنوان بستر ارتباطی مناسب برای شبکه‌های اینترنت اشیاء انتخاب شوند.

معرفی نانوماهواره‌ها

شـــبکه‌های مخابراتی مبتنی بر داده‌های فضایی بحث جدیدی نیســـت و از ســـال ۱۹۹۰ چندیـــن ارائه‌دهنده شـــبکه ماهواره‌ای فضایی بزرگ در حال فعالیت هستند کـــه ازجمله آنها می‌تـــوان به مواردی ماننـــد Intelsat، Iridium، GlobalStar، Teledesic و... اشـــاره کـــرد. این شرکت‌ها از ماهواره‌های بزرگ استفاده می‌کنند که هزینه عملیات و نگهداری آنها بسیار بالا است. امروزه با به‌کارگیری تکنولوژی‌های بسیار پیشرفته ماهواره‌ای، هزینه‌های عملیاتی به‌طور قابل‌توجهی کاهش یافته است.

طراحی ماهواره‌ای می‌تواند متناسب با نیازهای مختلف متفاوت باشـــد. هر ماهواره اندازه و وزن متفاوتی دارد که در جدول زیر نشـــان داده شده است و ماهواره‌های پیکو و نانو و میکرو در دســـته ماهواره‌های کوچک طبقه‌بندی می‌شوند.

نوع ماهواره	وزن (Kg)	ارتفاع (Km)	دوره مدار (ساعت)	زمان ساخت (سال)	قیمت (میلیون دلار)
کلاسیک	۱۰۰۰	۱۰۰۰۰	۵,۸	۱۰	۱۵۰
میکرو	۱۰۰-۱۰	۲۰۰۰-۵۰۰	۲-۱.۶	۵-۲	۳۰-۱
نانو	۱۰-۱	۸۰۰-۳۰۰	۱.۷-۱.۴	۳-۲	۱۰-۰.۱
پیکو	۱-۰,۱	۶۰۰-۲۰۰	۱.۵-۱.۴	۲-۱	۲-۰.۰۰۵

با تکنولوژی‌های جدیـــد، نانوماهواره‌ها در تعداد انبوهی تولید شـــده و می‌توانند همزمان به وســـیله یک ماهواره بر به مدار پایینی زمین (LEO) ارســـال شوند و بدین ترتیب هزینه‌های راه‌اندازی نســـبت به قبل به میزان قابل‌توجهی کاهش می‌یابد.

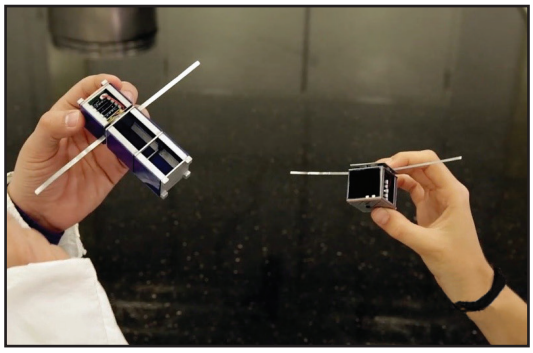
نانوماهواره‌ها در طیف گســـترده‌ای از ۱ تا ۱۰ کیلوگرم تولیـــد می‌شـــوند و در ایـــن گـــروه از ماهواره‌ها، Cube-Sats به‌عنـــوان یک پلتفرم فضایی بیشـــتر به رســـمیت شناخته شـــده اســـت. در استانداردســـازی CubeSats ابعاد ۱۰×۱۰×۱۰ســـانتی‌متر و وزن یـــک کیلوگرم یک U نامیده می‌شـــود. در ابتـــدا CubeSats بـــرای برنامه‌های آموزشـــی در مراکز دانشـــگاهی و آگاهی آنها نســـبت به چالش‌های شیوه‌های مهندسی ماهواره و طراحی سیستم توسعه داده شد ولی علاوه بر سازمان‌های علمی، به‌سرعت در صنعـــت و آژانس‌های دولتـــی در ماموریت‌های فضایی متنوع، توسعه و استقرار پیدا کرد.

لازم به ذکر است که مجموعه‌ای از ماهواره‌ها که با هدف انجام یک ماموریت مشـــترک در فضا توزیع می‌شـــوند یک آرایـــش ماهواره‌ای را در جو به وجـــود می‌آورند که به آن constellation یا منظومه گویند. اگرچه قوانین مطلقی در چگونگی این آرایش وجود ندارد ولی چندین مسئله کلیدی وجود دارد که بـــر طراحی منظومه ماهـــواره‌ای تاثیرگذار است از جمله پوشش ماهواره‌ای، تعداد ماهواره‌ها، چگونگی راه‌انـــدازی، محیط فضا، اختلالات مداری در نگه داشـــتن ماهـــواره روی یک مدار خاص، اجتناب از برخورد، چگونگی تشکیل، تعداد صفحات دوار.

به‌تازگـــی OneWeb تعداد ۶۵۰ ماهواره را به‌عنوان یک آرایش ماهواره‌ای LEO در سراسر جهان پیشنهاد کرده است تا از این طریق امکان دسترســـی به اینترنت را برای مناطق روســـتایی و نواحی در حال توسعه جهان، به وجود آورد. به تازگی سازمان دفاعی و فضایی ایرباس به‌عنوان سازنده این ماهواره‌ها وارد عمل شده است

نانوماهواره‌هـــا، ماهواره‌هایی در ابعاد یک مکعب کوچک هســـتند که با فناوری نانو ســـاخته می‌شـــوند و در آینده اکتشـــفات فضایی، از اکتشافات در مریخ گرفته تا ردگیری ســـیارکهایی که بالقوه کره زمین را تهدید می‌کنند، نقش مهمی خواهند داشت.

پس از گذشت ۱۰سال از ساخت و پرتاب اولین نانوماهواره، امروزه تمام آژانســـهای فضایی، صنایع هوا فضا و گروه‌های تحقیقاتی به توانایی‌های بالقوه این ماهواره‌های مینیاتوری برای ماموریت‌های فضایی پی برده‌اند. اغلب این ماهواره‌ها توسط دانشجویان ساخته و به فضا پرتاب می‌شود. در ساخت این ماهواره‌ها که به اندازه کف دســـت هســـتند، از قطعات الکترونیکی موجود استفاده می‌شود، به همین دلیل هزینه ساختشان پایین است.



نانوماهواره‌هـــا علاوه بر اینکه به‌عنوان ابزار آموزشـــی در اختیار مراکز دانشـــگاهی متعددی قـــرار دارند، می‌توانند در طیف گســـترده‌ای از برنامه‌هـــای عملی و ماموریت‌های فضایی هم استفاده شـــوند، از انجام آزمایش‌های کم‌هزینه در مدار زمین گرفته تا مشاهده و انجام اندازه‌گیری در فضا یا جمع‌آوری زباله‌های فضایی و خدمات ارتباطی راه دور.

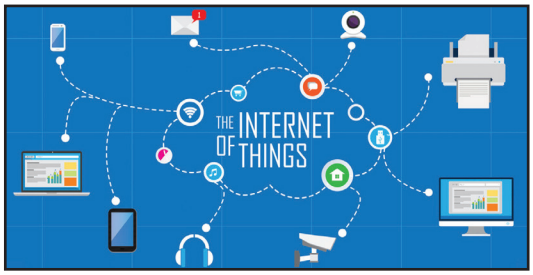
تمام قابلیت‌های ماهواره معمولی در یک جعبه قرار دارد. برای تولید برق ایـــن نانوماهواره‌ها نیز می‌توان از صفحات خورشـــیدی استفاده کرد، برق را داخل جعبه توزیع کرد، با ایستگاه فضایی روی زمین ارتباط برقرار کرد و پس از انجام آزمایش‌های فضایی، داده‌ها را به زمین منتقل کرد.

فرآیند کوچک کردن این فضاپیماها همچنان ادامه دارد. هرچه این ماهواره کوچک‌تر شـــوند، کاربردهای بیشـــتری دارند. از آنجایی که ساخت و پرتاب این ماهواره‌های مکعبی پرهزینه نیست، توجه صنایع هوانوردی و فضا راهم به خود جلب کرده‌اند.

مزیت‌های استفاده از نانوماهواره‌ها به‌عنوان شبکه ارتباطی اینترنت اشیاء

یکی از نیازمندی‌های اصلی اینترنت اشیاء، وجود ارتباطات مخابراتی گسترده است که می‌توان این ارتباطات را با تلفیق

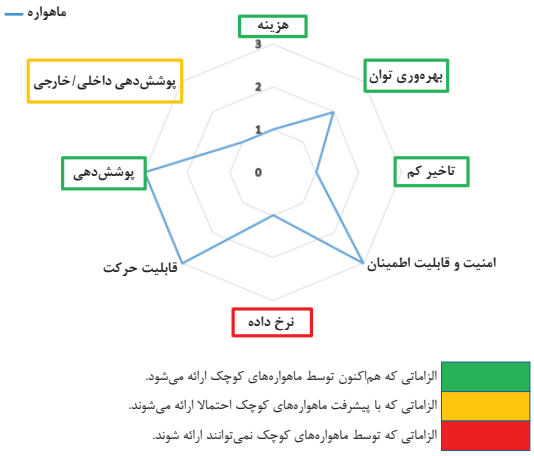
چندین تکنولوژی ایجاد کرد. شـبکه‌های سیمی و بی‌سیم که بـرای ارتباطات اینترنت اشـیاء در نظر گرفته شده‌اند پاسخگـوی رشد بالای دستگاه‌های IoT به‌خصوصی در مناطق دور دسـت نیسـتند. یکی از راهکارهای حل این مشـکل سرمایه‌گذاری بر روی سـاختارهای فضایی است. صنعت ماهواره‌ای به‌عنوان یکی از راه‌های ارتباطی پیشرفته می‌تواند در جهت رشـد ارتباطات مخابراتی اینترنت اشیاء بسـیار موثر باشد. از این رو حرکت در مسیر سرمایه‌گذاری در زیرسـاخت‌های فضایی می‌تواند بسیار تاثیرگذار است. شـبکه‌های ارتبـاط داده فضایی می‌توانند بـا ارائه دادن سـرویس‌های ارتباطـی بر تمامـی نقاط زمیـن تاثیرات چشـمگیری بر گسترش تکنولوژی در بین تمامی انسان‌ها داشته باشند.



ماهواره‌هـای جغرافیایـی در حـال حاضر آمـاده ارائه خدمات ارتباطی داده هسـتند ولی برای انتقال داده نیاز به زیرساخت‌های گسترده روی زمین دارند لذا بسیاری از آنها هزینـه عملیاتی بالایی دارنـد. به‌دلیل چالش‌های موجود، کانستلیشـن CubeSats را به‌عنوان پلتفرم مخابراتی برای کاربردهای اینترنت اشیاء پیشنهاد کردند که هزینه پایین‌تر و توان کمتری دارد. همچنین به فرستنده‌های کوچکتر روی زمین احتیاج دارد و باعث افزایش سرعت کارکرد دستگاه‌های اینترنت اشـیاء که به‌طور مسـتقیم با CubeSats در فضا برای انتقال داده به‌صورت لحظه‌ای ارتباط برقرار می‌کنند، خواهد شد.

ارتباطات فضایی اینترنت اشیاء با استفاده از نانوماهواره‌ها سـبب می‌شود تا اشیایی که در مکان‌های دور دست بودند و یـا امکان ایجاد ارتباطات برای آنها مهیا نبوده اسـت، به شبکه سراسری متصل شوند. دسترسی هر زمان، هر مکان به دستگاه‌های IoT و داده‌های آنها اغلب فراتر از قابلیت‌های شبکه‌های بی سیم مرسوم، مانند تلفن همراه و Wi-Fi است. در حـال حاضر تنها نزدیـک به ۱۰درصد از کل کره زمین به وسیله شبکه‌های سلولی پوشش‌دهی شده است و کمتر از ۱درصـد از کره زمین با شـبکه‌های IoT نظیر LoRa و Sigfox پوشش‌دهی شده‌اند. با راه‌اندازی اولین شبکه‌های نانوماهواره در باندهای L-Band، امکان ارتباطات دوطرفه و دسترسـی سراسری با هزینه‌ای مقرون‌به‌صرفه در تمامی کره زمین فراهم شود.

درنهایـت با توجه به نمودار زیر مشـاهده می‌شـود که اسـتفاده از صنعت ماهواره برای ارتباطات اینترنت اشـیاء برای کاربردهایی مناسـب است که در مرحله اول نیازمند پوشـش‌دهی گسترده و سـپس جابه‌جایی باشند به‌علاوه امنیت بالا و بهره‌وری توان متوسطی را طلب کنند.

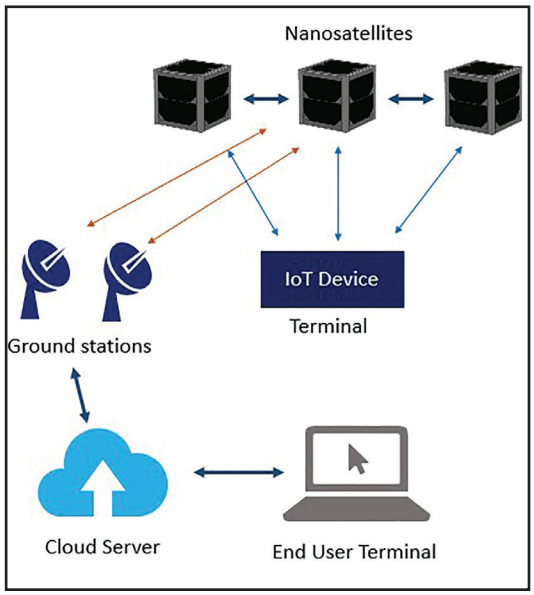


پلتفرم مبتنی بر اینترنت اشیاء فضایی

این پلتفرم شامل یک زیرساخت متناسب با اپلیکیشن‌های مختلف، شـبکه‌ای از ماهواره‌هـا، ایسـتگاه‌های زمینی و ترمینال‌های اینترنت اشیاء است که به‌صورت پیوسته باید با یکدیگر در ارتباط باشند.

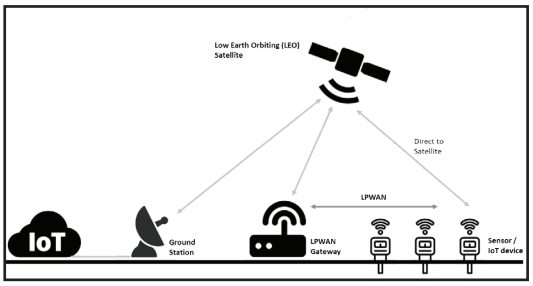
دو راه برای ایجاد ارتباطات IoT از سنسـورها به‌سـمت نانوماهواره‌هـا وجود دارد: مسـتقیم به ماهـواره و از طریق گیت‌وی زمینی. در هر دو حالت، یک ایسـتگاه زمینی برای دریافت داده‌ها از نانوماهواره‌ها مورد نیاز است.

ایسـتگاه‌های زمینی دارای دو عملکرد هسـتند: یکی از عملکردهای ایستگاه‌های زمینی سنجش از راه دور عملیات ماهواره‌هاسـت و عملکرد دیگر آن کنترل کردن داده‌های IoT فضایی است. همان طور که در شکل زیر مشخص است ترمینال‌ها معادل یک دستگاه بسیار کوچکی هستند که برای برنامه‌های کاربردی چون مانیتور کردن محیط‌زیست، نظارت بر خطوط لوله نفت، شبکه هوشـمند،ردیابی تلفن همراه، کنترل منابع آب و... استفاده می‌شوند. ترمینال‌های IoT با وجود کوچکی قابلیت ارتباط با ماهواره‌ها را دارند. ماهواره‌ها، ترمینال‌ها و ایستگاه‌های زمینی همگی یک آنتن فرستنده و گیرنده و تجهیزات کنترلی دارند که آنها را قادر می‌سـازد تا با یکدیگر ارتباط برقرار کنند. در شکل زیر مفهوم ساختار شبکه ارتباطی بر مبنای IoT فضایی نشان داده شده است.



این ماهواره‌ها داده‌ها را برای چندین ایستگاه پایه زمینی در مناطق جغرافیایی از طریق پرتوهای گسترده یا نقطه‌ای پخش می‌کنند. لازم به ذکر است که فرستنده ماهواره باید توان ارسالی کافی به سطح زمین را داشته باشد و همچنین گیرنده چندین کانال برای دریافت داده‌ها از چندین دستگاه IoT را در خود دارد. این ماهواره‌ها قابلیت ذخیره و ارسال پیام را دارند لذا می‌توانند داده‌های IoT را به ایستگاه‌های زمینی ارسال کنند. همچنین یک مد پیشرفته دراین ماهواره‌ها وجود دارد که ارتباط بین ماهواره‌ای را قادر می‌سازد و اجازه می‌دهد داده‌های IoT بین ماهواره‌ها منتقل شوند. ماهواره‌ها باید داخل محدوده مناسب تعبیه شوند تا ارتباطات به‌طور کامل شکل گیرد.

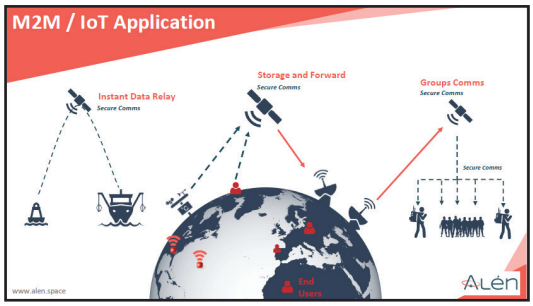
دستگاه‌های IoT به‌طور مستقیم پیام‌ها را به ماهواره‌ها ارسال می‌کنند. همچنین برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی، دستگاه‌های IoT می‌توانند در مد sleep قرار گیرند. ایستگاه‌های زمینی به‌عنوان یک دروازه برای کاربران انتهایی عمل خواهند کرد و باعث می‌شوند پیام‌هایی که از دستگاه‌های IoT به ماهواره‌ها ارسال شده است از طریق آنها وارد سرورهای ابری شود و پس از انجام پردازش‌هایی روی این پیام‌ها درنهایت به کاربران نهایی ارسال شود. لازم به ذکر است که ایستگاه‌های زمینی باید آنتن ردیابی داشته باشند تا بتوانند کلیه حرکات و جنبش‌های ماهواره‌ای را دنبال کنند.



کاربردهای استفاده از نانوماهواره‌ها در حوزه اینترنت اشیاء

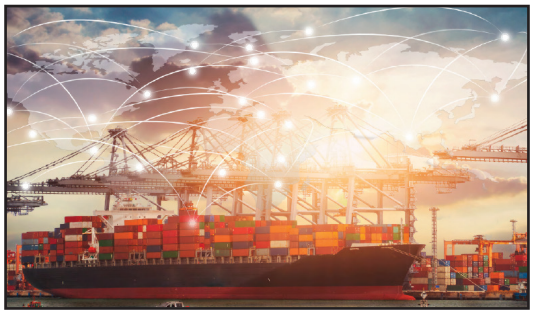
استفاده از ارتباطات ماهواره‌ای سبب ایجاد راهکارهای بسیار موثری با استفاده از تکنولوژی اینترنت اشیاء می‌شود. در حالت کلی استفاده از ارتباطات ماهواره‌ای برای کاربردهایی با شرایط زیر مناسب است:

- دستگاه‌های IoT / M2M که در نقاط دور دست هستند (که توسط شبکه‌های زمینی پوشش‌دهی نمی‌شوند) یا در مناطق جغرافیایی وسیع‌تری پراکنده می‌شوند.
- دستگاه‌های IoT / M2M که به‌طور منظم / به‌طور مداوم بین مکان‌های جغرافیایی حرکت می‌کنند و به همین دلیل نیاز به یک پلتفرم یکپارچه دارند.
- کاربردهای امنیتی و حساس که نیازمند شبکه‌های انحصاری هستند.
- ارتباطات گروهی که نیازمند وجود شبکه ارتباطی بین تمامی دستگاه‌ها هستند.
- به‌عنوان بکهال شبکه‌های ارتباطی دیگر
- نیازمند درصد بالایی از امنیت و قابلیت اطمینان هستند.



به‌عنوان مثال برای حمل‌ونقل داروهای حساس که باید در دمای خاصی نگهداری شوند، باید در طول فرآیند ارسال دارو تغییرات دمایی محموله به‌صورت پیوسته رصد شود. مثلا فرض کنید قرار است یک محموله دارویی در طول یک اقیانوس حرکت کند و با طی چندین کیلومتر از مسیر به یک منطقه آسیب دیده تحت بلایای طبیعی، ارسال شود در نتیجه لازم است در طول یک سفر چند هفته‌ای این محموله در شرایط دمایی خاصی قرار گیرد.

در حمل‌ونقل و ارسال دارو یک چرخه با ۳بازیگر تشکیل می‌شود که شامل شرکت‌های داروسازی و شرکت‌های تدارکات ارسال محموله و شرکت‌های ارائه‌دهنده خدمات بهداشتی درمانی هستند. در صورت نبودن داده‌های لازم، اگر دارو در شرایط دمایی نامناسب فاسد شود شرکت داروسازی از فاسد شدن محصولات خود بی‌اطلاع است همچنین شرکت‌های تدارکات از لزوم حمل‌ونقل مجدد بی‌اطلاع خواهند ماند و درنهایت شرکت‌های خدمات‌درمانی که دریافت کننده محصول هستند از فاسد بودن آن اطلاعاتی نخواهند داشت.



همان طور که واضح است دلیل اصلی این مشکلات کمبود داده کافی و مناسب است که این مسئله به‌دلیل نبودن دستگاه‌های اندازه‌گیری مناسب که بتوانند به شبکه مخابراتی جهانی متصل شوند و داده‌های کافی را در زمان مناسب ارسال کنند، خواهد بود. لازم به ذکر است که چالش ذکر شده در صنایع دیگر هم وجود دارد ازجمله شرکت‌های ساخت‌وساز بزرگ دنیا چون AECOM از موقعیت ابزارها و تجهیزات خود بی‌اطلاع هستند و یا شرکت خودروسازی Porsche در طول فرآیند حمل‌ونقل خودروهای خود با کشتی‌های باربری از خراب شدن محصولات خود در طول مسیر بی‌اطلاع خواهد بود و یا شرکت بزرگ حمل‌ونقل راه آهن آلمان (Deutsche Bahn) از آسیب دیدن محموله‌های خود در فرآیند باربری آگاهی ندارد. ارتباطات ماهواره‌ای برای ایجاد اتصال مناسب برای کاربردهای ذکر شده بسیار حایز اهمیت بوده و به‌عنوان تنها راه ارتباطی می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد.

کاربردهای خارج از پوشش‌دهی شبکه‌های ثابت و موبایل سنتی در کشاورزی، صنایع نظامی، معدن، حمل‌ونقل هوایی، زمینی و دریایی و حوزه نفت و گاز مهم‌ترین فرصت‌ها برای شبکه‌های نانوماهواره‌ای هستند. این شبکه‌ها این امکان را برای صنایع مذکور فراهم می‌کنند تا به اینترنت متصل شده و فرآیندهای خود را دیجیتالی کنند و مدل‌های تجاری جدیدی را ایجاد نماید. این کاربردها می‌تواند به‌صورت جهانی پیاده‌سازی شده و سبب رشد انتقال تکنولوژی به بازارهای توسعه نیافته شوند. به‌عنوان مثال در بخش بازارهای توسعه نیافته می‌توان به گسترش کشاورزی هوشمند اشاره کرد که سبب بهبود بهره‌وری و افزایش رشد محصولات کشاورزی خواهد شد. در حوزه حمل‌ونقل، برای مواردی که ماشین آلات خارج از پوشش‌دهی شبکه‌های سنتی در رفت و آمد هستند، استفاده از سرویس‌های مبتنی بر ماهواره می‌تواند برای ردیابی پیوسته بسیار مناسب باشد. درنهایت کاربردهای اصلی استفاده از نانوماهواره‌ها در IoT در جدول زیر خلاصه می‌شود.

کاربرد	توضیحات
حمل‌ونقل زمینی	• ردیابی موقعیت • بیمه حمل‌ونقل • مدیریت سوخت • بهینه‌سازی ارسال
حمل‌ونقل دریایی	• حمل‌ونقل محموله در دریا • بیمه حمل‌ونقل • سیستم‌های هشدار امنیت دریایی • مدیریت سوخت
حمل‌ونقل هوایی	• نظارت بر سلامت هواپیما • بهینه‌سازی مسیر • مسیریابی پرواز بلادرنگ
نفت و گاز	• نظارت بر خط لوله • اتوماسیون‌سازی به ویژه در سکوهای دریای • ردیابی زمان واقعی برای تانکرها و تدارکات
ارتش	• ردیابی دارایی‌ها • سیستم‌های ایمنی دریایی و هوایی
پشتیبانی شبکه	• پشتیبانی شبکه LPWAN

نمودار زیر پیش‌بینی کاربرد ماهواره‌های کوچک در صنایع مختلف را بین سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۲۵ ارایه می‌دهد.

مطابق با این نمودار به‌نظر می‌رسد که بیشترین کاربرد این ارتباطات در بخش حمل‌ونقل زمینی، بخش دریایی و حوزه نظامی‌خواهد بود.

به‌صورت کلی با توجه به کاربردهای معرفی شده بازیگران اصلی این حوزه به‌صورت زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

ذینفعان: سازمان‌ها و شرکت‌هایی هستند که نیازمند در اختیار داشتن شبکه ارتباطی با پوشش‌دهی وسیع هستند، مانند شرکت‌های حمل‌ونقل سراسری

بهره‌برداران: کسب‌وکارهایی که راهکارهای مبتنی بر IoT بر بستر شبکه ماهواره‌ای به سازمان‌ها و ارگان‌های مختلف ارائه می‌دهند که این راهکارها می‌تواند ارائه شبکه‌های ماهواره‌ای به‌صورت خصوصی به کسب‌وکارهای گوناگون، تولید دستگاه‌های مرتبط و ایجاد پلتفرم‌های تخصصی باشد

اپراتورها: با توجه به ایجاد یک بازار جدید اپراتورهای مختلف که تجربه کافی در زمینه ایجاد شبکه سراسری هم به‌صورت ثابت و هم به‌صورت سیار را دارند می‌توانند به‌عنوان یک فرصت جدید به این حوزه توجه نمایند و بدین ترتیب فضای رقابتی در بین اپراتورهای ارائه‌دهنده شبکه ایجاد می‌شود.

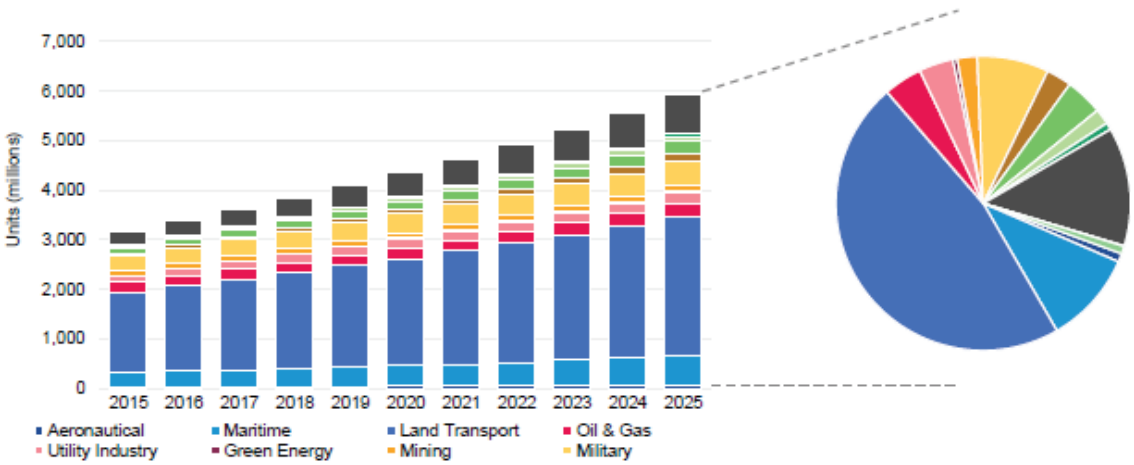
چالش‌های استفاده از نانوماهواره‌ها به‌عنوان شبکه ارتباطی اینترنت اشیاء

انتخاب شبکه ارتباطی مناسب وابسته به نیازمندی‌های ارتباطی کاربردهای مختلف IoT است. این الزامات شامل سه حوزه اصلی هستند: رنج پوشش‌دهی، پهنای باند و کیفیت سرویس (QoS) مورد نیاز

مواردی از قبیل مصرف توان، هزینه، طول عمر و اندازه دستگاه نیز در انتخاب تکنولوژی مورد نظر قابل اهمیت است.

نمودار و جدول صفحه بعد مقایسه‌ای بین تکنولوژی‌های ارتباطی مختلف مانند ماهواره‌های کنونی، شبکه‌های LPWAN، سلولی، شبکه‌های محلی و شبکه‌های شخصی، که به‌عنوان شبکه ارتباطی IoT معرفی شده‌اند، ارائه می‌دهد.

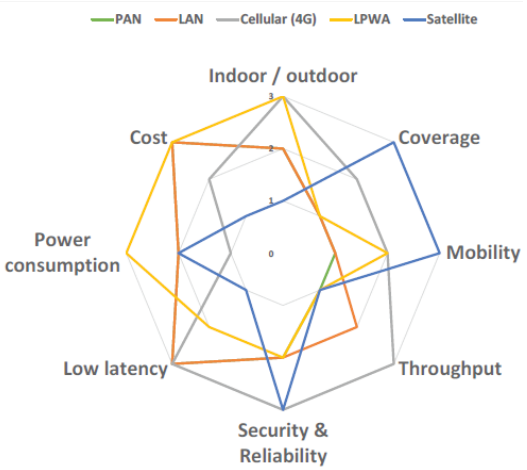
بدین ترتیب با توجه به نمودار و جدول صفحه بعد استفاده از ماهواره‌های متداول به‌عنوان شبکه ارتباطی اینترنت اشیاء با چالش‌هایی همراه است. چالش‌های استفاده از ماهواره‌ها، تاخیر بالا، توانایی پشتیبانی از نرخ داده پایین و بهره‌وری



Connectivity characteristic	Wireless communication technology				
	PAN	LAN	Cellular (4G)	LPWA	Satellite
Indoor / outdoor[15]	Medium	Medium	High	High	Low
Coverage[16]	Low	Low	Medium	Low	High
Mobility	Low	Low	Medium	Medium	High
Throughput[17]	Low	Medium	High	Low	Low
Security & Reliability	Medium	Medium	High	Medium	High
Low latency[18]	High	High	High	Medium	Low
Power consumption	Medium	Medium	Low	High	Medium
Cost	High	High	Medium	High	Low

Note: Key connectivity characteristics of wireless communication technologies are summarised in the table, with a RAG rating (red = low | amber = medium | green = high) summarising the overall strengths and weaknesses of these technologies. These results are mapped onto the radar diagram, with 1 indicating areas of weakness (red = low) and 3 indicating areas of relative strength (green = high).

Source: London Economics analysis



توان متوسط (به این معنی که مثلا در مقایسه با شبکه‌های LPWAN در مدت زمان مشابه باطری بیشتری مصرف می‌کند) است. به‌علاوه عدم مقیاس‌پذیری نیز به‌عنوان یک چالش اساسی معرفی شده است زیرا پلتفرم‌های کنونی برای اتصال صدها میلیون ارتباط مستقیم طراحی نشده‌اند.

به همین دلایل، پلتفرم‌های ماهواره‌ای کنونی در ارتباطات IoT برای اکثر برنامه‌های کاربردی با نیازمندی‌های زیر مناسب نیستند.

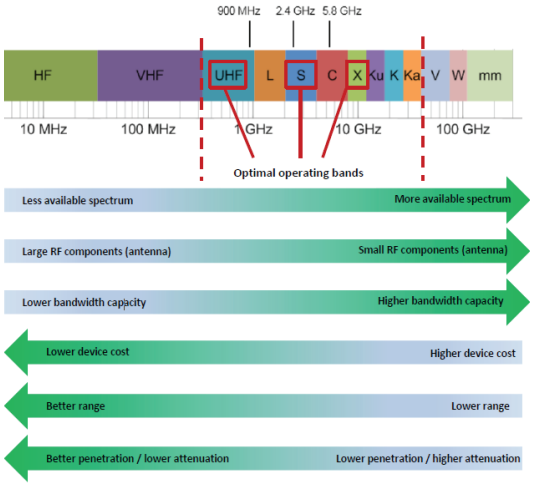
- هزینه پایین دستگاه‌های نهایی
- تاخیر بسیار پایین
- بهره‌وری توان بالا / متوسط
- هزینه نگهداری پایین

نانوماهواره‌ها و ماهواره‌های کوچک می‌توانند نقش به‌سزایی در حل چالش‌های ذکر شده داشته باشند. در مقایسه با سیستم‌های ماهواره‌ای متداول، نانوماهواره‌ها، کوچک، کم وزن و به نسبت کم‌هزینه هستند. منظومه CubeSats که متشکل از تعدادی ماهواره کوچک با وزن ۱۰-۱کیلوگرم است، با قرار گیری در مدار پایینی زمین (LEO) سبب کاهش مصرف باطری، تاخیر و مشکلات تضعیف سیگنال (که عموما سبب کاهش عملکرد ماهواره‌های متداول (GEO) می‌شود) شده است. با توجه به اینکه نانوماهواره‌ها در شعاع پایین‌تری قرار دارند، تاخیر انتشار و تضعیف چند مسیره کمتری را تجربه کرده و در نتیجه عملکرد بهتری را ارائه می‌دهند.

با در نظر گرفتن هزینه و نیازمندی‌های توان، تکنولوژی‌های مرتبط با ماهواره‌های کوچک و CubeSats به‌طور خاص، می‌توانند قابلیت‌های ماهواره‌ها را افزایش داده و به‌عنوان یک گزینه مناسب برای بازار IoT در نظر گرفته شوند.

انتخاب باند فرکانسی مناسب

انتخاب باند فرکانسی مناسب برای ارتباطات ماهواره‌ای وابسته به پارامترهای مختلفی است. این پارامترها شامل نیازمندی‌های داده و تاخیر برای کاربردهای مختلف، هزینه دستگاه‌های سمت کاربر، ظرفیت منظومه مورد نظر و هرگونه محدودیت تحمیل شده توسط رگولاتوری با توجه به کمبود باندهای فرکانسی غیراختصاصی هستند. درنهایت انتخاب باند فرکانسی مناسب تسامحی بین پارامترهای بالا خواهد بود. شکل زیر باندهای فرکانسی مختلف به‌همراه نقاط قوت و ضعف آنها را نشان می‌دهد.



بیشتر اپراتورهای CubeSats در باند UHF (با نرخ 9.6Kbps) فعالیت می‌کنند و با توجه به محدودیت‌های اعمال شده در این باند، تا باندهای X و S و حتی تا باند Ka نیز پیشروی کرده‌اند.

باندهای فرکانسی بالاتر نرخ داده بیشتر (تا صدها Mbps وحتی Gbps در آینده)، پهنای باند بیشتر، ترمینال‌های دستگاه کوچیک‌تر و انعطاف‌پذیری بیشتر در برابر تداخل را فراهم می‌کنند. اگرچه استفاده از این باندهای فرکانسی هزینه نهایی دستگاه‌ها را بسیار بالا برده که ممکن است سبب نابودی حضور ماهواره‌ها در حوزه اینترنت اشیاء شود. به همین دلیل انتخاب باند فرکانسی که نزدیک به باندهای فرکانسی زمینی مانند LPWAN باشد، به‌صورت خاص کارایی بیشتری دارد.

ارتباطات ماهواره‌ای برای IoT / M2M می‌تواند به‌عنوان یک مکمل خاص برای شبکه‌های LPWAN با توجه به نیازمندی‌های توان مصرفی پایین و نرخ داده کم،مطرح شود. این مورد نیازمند سرویس‌های ماهواره‌ای در باند UHF(862-870 MHz) است. مطابق با بررسی‌های انجام شده این باند فرکانس خاص از نظر تکنیکی (نیاز به تداخل پایین) و رگولاتوری (دسترسی به طیف اختصاصی) امکان‌پذیر است. با این وجود، اگر هر دو شبکه ماهواره‌ای و زمینی در برخی از مناطق جغرافیایی با یک فرکانس کار کنند. ممکن است تداخل رخ دهد. بدین ترتیب ماهواره باید در این شرایط با شبکه‌های زمینی هماهنگ باشند.

بررسی زنجیره ارزش اکوسیستم

بازار IoT به بازار دستگاه‌ها (سخت افزار شامل سنسورها و محرک‌ها)، ارائه‌دهنده سرویس‌های ارتباطی / شبکه و سیستم‌های مدیریتی برای تحلیل داده، اپلیکیشن‌ها و...اطلاق می‌شود. این زنجیره ارزش در بازار ماهواره‌ای به‌صورت زیر است:

ساخت ماهواره و ایجاد و گسترش شبکه فضایی مستلزم اخذ تاییدیه از سازمان فضایی هر کشور به‌عنوان نماینده رسمی‌از اتحادیه بین‌المللی مخابرات (ITU) است. متقاضی ساخت ماهواره بایستی اسناد و تضامین لازم را جهت انجام به موقع پروژه‌های ماهواره‌ای در مهلت زمان مقرراتی مربوطه و بر اساس پارامترهای فنی عملیاتی مربوطه به سازمان‌های فضایی ارائه دهد.

در مرحله بعد این زنجیره تولیدکنندگان فضایی و سپس ارائه‌دهندگان سرویس‌های شبکه قرار دارند. در این بخش اپراتورهایی هستند که شبکه‌های نانوماهواره را ایجاد می‌کنند. این اپراتورها در دنیا هم توسط شرکت‌های بزرگ ماهواره‌ای و هم استارتاپ‌های مختلف ایجاد شده‌اند. نکته قابل‌توجه در مورد Cubesats این است که تولید سخت افزار آن به‌صورت open source بوده به این معنی که هر فرد می‌تواند اجزای آن را خریداری کرده و یک نانوماهواره بسازد. نانوماهواره‌ها به‌صورت پک‌های کامل نیز به فروش می‌رسند و قابل خریداری هستند.بدین ترتیب، هر اپراتور می‌تواند نانوماهواره مد نظر خود را از مراکز متعددی که در زمینه خرید و فروش CubeSats فعالیت دارند تهیه کرده و یا خود اقدام به ساخت نانوماهواره نماید. این مراکز فروش، نانوماهواره‌های آموزشی را نیز برای استفاده دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی به فروش می‌رسانند.

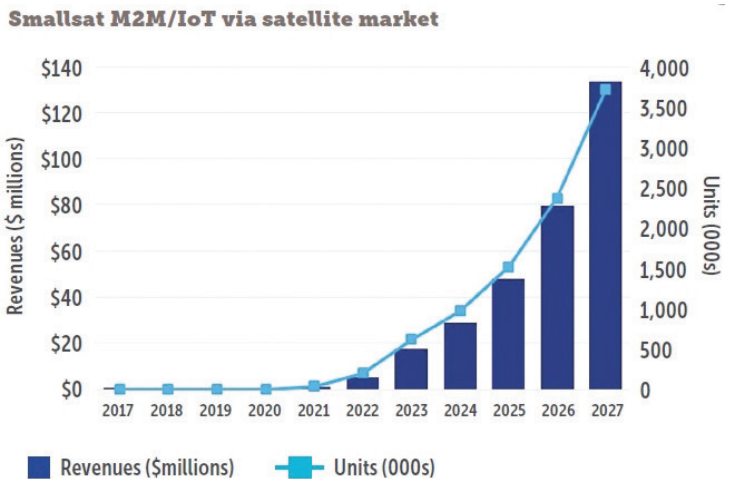
بعد از آماده‌سازی لازم است نانوماهواره‌ها در مدار زمین قرار بگیرند. اگر هر اپراتور تجهیزات لازم برای راه‌اندازی نانوماهواره و ارسال آن به فضا را در اختیار نداشته باشد می‌تواند از موشک‌های دولتی یا ایستگاه فضایی بین‌المللی (ISS) برای پرتاب ماهواره‌های خود استفاده نماید که البته نیازمند پرداخت هزینه‌های بسیار بالا حتی برای یک نانوماهواره است. با توجه به رشد و گسترش استفاده از نانوماهواره‌ها شرکت‌های پرتاب‌کننده خصوصی نیز پا به عرصه رقابت‌گذاشته و ماهواره برهایی مختص پرتاب ماهواره‌های کوچک طراحی کرده‌اند، بدین ترتیب با مراجعه به این شرکت‌ها و با پرداخت هزینه‌ای به‌مراتب پایین‌تر می‌توان نانوماهواره‌ها را به فضا ارسال کرد.

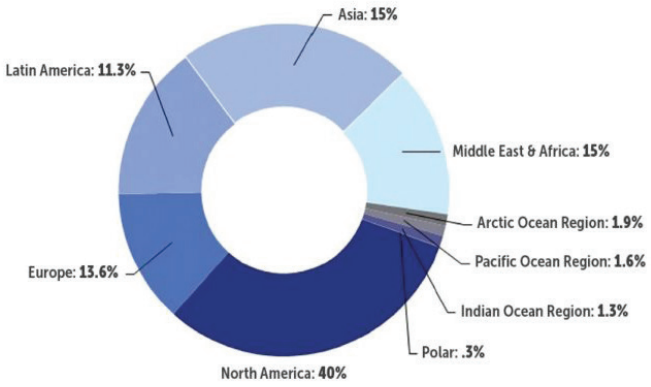
در مرحله بعد این زنجیره ارزش، ارائه‌دهندگان سرویس‌های IoT قرار دارند که پلتفرم‌های IoT برای سرویس‌هایی که به‌صورت خاص نیازمند شبکه‌های ماهواره‌ای هستند ارائه می‌دهند. سازندگان تجهیزات نیز ترمینال‌های مرتبط با سرویس‌های IoT که توانایی اتصال به شبکه ماهواره‌ای را دارند به فروش می‌رسانند. در این حوزه نیز کمپانی‌های مختلفی از سراسر دنیا حضور دارند و ترمینال‌های IoT و ماژول‌ها برای اتصال دستگاه‌ها به ماهواره‌ها را تولید کرده و به فروش می‌رسانند و درنهایت ارائه‌دهندگان اپلیکیشن برای استفاده کاربران نهایی از سرویس‌های مورد نظر، در انتهای این زنجیره ارزش قرار دارند.

معرفی اکوسیستم فعال

در سال۲۰۱۸، گروهی از اپراتورهای ماهواره‌ای کوچک، انجمن مدیریت ارتباطات ماهواره‌ای کوچک (CSSMA) را با هدف به اشتراک‌گذاشتن دانش‌های این حوزه در میان اپراتورهای جدید و اطمینان از اینکه منافع این اپراتورها در انجمن‌های مربوطه حفظ می‌شود، به وجود آوردند. امروزه این انجمن دارای چند اپراتور است که در زمینه ارتباطات مبتنی بر IoT در مجموعه سرویس‌های ماهواره‌ای موبایلی (MSS) مشغول به کار هستند و هر کدام با چالش‌های رگولاتوری خاصی مواجه هستند. لازم به ذکر است که این ماهواره‌ها در فاصله زیر ۶۵۰ کیلومتر کار می‌کنند و طول دوره زمانی که ممکن است از مدار خارج شوند حدود ۵سال است.

بازار ماهواره‌های نانو و میکرو در سال گذشته حدودا ۱،۰۸میلیارد دلار ارزش داشت و نیاز روزافزون به این ماهواره‌ها به‌دلیل قیمت ارزان و وزن سبک، رشد این بازار را سرعت بخشیده است. علاوه بر این، افزایش تعداد پرتاب ماهواره در سرتاسر جهان برای اهداف مختلفی مانند سنجش از دور و نظارت بر زمین، مخابرات و کاربردهای علمی باعث روی آوردن بیشتر به‌سمت این بازار شده است. مطابق با نمودار زیر پیش‌بینی می‌شود که بازار ماهواره‌های کوچک تا سال۲۰۲۷ نزدیک به ۱۳۰میلیون دلار درآمد خواهد داشت.





طبق پیش‌بینی NSR، آمریکایی شمالی تا ۴۰درصد از بازار ماهواره‌های IoT را تا سال ۲۰۲۷ در دست خواهد گرفت و بدین ترتیب بازیگر اصلی بازار نانوماهواره‌ها و میکروماهواره‌ها را می‌توان آمریکای شمالی دانست، چراکه شرکت‌هایی همچون Sierra Nevada Corporation (US)، Aerospace Corporation (US)، Boeing Space Systems (US)، پلنت (Planet Labs Inc) و لاکهید مارتین (Lockheed Martin Corporation) در این منطقه و در زمینه ماهواره‌های مذکور فعال هستند.

قیمت به‌صرفه این ماهواره‌ها یکی از عوامل مهمی است که بازیکنان کلیدی این بازار را ترغیب به افزایش پرتاب نانوماهواره‌ها و میکروماهواره‌ها کرده است شرکت‌ها در حال به‌کارگیری استراتژی‌های مختلفی همچون شراکت و امضای توافقنامه برای توسعه تکنولوژی‌های جدید در این زمینه هستند. در مجموع به‌نظر می‌رسد بازار ماهواره‌های میکرو و نانو بازار رو به رشدی باشد که تنها مانع آن شکست در عملیات پرتاب است. چراکه با یک ماهواره بر تعداد زیادی از این ماهواره‌ها پرتاب می‌گردد و شکست در یک پرتاب به معنی از بین رفتن چند ده نانوماهواره یا میکروماهواره است.

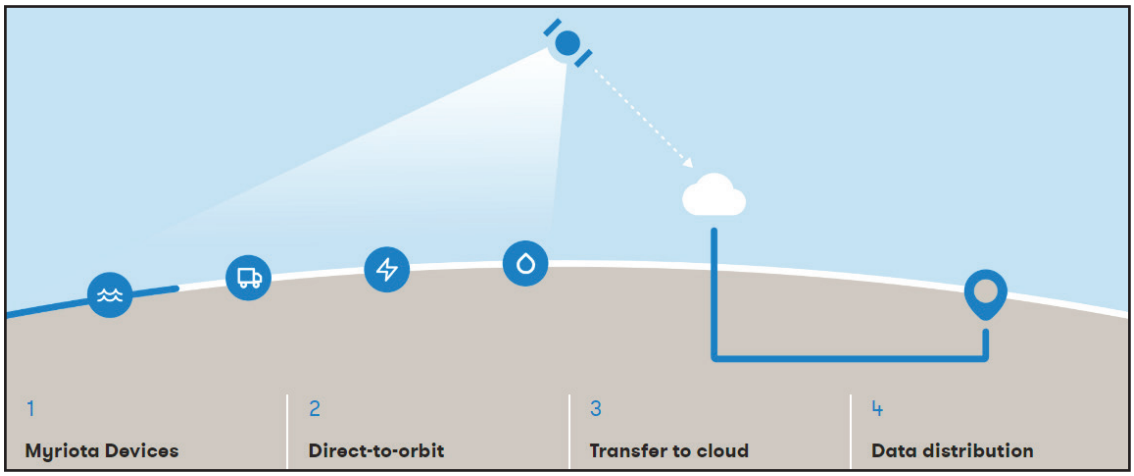
یکی از فاکتورهای مهمی که نشان دهنده رشد بازار فضایی است، تعداد پرتاب‌های ماهواره‌های میکرو و نانو به فضا است. با توجه به آمار منتشر شده در سایت https://www.nanosats.eu تا ابتدای سال ۲۰۱۹ تعداد ۱۱۱۶نانوماهواره به فضا ارسال شده است و پیش‌بینی می‌شود تا ۶سال آینده ۳۰۰۰نانوماهواره به فضا ارسال شود. شرکت‌ها و کمپانی‌ها در انتظار پیشرفت‌ها تکنولوژی‌های جدید و افزایش کاربرد ماهواره‌های نانو و میکرو و بهبود تاثیرگذاری ماهواره‌ها هستند. براساس آمارهای منتشر شده در سایت مذکور تعدادی از شرکت‌هایی که در حوزه منظومه‌های تجاری ماهواره‌های مکعبی برای کاربردهای گوناگون سرمایه‌گذاری کرده‌اند، به‌شرح زیر است.

کمپانی ارتباطات کپلر واقع در تورنتو کانادا که از شرکت‌های بسیار فعال در زمینه ارتباطات ماهواره‌ای است، نزدیک به ۵ میلیون دلار برای پیشرفت سیستم‌های اینترنت اشیاء و M2M سرمایه‌گذاری کرده است. این شرکت در ژانویه۲۰۱۸ اولین دوماهواره‌ای خود را راه‌اندازی کرد و به‌عنوان اولین منظومه ماهواره‌ای IoT شناخته شده است. به‌علاوه برنامه‌ریزی‌های این شرکت بدین‌صورت است که تا ۱۴۰منظومه ماهواره‌ای را راه‌اندازی کند.

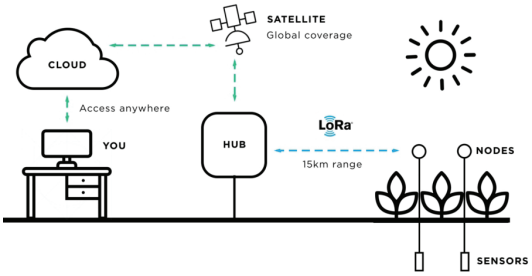
شرکت Iridium که از شرکت‌های فعال حوزه ماهواره‌ای است، سرمایه‌گذاری ۳ میلیون دلاری را برای ارسال ۷۵ماهواره LEO شروع کرده است. این شرکت مدعی است که فعالیت‌های حوزه IoT این شرکت سالیانه تا ۱۹درصد در حال رشد است و به‌علاوه تنها شرکتی است که پوشش‌دهی سراسری ایجاد کرده است و درنتیجه برای کاربردهای IoT بسیار مناسب است.

شرکت Astrocast در لوزان سوییس در حال برنامه‌ریزی برای ارسال ۶۶ نانوماهواره L-Band است که برای این هدف، مشارکتی را با اپراتور ماهواره‌ای Thuraya که در L-Band فعالیت می‌کند شروع کرده است. استفاده از یک باند فرکانسی هم برای نانوماهواره‌ها و هم ماهواره‌های موجود مزیت‌هایی را برای مودم‌ها ایجاد می‌کند و سبب می‌شود که به‌صورت همزمان به هر دو منظومه ماهواره‌ای دسترسی داشته باشند.

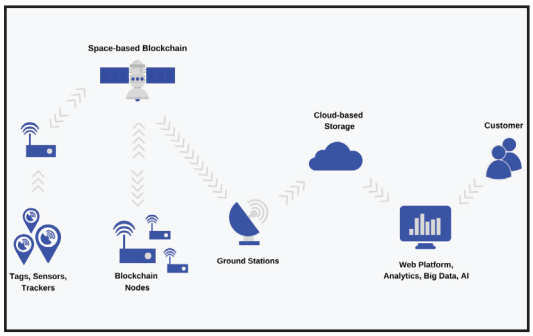
شرکت Myriota در آدلاید استرالیا تکنولوژی نانوماهواره‌ای را ارائه داده است که قادر است تعداد زیادی فرستنده با توان پایین، هزینه کم و ابعاد بسیار کوچک برای ارسال داده‌هایی با حجم کم از هر نقطه‌ای به زمین را فراهم کنند. این شرکت ادعا می‌کند که با استفاده از این پلتفرم ده‌ها میلیون دستگاه بدون نیاز به هیچ تکرارکننده و یا گیت‌وی زمینی می‌توانند به‌صورت مستقیم داده‌های خود را به ماهواره‌ها ارسال نمایند. این ارتباط مستقیم مداری، راهکارهای مبتنی بر IoT زیادی را برای صنایع گوناگون مانند کارخانجات، شرکت‌های برق، آب و گاز و همچنین نظارت‌کننده‌های محیط‌زیست، ردیابی دارایی‌ها و حمل‌ونقل ارائه می‌کند. این شرکت در سال۲۰۱۸ پروژه‌های پایلوت مختلفی در زمینه‌های نظارت بر آب‌های اقیانوس، نگهداری و نظارت بر توربین‌های بادی و مدیریت مقدار آب در تانکرهای کشاورزی در نقاط دوردست، اجرایی کرده است.



علاوه بر این شـــرکت، شـــرکت دیگری به نام Fleet در آدلایـــد نیز،پکیج ارتباط ماهواره‌ای کم‌هزینه و یکپارچه‌ای شامل یک سرور، گیت‌وی LoRa و مودم‌های ماهواره‌ای و آنتن‌ها را معرفی کرده است. با استفاده از این پکیج کاربران می‌توانند تا ۱۰۰سنســـور LoRa تا فاصله ۱۰مایل از پرتال به‌همراه ارتباطات ماهواره‌ای LoRa برای صنایع دوردست که شبکه‌های سلولی وجود ندارد ایجاد کنند.



شـــرکت Helios Wire در ونکور کانـــادا، از باند S برای ارسال داده کوتاه از زمین به فضا استفاده می‌کند. برنامه‌ریزی این شـــرکت برای ارســـال ۳ماهواره کوچک به وزن ۳۵پوند برای ارســـال به فضا و سپس گسترش بیزینس خود با ارسال ماهواره‌های بیشتری به فضا است. ستاپ این مجموعه شامل یک دستگاه زمینی به‌عنوان‌هاب و مودم برای دریافت داده‌های از سنســـورها تا شعاع ۲۵مایل مربع و سپس آپلود داده‌ها به ماهواره‌ها است. سپس ماهواره‌ها داده‌های جمع‌آوری شده را به ایســـتگاه‌های زمینی برای ارسال به‌سمت ابر می‌فرستند و مشـــتریان از این طریق می‌توانند به داده‌ها دسترسی داشته باشند. به‌علاوه برای امنیت بیشتر نیز از سیستم‌های فضایی مبتنی بر بلاک چین اســـتفاده می‌کننـــد. هزینه ردیابی هر دستگاه با استفاده از این سیستم ۲۰دلار سالیانه برآورد شده اســـت و این امکان ایجاد شده اســـت تا بازاری ایجاد شود تا افراد بتوننند دستگاه‌های خود را با هزینه بسیار پایین ردیابی کنند. هدف اصلی این شـــرکت ارایه ســـرویس مناسب است برخلاف ســـایر رقبا که با هدف رسیدن به جایگاه اول بازار و ارائه سرویس‌های ویدئویی و اینترنت پهن باند به کشتی‌های کروز، هواپیما و سکوهای نفتی در وسط اقیانوس پا به عرصه رقابت‌گذاشته اند و هزینه‌ای میانگین ۵۰۰-۴۰۰دلار سالیانه دارند، این شـــرکت تمایل به ارائه سرویس‌های کم‌حجم و با هزینه پایین برای کاربردهای خاص را دارد.



استانداردسازی ارتباطات نانوماهواره‌ای

مانند دیگر شبکه‌های ارتباطی، شبکه‌های نانوماهواره‌ای برای قرار گرفتن در مقیاس جهانی نیازمند اســـتانداردهای مربوطه برای ایجاد شبکه و اتصال به سنسورها و ترمینال‌ها هســـتند. برای ارتباط با نانوماهواره‌ها (به‌صورت مســـتقیم یا با گیت‌وی‌های زمینی) رابط‌هـــای اختصاصی مورد نیاز اســـت و بدین ترتیب یک بازار جدید برای IoT با استفاده از ماهواره‌ها ایجاد می‌شـــود. این رابط‌های اختصاصی برای اطمینان از تداخل درونی در اکوسیستم اتصال IoT ضروری است. زمانی که بازار به بلوغ کافی برسد، رابط بین ماهواره و سنسور و یاگیت‌وی زمینی می‌تواند براساس استانداردهای باز باشـــد. در این زمان، بازیکنانی که بتوانند به‌ســـرعت به این راه حل‌های مبتنی بر استاندارد برسند، احتمالا حضور بیشتری در مقیاس جهانی خواهند داشت و سهم قابل‌توجهی را به دست خواهند آورد. متاسفانه در حال حاضر استانداردها و تمهیدات رگولاتوری در زیرســـاخت‌های ماهواره‌ای برای ماهواره‌های قدیمی‌است و تنظیمات ماهواره‌های جدید در همین چارچوب سنتی اجرا می‌شود. هنگامی که یک سرویس ماهواره جهانی IoT ارائه شود با موانع نظارتی مهمی روبرو خواهد شد و سوالی که اینجا مطرح می‌شود این است که آیا قوانین اولویت و حمایت از تخصیص طیف همچنان می‌تواند به‌عنوان بهترین روشی باشـــد که نوآوری و سرمایه‌گذاری در عرصه زیرســـاخت‌های فضایی را تشـــویق کند؟ ساختن چارچوبی برای زیرساخت جهانی IoT صرف‌نظر از کاربردها، اثرات جانبی مثبت اجتماعی و اقتصادی را به‌همراه دارد که با استفاده از ماهواره‌ها این مهم به‌سادگی تحقق می‌یابد.

در این راستا کمپانی کپلر و سایر اپراتورهای نانوماهواره‌ای با حمایت مســـتقیم ITU، مذاکراتـــی را با رگولاتوری‌های

سراســر دنیا آغــاز کرده‌اند. بدین ترتیــب اولین کنفرانس و کارگاه‌هــای آموزشــی در مورد سیســتم‌های ارتباطی و رگولاتوری ماهواره‌های کوچک در سال ۲۰۱۶ در کشور شیلی برگزار شده است و سپس کارگاه‌های مختلفی در سراسر دنیا برگزار شده است که سبب تنوع مدل‌های همکاری، افزایش آگاهی و درک کلی این سیستم‌ها شده است.

استفاده از نانوماهواره‌ها در اکوسیستم IoT ایران

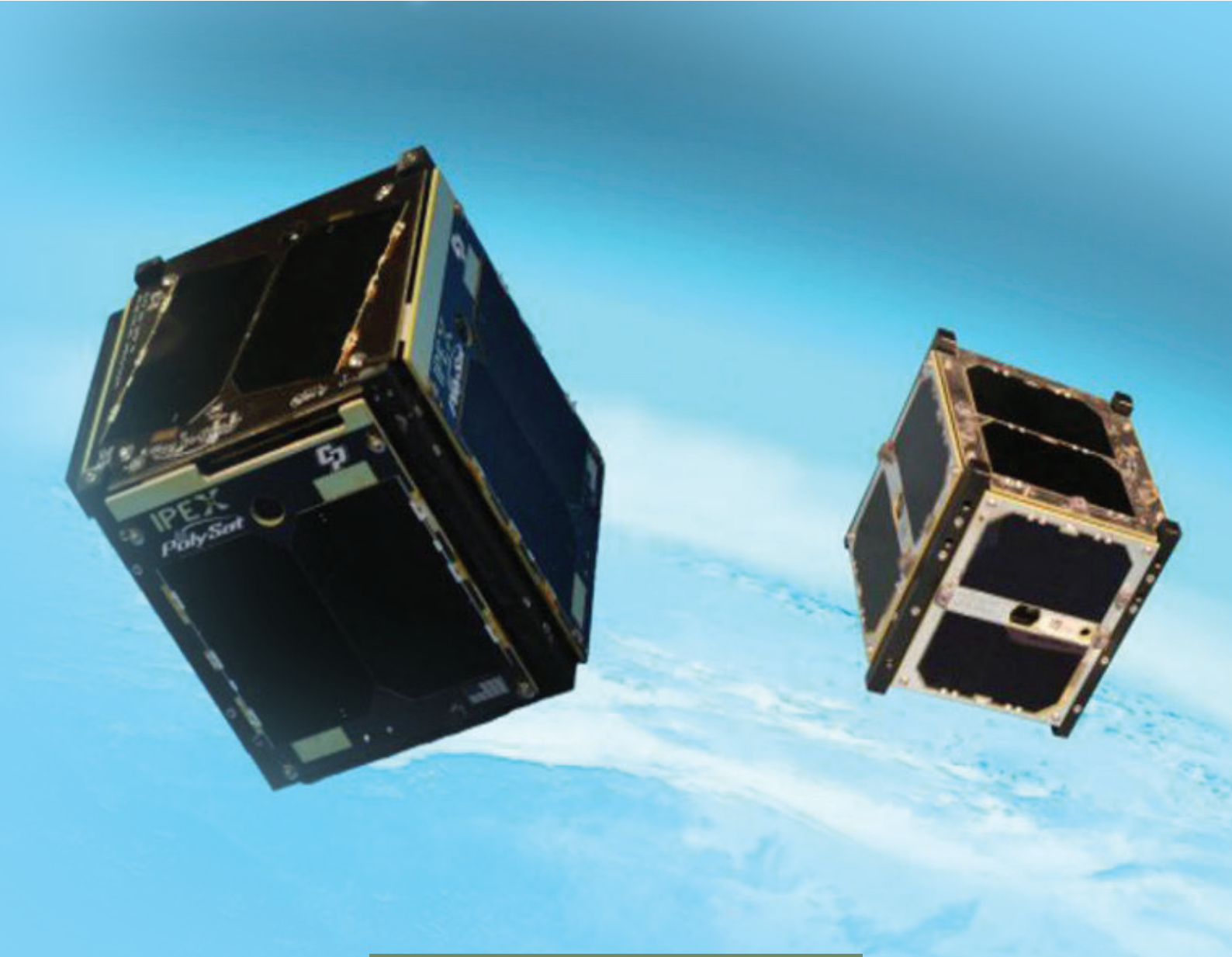
اکوسیســتم اینترنت اشیاء در ایران تقریبا از سال ۱۳۹۴ شــروع به رشد و فعالیت نموده است و تاکنون شرکت‌های متنوعی در بخش‌های مختلف این اکوسیستم شامل ایجاد شبکه ارتباطی، ســاخت دســتگاه‌ها، حوزه نرم‌افزاری و... فعالیت می‌کنند.

همواره یکی از چالش‌های اساســی این اکوسیستم ایجاد شــبکه ارتباطی مناسب بوده است. شــرکت‌های ارتباطی مختلفی در این حوزه فعالیت می‌کند. در مورد شــبکه‌های LPWAN، شــرکت‌های ارائه‌دهنده خدمات ارتباطی سیار مانند همراه اول و ایرانسل پروژه‌هایی در راستای ایجاد شبکه سراسری NB-IoT ارائه کرده‌اند ولی تاکنون اخباری مبنی بر پوشش‌دهی سراسری این شبکه منتشر نشده است، شبکه Sigfox نیز با توجه به تحریم‌های اخیر از ایران خارج شده است. شــبکه LoRa نیز به‌صورت خصوصی مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌نظر می‌رســد با توجه به اهمیت شــبکه و عدم پیشرفت ارائه شبکه سراسری اینترنت اشیاء، استفاده از شبکه‌های ماهواره‌ای به‌عنوان شبکه مکمل، می‌تواند نسخه مناســبی برای ایران باشد. در سراسر دنیا و به خصوص در کشورهایی مانند سوییس، استرالیا و آمریکا استارتاپ‌های مختلف در کنار شــرکت‌های بزرگ ماهواره‌ای در حال ارائه خدمات شبکه به کسب‌وکارهای گوناگون هستند.لازم به ذکر است که برای ایجاد شبکه ماهواره‌ای در ایران دریافت پروانه و صدور مجوز راه‌اندازی شبکه هم از سازمان فضایی و هم از سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی مورد نیاز است.

علاوه بر راه‌اندازی شــبکه در ایران بهره‌برداران می‌توانند به‌صــورت خصوصــی منظومــه‌ای از نانوماهواره‌هــا را از شرکت‌های بین‌المللی ارائه‌دهنده سرویس‌های ماهواره‌ای در اختیار گرفته و برای کســب‌وکارهای خود مورد استفاده قرار دهند.

تولید نانوماهواره به نســبت ماهواره‌های بزرگ بســیار ســاده‌تر بوده و هم اکنون استارتاپ‌ها و مراکز تحقیقاتی و دانشــگاهی مختلفی در سراسر دنیا پروژه‌های متعددی در در این حوزه داشته‌اند. همانطور که پیشتر ذکر شده می‌توان نانوماهواره‌ها را هم در قالب بسته‌بندی نهایی و هم در قالب اجزای کوچیکتر خریداری نمود و برای مقاصد مختلف مورد استفاده قرار داد.

بدیــن ترتیب با همکاری ســازمان فضایی ایران و مراکز دانشــگاهی در مدت زمان کوتاهی نانوماهواره‌ها می‌توانند به بهره‌برداری رســیده و مورد استفاده قرار گیرند و بدین ترتیب شبکه ارتباطی اینترنت اشیاء با کمک نانوماهواره‌ها می‌تواند مورد استفاده سازمان‌ها، شرکت‌ها و استارتاپ‌های مختلف قرار بگیرد. ■



گروه علمی تحلیل طیف اولیـــن و تنها کانون تفکر (اندیشکده) حوزه مخابرات در کشور نزدیک به دو دهه است که در حوزه‌های سیاست‌پژوهی و آینده‌نگاری فناوری‌ها و خدمات ارتباطی، مطالعات و تحلیل‌های علمی و تطبیقی، مشارکت علمی در برگزاری همایش‌ها و ســـمینارهای تخصصی بین‌المللی، تدوین و انتشار کتاب‌های تخصصـــی و گزارش‌های مدیریتی فعالیت می‌کند. با توجه به رسالت‌ها و اهداف تعریف شده، این گروه به عنوان بنیانگذار و دبیرخانه فروم اینترنت اشیا ایران (IiF) بر آن شـــده است تا محتواهایی براساس منابع معتبر در قالب وایت‌پیپر در اختیار علاقه‌مندان به حوزه فناوری‌های نوین قرار دهد. دومین ســـری این مجموعه تحت عنوان نانوماهواره‌ها: ابزاری برای توسعه اکوسیستم IoT آماده شده است که به مطالعه در زمینه استفاده از نانوماهواره‌ها در راستای گسترش شبکه‌های ارتباطی اینترنت اشیاء می‌پردازد.

راه‌های ارتباطی

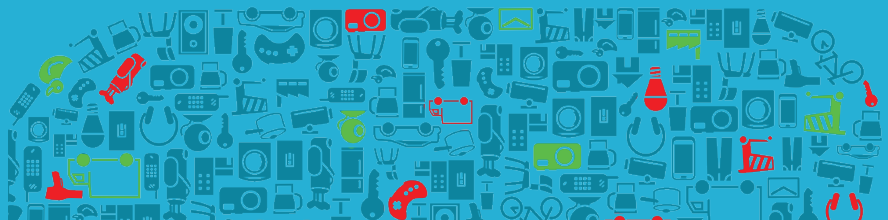
آدرس: تهران، خیابان سهروردی شمالی، کوچه امامی، پلاک ۲۳، واحد ۳، طبقه ۲ || شماره تماس: ۸۸۵۱۳۸۱۲-۰۲۱

وب‌سایت: www.iraniotforum.org www.digitalweek.ir www.teyf.ir || ایمیل: info@teyf.com

IRAN IoT FORUM

اعضای فروم اینترنت اشیاء ایران

سامانه آریا همراه ARYA HAMRAH SAMANEH CO.	هراول	وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات	وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات سازمان فناوری اطلاعات ایران	وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات سازمان فضایی ایران	وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی
www.aryahamrah.com	www.mci.ir	www.itrc.ac.ir	www.ito.gov.ir	www.isa.ir	www.cra.ir
PISHGAMAN KAVIR ASIA	گروه فن‌آوران هوشمند بهسازان فردا	مبین نت	pars online	بانک پاسارگاد	ایرانسل MTN
www.pishgamanasia.com	www.behsazanholding.com	www.mobinnet.ir	www.parsonline.com	www.bpi.ir	www.irancell.ir
فرینه فناور	LPWAN www.lpwandata.io	شرکت ملی نفت ایران	شرکت ملی گاز ایران	شرکت توانیر	شهرداری تهران TMICTO
www.farinehtech.com	www.lpwandata.io	www.nioc.ir	www.nigc.ir	www.tavanir.org.ir	www.tmicto.tehran.ir
شرکت فناوران توسعه امن ناجی	صدا و سیمای جمهوری اسلامی ایران	شرکت صنایع مخابرات صا ایران	شرکت موج آینده فرافن (سهامی خاص)	صنعت ارتباط پیشرو	شرکت خدمات انفورماتیک (سهامی عام)
www.cybersec.ir	www.irib.ir		www.fwutech.com	www.sep-co.net	www.isc.co.ir
IOTIC	IoT Academy	مؤسسه فرهنگی و اطلاع رسانی تبیان	دانشگاه علم و صنعت ایران پژوهشکده اندازه‌گیری جریان سیالات	دانشگاه شاهد پژوهشکده علوم و فناوری های نوین اطلاعات و ارتباطات	RATEN
www.iotic.ir	www.iotacademy.ir	www.tebyan.net	www.iust.ac.ir	www.shahed.ac.ir	www.ratengroup.ir
گروه تیف Teyf Group					
www.teyf.ir					



راه‌های ارتباطی

آدرس: تهران، خیابان سهروردی شمالی، کوچه امامی، پلاک۲۳، واحد۳

شماره تماس: ۸۸۵۱۳۸۱۲-۰۲۱

وب‌سایت: www.iraniotforum.org || www.digitalweek.ir || www.teyf.ir

ایمیل: info@iraniotforum.org