مقاله علمی- ترویجی

مدیریت تداخل سرویس‌های پهن‌باند ماهواره‌ای متحرک و چالش‌های پیش رو

رقیه دوست*، عضو هیات علمی پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات، تهران، ایران

رقیه کریم‌زاده بائی، عضو هیات علمی پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات، تهران، ایران

پدرام حاجی‌پور، عضو هیات علمی پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات، تهران، ایران

علیرضا فاسونیه چی، پژوهشگر پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات، تهران، ایران

*نویسنده مسئول

چکیده

تقاضای روز افزون استفاده از سرویس‌های پهن‌باند برای ادوات متحرک، موجب شکل‌گیری فناوری ESIM (Earth Station In Motion) گردید. این سرویس‌ها در خودروها، قطارها و ناوهای هوایی و دریایی قابل استفاده است. ITU (International Telecommunication Union) و بسیاری از رگولاتورهای مخابرات منطقه‌ای و ملی در حال توسعه استانداردها و مقررات هستند به‌طوری که با رعایت آنها توسط ESIM، تداخل‌های یاد شده تا حد امکان تعدیل می‌یابد. در WRC 2015 باند اختصاص داده شده به ESIM 19.7-20.2 GHz و 29.5-30 GHz تعیین شد. علاوه برآن در WRC 2019 باند اختصاص داده شده به ESIM به 17.7-19.7 GHz و 27.5-29.5 GHz توسعه یافت و بررسی رگولاتوری و ملاحظات تداخل آن توسط کشورهای مختلف مطرح و ثبت گردید. در WRC2023 این موارد مطروحه، تکمیل و نیز استفاده از ESIM در منظومه‌های ماهواره‌ای غیر زمین آهنگ FSS (Non-GEO) در باند فرکانسی 17.7-19.7 GHz و 27.5-29.5 GHz بررسی خواهد شد. این تصمیمات در حالی گرفته شده است که سرویس‌های متعددی از قبل در حال استفاده از بخشی یا تمام باند فرکانسی اختصاص یافته به ESIM (GEO یا Non-GEO) بوده‌اند. ارایه‌دهندگان سرویس، اپراتورها و رگولاتورها ملاحظات مربوط به تداخل و فرآیندهای مجوزدهی را تا حد زیادی در این سال‌ها پیش برده‌اند و کماکان این بررسی‌ها به روش‌های مختلف ادامه دارد. در این پژوهش به بیان مقدمه و معرفی اجمالی از ESIM پرداخته شده است و پس از ارائه مختصر در خصوص چگونگی بررسی‌ها و تحلیل‌های صورت گرفته به منظور استخراج الزامات کنترل تداخل ESIM در مستندات و نشست‌های ITU، سناریوهای اولیه برای تحلیل‌های موردنیاز تداخل، بیان شده است. در ادامه، فناوری مرکز کنترل و مانیتورینگ شبکه (NCMC) به همراه ایستگاه‌های پایش و مانیتور طیف رادیوفضایی و سامانه Geoloction و چالش‌های پیاده‌سازی آن‌ها به‌طور مختصر شرح داده شده است. در نهایت، با توجه به ضرورت ارائه سرویس ESIM در آینده نزدیک و همچنین روند توسعه فناوری‌های مرتبط، چالش‌های مطرح در این حوزه جمع‌بندی شد.

کلمات کلیدی: ایستگاه‌های زمینی در حال حرکت (ESIM)، سرویس‌های پهن باند ثابت ماهواره‌ای، تداخل فرکانسی، ماهواره‌های زمین آهنگ و غیرزمین آهنگ، سرویس ثابت زمینی، سرویس سیار زمینی.

[Downloaded from kiaeee.ir on 2025-08-21]

Managing the Interference of Moving Satellite Broadband Services and the Challenges Ahead

Roghayeh Doost*, Faculty member of Satellite Communication Group, Department of Communication Technology, IranTelecom Research Center, Tehran, Iran. doost@itrc.ac.ir

Roghieh Karimzadeh Baee, Faculty member of Satellite Communication Group, Department of Communication Technology, Iran Telecom Research Center, Tehran, Iran.rkbaee@itrc.ac.ir

Pedram Hajipour,Faculty member of Satellite Communication Group, Department of Communication Technology, Iran Telecom Research Center, Tehran, Iran.,Hajipour@itrc.ac.ir

Ali Reza Fasunieh Chi, Researcher of Satellite Communication Group, Department of Communication Technology, Iran Telecom Research Center, Tehran, Iran. fasooniehchi@itrc.ac.ir

*Corresponding Author

Abstract

The growing demand for broadband services for moving devices led to the development of ESIM (Earth Station In Motion) technology. These services can be used in cars, trains, air and sea ships. The International Telecommunication Union (ITU) and many regional and national telecommunications regulators are developing standards and regulations that, when complied with by ESIM, minimize such interference. At WRC2015, the frequency band of 20.2-19.7 GHz and 29.5-30 GHz assigned to ESIM. In addition, at WRC2019, the frequency band was extended to 17.7-19.7 GHz and 27.5-29.5 GHz and the regulatory and interference considerations were raised by various countries. In WRC2023, these issues will be addressed, as well as the use of ESIM in FSS Non-GEO satellite systems in the 17.7-19.7 GHz and 27.5-29.5 GHz. Several services were already using part or all of the frequency band allocated to ESIM (GEO or Non-GEO). Service providers, operators, and regulators have largely taken into account interference and licensing processes over the years. In this research, an brief introduction of ESIM has been given. After a brief presentation on how the studies and analyzes have been done in order to extract the requirements for controlling ESIM interference in ITU documents and meetings, the initial scenarios for analysis the interference are stated. In the following, the technology of Network Control and Monitoring Center (NCMC) along with monitoring stations, monitors of radio-space spectrum, Geoloction system and the challenges of their implementation are briefly described. Finally, due to the need to provide ESIM service in the near future as well as the development of related technologies, the challenges in this area were summarized.

Keywords: Earth Station In Motion (ESIM), fixed satellite broadband services, frequency interference, GEO and Non- GEO satellites, fixed service, mobile service.

۱- مقدمه

یکی از فناوری‌های پیشرفته و رو به توسعه در صنعت ماهواره‌ای دنیا ایستگاه‌های زمینی در حال حرکت موسوم به ESIM (Earth Station in Motion) می‌باشد، که به ارایه سرویس‌های پهن‌باند ثابت ماهواره‌ایFSS (Fixed Satellite Service) می‌پردازد. این فناوری در خودروها، قطارها، ناوگان هوایی و شناورهای دریایی استفاده می‌شود. با توسعه این سرویس‌ها برای نخستین بار در سال ۲۰۱۵، 500MHz بالایی باند Ka(29.5-30 GHz فراسو و 19.7-20.2 GHz فروسو) در ماهواره‌هایGEO FSS، به ESIM اختصاص داده شد. در WRC2019 باند اختصاص داده شده به ESIM به باندهای 17.7-19.7 GHz و 27.5-29.5 GHz نیز توسعه یافت و بررسی رگولاتوری و ملاحظات فنی تداخل توسط کشورهای مختلف در آن مطرح گردید. در WRC2023 این موارد مطروحه، تکمیل و نیز استفاده از ESIM در منظومه‌های ماهواره‌ای غیر زمین آهنگ(Non-GEO) FSS در باند فرکانسی 17.7-19.7 GHz و 27.5-29.5 GHz بررسی خواهد شد. این تصمیمات در حالی گرفته شده است که سرویس‌های متعددی از قبل در حال استفاده از بخشی یا تمام باند فرکانسی اختصاص یافته به ESIM (GEO یا Non-GEO) بوده‌اند. از جمله این سرویس‌ها عبارتند از: سرویس ثابت زمینی (Fixed Service)، سرویس سیار زمینی (Mobile Service)، لینک‌های تغذیه سرویس سیار ماهواره‌ای غیر زمین آهنگ، گیرنده‌های فضایی غیر زمین آهنگ FSS و غیره. شرایط وجود یا عدم وجود تداخل GEO ESIM با هریک از سرویس‌های مذکور در برخی مستندات ITU مطرح شده و در قطعنامه ۱۶۹ برخی الزامات فنی به‌عنوان شروط لازم در پیشگیری و یا کاهش تداخل این فناوری بر روی برخی سرویس‌های محتمل تداخل، بیان شده است. در این میان سرویس‌های ثابت و سیار زمینی آسیب‌پذیرترین سرویس‌های در معرض تداخل از جانب ESIM می‌باشند. به منظور استخراج الزامات فنی کنترل (حذف یا کاهش) تداخل وارد شده از GEO ESIM بر روی سرویس‌های ثابت زمینی و نیز سرویس‌های سیار زمینی، سناریوها و تحلیل‌های مختلفی توسط برخی کشورها، شبیه‌سازی و ارزیابی شده است. چنین شبیه‌سازی‌هایی برای استخراج الزامات کنترل تداخل Non-GEO ESIM و نیز ارایه در WRC2023 موردنیاز است. با دانش پیاده‌سازی سناریوهای شبیه‌سازی مربوط به GEO ESIM، تداخل ناشی از این فناوری با توجه به ویژگی‌های سرویس‌های موجود و نیز پارامترهای شبکه‌های ماهواره‌ای GEO مورد استفاده در کشور بررسی می‌شوند و الزامات پیشگیرانه استخراج و یا صحت‌سنجی خواهند شد. مهم‌تر اینکه با الگوگیری از سناریوهای مربوط به GEO ESIM و جایگزینی پارامترهای مربوط به شبکه‌های ماهواره‌ای GEO با پارامترهای شبکه ماهواره‌ای Non-GEO در این شبیه‌سازی‌ها، الزامات فنی کنترل تداخل فناوری Non-GEO ESIM در کشور

[Downloaded from kiaeee.ir on 2025-08-21]

استخراج خواهد شد. با توجه به مستندات ارایه شده توسط کشورهای پیشرو در این حوزه، در پیش‌نشست‌های برگزار شده WRC2023 تاکنون، صحت این مهم تایید شده است. برخی کشورهای پیشرو در این حوزه از نرم‌افزارهای خاص طراحی شده به این منظور استفاده می‌کنند. با تغییرات و اصلاحاتی که در مستندات فنی ITU مورد استفاده در این نرم‌افزارها رخ می‌دهد، این نرم‌افزارها نیاز به بروزرسانی خواهند داشت. در حال حاضر چنین نرم‌افزارهایی با قابلیت بروزرسانی در اختیار محققین کشور نیست. پس مساله نخست در کنترل و مدیریت تداخل ESIM در کشور تحلیل، شبیه‌سازی و استخراج الزامات کنترل تداخل از طریق طراحی نرم‌افزار بومی یا استفاده از نرم‌افزارهای پایه می‌باشد. البته تعدد و گستردگی مستندات فنی ITU که باید به این منظور شبیه‌سازی شوند و نیز در نظر گرفتن مشخصات فنی و فیزیکی تمام سرویس‌های هم‌فرکانس با ESIM در کشور، از چالش‌های عمده در تحلیل تداخل ESIM در کشور می‌باشد. مطالعات اولیه لازم به این منظور مورد پژوهش قرار گرفته است. ادامه مسیر و پیاده‌سازی تحلیل‌ها و شبیه‌سازی‌های سناریوهای یاد شده با حمایت‌های سازمان‌های متولی در کشور، قابل تحقق می‌باشد. با برداشتن این گام، الزامات کنترل تداخل Non-GEO ESIM استخراج و از سوی کشورمان در WRC2023 مطرح خواهد شد.

به منظور کنترل الزامات و پارامترهای استخراج و مصوب شده در راستای پیشگیری از تداخلات مضر، استقرار مرکز مانیتورینگ و کنترل تداخل یا NCMC (Network Control and Monitoring Center) در شبکه ESIM ضروری می‌باشد. پیاده‌سازی NCMC برای شبکه ESIM و مرتفع نمودن چالش‌های مرتبط با آن، با مطالعه و بررسی سابقه مربوط در شبکه‌های VSAT قابل انجام است. NCMC یک واحد کارکردی (دارای پشتیبان) در Hub شبکه ماهواره‌ای است و بی‌شک در هر کشور مجوزدهنده به ESIM که بتواند امکانات دسترسی به شبکه را در قالب hub شبکه یا امکانات معادل آن در اختیار داشته باشد، کارکرد فرمان قطع و ارسال ESIMها، برای ESIMهای تحت مجوز آن کشور قابل پیاده‌سازی است. از این رو مساله دوم به منظور کنترل و مدیریت تداخل ESIM که نیاز به بررسی و پیاده‌سازی در کشور دارد، مرکز مانیتورینگ و کنترل شبکه ESIM یا همان NCMC می‌باشد.

اگر چه برای استفاده از ESIM هم مانند دیگر سرویس‌های ماهواره‌ای الزاماتی به منظور استفاده از باند FSS درنظر گرفته شده است و این ترمینال‌ها به طور معمول با دریافت مجوز شروع به فعالیت خواهند کرد، اما گذشته از رعایت الزامات کنترل تداخل، احتمال تداخل (عمدی یا غیرعمدی) به دلایل مختلف وجود خواهد داشت. این تداخلات می‌توانند به دلیل استفاده از ترمینال‌های بدون مجوز توسط برخی کاربران، خرابی تجهیزات، خطا در نشانه‌روی، اهداف سیاسی و غیره روی دهد. از این رو پیاده‌سازی و استقرار ایستگاه‌های پایش و مانیتور طیف فرکانسی و سنجش تداخل‌های موجود امری ضروری است. البته تداخل ایجاد شده توسط ESIM بر روی ایستگاه‌های زمینی توسط ایستگاه‌های معمول و ثابت زمینی پایش طیف رصد می‌شود، ولی تداخل وارد شده توسط ESIM بر روی ماهواره‌ها توسط ایستگاه‌های پایش و مانیتورینگ رادیوفضایی انجام می‌شود که این مورد نیاز به تحقیق، بررسی و پیاده‌سازی در کشور دارد. گام مؤثرتر و پیشرفته‌تر بعد از رصد و آشکارسازی تداخل فرکانسی توسط این ایستگاه‌ها، یافتن منبع تداخل می‌باشد که این هدف توسط سامانه Geolocation محقق می‌شود. لازم به ذکر است، از آنجا که Geolocation قابلیت شناسایی منابع تداخل کننده هم ثابت و هم متحرک را داراست، از این‌رو پیاده‌سازی و استفاده از آن در تداخل‌سنجی و مدیریت تداخل فناوری ESIM مفید و مؤثر می‌باشد. از این رو مساله سوم و پیش رو در مدیریت تداخل ESIM راه‌اندازی ایستگاه‌های پایش و مانیتور طیف رادیوفضایی و سامانه Geolocation در کشور می‌باشد.

در این مقاله پس از معرفی انواع ESIM و چگونگی توسعه روزافزون این فناوری، به بیان سرویس‌های محتمل تداخل با آن پرداخته خواهد شد. سپس مختصری از وضعیت به کارگیری این فناوری در کشورهای مختلف و تبعات عدم تحلیل و استخراج الزامات کنترل تداخل ESIM در کشور بیان خواهد شد. در ادامه، مختصری از چگونگی بررسی‌ها و تحلیل‌های صورت گرفته به منظور استخراج الزامات کنترل تداخل ESIM در مستندات و نشست‌های برگزار شده مرتبط ITU، بیان شده است. همچنین در ادامه سناریوهای پیشنهادی اولیه برای تحلیل‌های مورد نیاز آتی ارایه گردید. در بخش بعدی، فناوری NCMC معرفی و ایستگاه‌های پایش و مانیتور طیف رادیوفضایی و سامانه Geolocation و چالش‌های پیاده‌سازی آن‌ها به‌طور مختصر شرح داده خواهند شد. جمع‌بندی مقاله در انتها ارایه می‌گردد.

۲- کاربردهای سرویس ESIM

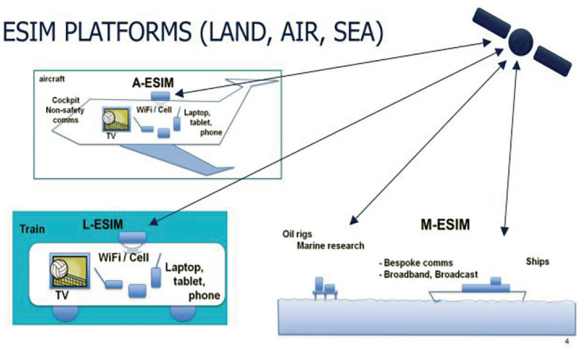
در سال‌های اخیر تقاضای استفاده از ارتباطات پهن‌باند ماهواره‌ای در ادوات متحرک هواپیما، کشتی، قطار و اتومبیل رو به افزایش است. همین امر موجب شکل‌گیری ESIM گردید. ترمینال‌های ESIM، شامل تجهیزات ارتباط با ماهواره به همراه آنتن‌های کوچک با سیستم‌های رهگیری و روش‌های پیشرفته کدینگ و مدولاسیون می‌باشند.

سرویس‌های ESIM، کارایی بسیار بالا و بی‌سابقه‌ای در کاربردهای دریانوردی ارایه می‌دهند. بر اساس کاربردهای رو به افزایش اینترنتی، تقاضا برای حفظ اتصال به شبکه در دریا رو به افزایش است. دسترسی به اینترنت پهن‌باند، VOIP، ایمیل و دسترسی پیشرفته به شبکه‌های مشترک، برای دریانوردان و سرنشینان کشتی‌ها حائز اهمیت می‌باشد. از جمله کاربردهای ESIM دریایی(M-ESIM) می‌توان به این موارد اشاره کرد: کشتی‌های تجاری، کشتی‌های ماهیگیری، دکل‌های شناور نفت و گاز و کشتی‌های تفریحی و خصوصی.

از طرفی تعداد مسافران هوایی روز به‌روز در حال افزایش است. همین امر باعث افزایش تقاضای ظرفیت مورد نیاز در مسافرت هوایی خواهد بود. در پی آن کاربردهای پایه مثل ایمیل و موتورهای جستجوگر وب‌ها جایشان را به کاربردها و سرویس‌های پیچیده‌تر مثل تبادلات ویدیو، voice over IP و video conference می‌دهند. همچنین سرویس‌های همه‌پخشی یک عامل مهم افزایش این تقاضا هستند. بیشتر شرکت‌های هواپیمایی بر آنند که خدمات هواپیمایی که قبل از بلند شدن برای سرنشینان فراهم است را در حین پرواز نیز برایشان میسر کنند. در حال حاضر خدمات اتصال به ماهواره می‌تواند شامل موارد زیر باشند: ارایه سرویس تلویزیون تعاملی، ارایه اپلیکیشن‌های مختلف مانند انواع بازی‌ها و موسیقی‌ها، ارایه کانال‌های زنده تلویزیونی و رسانه‌های اجتماعی[۱] . تمام این عوامل رشد روزافزون ESIM هوایی(A-ESIM) را در پی خواهند داشت.

[Downloaded from kiaeee.ir on 2025-08-21]

ESIM زمینی (L-ESIM) در ماشین‌ها و قطارها به کار می‌رود و بیش‌ترین کاربرد آن مربوط به قطار می‌باشد. اطلاعات باند پهن در قطار دو حوزه کلی را می‌تواند پوشش دهد، که عبارتند از: عملیات مربوط به خطوط ریلی (مانند ایمنی و نظارت) و سرویس‌های مسافران. همانند بخش هوایی، بیشتر این رشد در بخش سرویس‌دهی به مسافران ریلی به چشم می‌خورد. گرچه سرویس‌های سلولی نیز در این سرویس‌دهی میسر هستند، ولی در مواردی مانند ریل‌های وسیع به طور کامل پاسخگو نمی‌باشند. با وجود الزامات ترافیک بالا و گپ‌های معمولی که بین ناحیه پوشش سلول‌ها موجود است، اتصال مستقیم به سیستم‌های سلولی زمینی انتظارات را در طول سفر برای مسافر را برآورده نمی‌کند. از این رو روش مبتنی بر ماهواره می‌تواند به‌عنوان یک راه‌حل فراگیر و بهینه در این حوزه ارایه شود. بستر ESIM در زمین، آسمان و دریا در شکل (۱) مشاهده می‌شود.



شکل ۱: بستر ESIM در زمین، آسمان و دریا[۱]

ESIMها به‌عنوان VSATهای متحرک مشخصه‌های فنی و عملکردی خاصی را ایجاب می‌کنند که VSATهای ثابت ملزم به رعایت آنها نیستند. یک نمونه مهم آن اندازه کوچک آنتن است که برای خودروها، هواپیماها و ناوهای دریایی متحرک لازم است. مشخصه دیگر نیاز به سیستم رهگیری است که می‌بایست نشانه‌گیری درست به ماهواره هدف را در تمام مدت زمان لازم حفظ کند. البته همیشه احتمال خطا برای کسر کوچکی از زمان در این رهگیری وجود دارد.

یک جنبه مهم در به کارگیری صحیح ESIM، داشتن استانداردها و مقررات مناسب است. ارایه‌دهندگان سرویس، اپراتورها و رگولاتورها در حال آماده‌سازی موارد یاد شده از جمله ملاحظات مربوط به تداخل و فرآیندهای صدور مجوز می‌باشند. ITU و بسیاری از رگولاتورهای مخابراتی منطقه‌ای و ملی در حال توسعه استانداردها و مقررات هستند به طوری که با رعایت آنها توسط ESIM، تداخل‌های یاد شده تا حد امکان تعدیل و تخفیف می‌یابد.

۳- طرح و بررسی ESIM در نشست‌های بین‌المللی WRC2019 و WRC2023

با توجه به نیاز توسعه ارتباطات سیار ماهواره‌ای پهن باند و همچنین ضرورت استفاده از ایستگاه‌های متحرک به منظور ایجاد ارتباط با سیستم ماهواره‌ای GSO که ارائه دهنده سرویس‌های ثابت ماهواره‌ای خواهد بود، در کنفرانس WRC2019 که در شرم‌الشیخ مصر برگزار گردید، به ارائه قوانین و مقررات مناسب و همچنین شیوه مدیریت تداخل به منظور به کارگیری ایستگاه ESIM در دو باند فرکانسی 17.7GHz-19.7GHZ (فضا به زمین) و باند فرکانسی 27.5GHz-29.5GHZ (زمین به فضا) پرداخته شد. باید توجه داشت که دو باند فرکانسی مورد نظر پیش از آن به بخش‌های زمینی و فضایی به منظور ارائه سرویس‌های متنوع و همچنین توسعه بسترهای ارتباطی واگذار شده بود که می‌بایست در همین راستا شیوه‌های مناسب حفاظت از این نوع سرویس‌ها با حضور ایستگاه ESIM اتخاذ گردد [۲-۳].

منظومه‌های ماهواره‌ای Non-GSO در باندهای فرکانس 17.7- 19.7 GHZ (فضا به زمین) و 27.5-29.5GHZ (زمین به فضا) امکان اتصال به اینترنت و سایر سیستم‌های Non-GEO را فراهم می‌کنند و سرویس‌های باند پهن را ارائه می‌دهند. یکی از زمینه‌هایی که در به کارگیری منظومه‌های Non-GEO، بسیار جای توسعه و پیشرفت دارد، ESIM می‌باشد. این بخش تقاضا توسط ماهواره‌های GSO به خوبی سرویس داده می‌شود، اما در کاربردهایی که تأخیر کمتر مورد نیاز است، اتصال Non-GEO پیشنهاد می‌شود. سیستم‌های Non-GEO نسل جدید و بعدی برای ارائه ترمینال‌های کوچک‌تر ESIM و سیستم‌های Non-GEO را ارائه خواهند داد و پتانسیل گسترش اتصال به بخش‌های جدید بازار را به سرعت ارائه می‌دهند. به منظور تسهیل در استقرار بیشتر و ارائه گسترده باند پهن به سرویس‌های ESIM در باندهای فرکانسی فوق، باید در مورد چگونگی تدوین اقدامات فنی و نظارتی طیف، اقدامات لازم انجام شود و هماهنگی‌های بین‌المللی و تبیین چارچوب‌های استفاده و تسهیل استقرار این سرویس مهم و ارزشمند با استفاده از ماهواره‌های Non-GEO صورت گیرد. مطابق مصوبات WRC2019 مقرر گردید که مطالعات اشتراک بین انواع ارتباطات ESIM در سیستم‌های Non-GEO FSS، با سایر سرویس‌های اصلی در باندهای فرکانسی یاد شده بالا، به منظور توسعه الزامات فنی و نظارتی مناسب صورت گیرد. نتایج این مطالعات پس از بررسی در پیش‌نشست‌های ITU در WRC2023 مورد ارزیابی و تصویب قرار خواهند گرفت[۲].

۴- سرویس‌های محتمل تداخل از سمت ESIM

در باند فرکانسی مربوط به ESIM ، سرویس‌های زیر از پیش در حال استفاده از بخشی یا تمام این باند بوده‌اند[۲].

- سرویس ثابت زمینی (FS یا همان Fixed Service)
- سرویس متحرک زمینی (MS یا همان Mobile Service)
- سرویس ماهواره‌ای به منظور اکتشافات زمینی (EESS)
- سرویس ماهواره‌ای به منظور هواشناسی
- سرویس ثابت ماهواره‌ای شامل لینک‌های تغذیه سرویس متحرک ماهواره‌ای غیر زمین آهنگ و لینک‌های تغذیه سرویس چند پخشی ماهواره‌ای
- گیرنده‌های فضایی NOn-GEO FSS

وجود یا عدم وجود تداخل با هریک از سرویس‌های بالا در [۲] مطرح شده است و در قطعنامه ۱۶۹[۴-۵] به بیان الزامات فنی به منظور پیشگیری و یا کاهش تداخل در لینک‌های تغذیه سرویس متحرک ماهواره‌ای غیر زمین آهنگ، گیرنده‌های فضایی Non-GEO، سرویس‌های ثابت زمینی و نیز سرویس‌های سیار زمینی پرداخته است.

۵- تحلیل تداخل ESIM به منظور استخراج و اعلام الزامات کنترل تداخل

در این میان، به منظور استخراج الزامات فنی کنترل تداخل وارد

[Downloaded from kiaeee.ir on 2025-08-21]

شده از GEO ESIM بر روی FS و MS مطالعات و سناریوهای شبیه‌سازی مختلفی توسط کشورهای مختلف دنیا صورت گرفته است[۶-۲۶]. این شبیه‌سازی‌ها برای استخراج الزامات کنترل تداخل Non-GEO ESIM و ارایه در WRC2023 نیز مورد نیاز است. پس با علم و پیاده‌سازی سناریوهای شبیه‌سازی مربوط به GEO ESIM می‌توان تداخل حاصل از این فناوری را در کشور بررسی و به استخراج و صحت‌سنجی الزامات پیشگیرانه آن پرداخت. مهم‌تر اینکه با جایگزینی روال شبیه‌سازی مناسب و به‌کارگیری پارامترهای مربوط به شبکه ماهواره‌ای Non-GEO به جای پارامترهای شبکه ماهواره‌ای GEO در این شبیه‌سازی‌ها، به استخراج الزامات فنی کنترل تداخل فناوری Non-GEO ESIM در کشور و اعلام آن در پیش‌نشست‌های مربوط به WRC2023 پرداخت.

پس از کسب دانش سناریوهای مورد تحلیل در تداخل، ابزار شبیه‌سازی این سناریوها مطرح است. برخی کشورهای پیشرو در این حوزه از نرم‌افزارهای طراحی شده به این منظور استفاده می‌کنند. با تغییرات و اصلاحاتی که در مستندات فنی ITU پیاده شده در این نرم‌افزارها رخ می‌دهد، این نرم‌افزارها نیازمند به‌روزرسانی خواهند بود. در حال حاضر چنین نرم‌افزارهایی با قابلیت به روزرسانی در اختیار محققان کشور ما نیست. اما روش دیگر به منظور تحلیل و شبیه‌سازی این سناریوها، انجام این شبیه‌سازی‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای پایه و زبان‌های برنامه‌نویسی رایج و در دسترس مثل MATLAB و C می‌باشد. همچنین می‌توان به طراحی نرم‌افزار آن به صورت بومی پرداخت. از چالش‌های عمده در تحلیل تداخل ESIM در کشور می‌توان به تعدد و گستردگی مستندات فنی ITU که باید به این منظور بررسی و شبیه‌سازی شوند و همچنین در نظر گرفتن مشخصات فنی و فیزیکی تمام سرویس‌های هم‌فرکانس با ESIM در کشور در این شبیه‌سازی، اشاره نمود. از طرفی کشورهای مختلف دنیا در حال استفاده یا برنامه‌ریزی برای استفاده از این فناوری و نیز تحلیل و شبیه‌سازی به منظور شناسایی الزامات کنترل تداخل آن می‌باشند [۶-۲۷]. از این رو حداقل آسیب عدم بررسی این تداخل در کشور را می‌توان اختلالات فرکانسی در برخی سرویس‌های کشور از سوی هواپیماها و کشتی‌های بین‌المللی دارای این فناوری که وارد یا نزدیک مرزهای کشور می‌شوند، نام برد.

برای نمونه جدول (۱) برنامه برخی کشورهای آسیایی را در استفاده از فناوری ESIM و نیز دیگر سرویس‌ها در باند فرکانسی Ka نشان می‌دهد[۱۸-۲۱و۲۷].

۶- استخراج الزامات کنترل تداخل Non-GEO ESIM

به منظور استخراج الزامات کنترل تداخل ابتدا باید پارامترهای ورودی شامل مفروضات و الزامات که برخی از آن‌ها بر اساس توصیه‌نامه‌های بین‌المللی مشخص می‌گردد، تعیین شود. به طور کلی ESIM در حالت فرستندگی بر اساس این‌که در ارتباط با ماهواره GEO یا Non-GEO باشد، می‌تواند بر روی ایستگاه‌های زمینی ثابت و سیار تداخل ایجاد نماید[۲۸].

تداخل ناشی از این فناوری با توجه به ویژگی‌های سرویس‌های موجود و نیز پارامترهای شبکه‌های ماهواره‌ای GEO مورد استفاده در هر کشوری می‌بایست بررسی گردد. همچنین، الزامات پیشگیرانه استخراج و یا صحت‌سنجی گردد[۲۹]. در ادامه به بیان چگونگی راه حل‌ها و مطالعات پیشنهادی به منظور بررسی تداخلات احتمالی Non-GEO ESIM با ایستگاه‌های ثابت و سیار پرداخته خواهد شد.

۷- سناریوهای پیشنهادی به منظور بررسی تداخلات احتمالی ایجاد شده توسط Non-GEO ESIM در ارتباط با ایستگاه‌های ثابت و سیار

با بررسی و استفاده از انواع تحلیل‌ها و سناریوهای مختلف تداخل GEO ESIM که توسط کشورهای پیشرو در این حوزه صورت گرفت و منجر به تصمیم‌گیری در مورد الزامات کنترل تداخل آن در WRC2019 گردید، می‌توان سناریوهای مورد نیاز را برای بررسی تداخل Non-GEO ESIM بر روی ایستگاه‌های ثابت و سیار زمینی طرح و پیشنهاد نمود[۳۰-۳۱]. با انجام این تحلیل‌ها و شبیه‌سازی‌ها در کشور، الزامات کنترل تداخل Non-GEO ESIM با ملاحظات فنی مربوط در کشور، استخراج خواهند شد.

سناریوهای پیشنهادی و تفاوت‌ها و شباهت‌های سناریوهای مربوط به GEO ESIM و Non-GEO ESIM به‌طورکامل در [۳۲] شرح داده شده‌اند. در اینجا نمونه‌هایی از این سناریوها به طور مختصر بیان می‌شوند.

سناریوی پیشنهادی نخست: در این سناریو تداخلات احتمالی Non-GEO A-ESIM بر روی ایستگاه‌های ثابت و همچنین تداخلات احتمالی ایستگاه‌های ثابت بر روی آن مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین، برای بررسی مسیرهای واقعی پرواز، داده‌های ترافیکی A-ESIM در یک بازه‌ی زمانی مشخص مورد استفاده قرار می‌گیرد. در نهایت الزامات کنترل تداخل مطابق با مستندات مرجع ITU تحلیل می‌شوند.

سناریوی پیشنهادی دوم: در این سناریو تداخلات احتمالی Non-GEO L-ESIM بر روی ایستگاه‌های ثابت بر حسب میزان دست‌کم فاصله جدایش مورد نیاز بین L-ESIM و ایستگاه‌های ثابت بر حسب زاویه خارج از محور ایستگاه ثابت مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در این نوع مطالعه پارامترهای فنی برای ایستگاه ثابت مانند توان ارسالی، پهنای باند، میزان بهره آنتن، ارتفاع آنتن و الگوی آنتن پیش‌بینی می‌شود. البته در این مطالعه، می‌تواند یک سناریوی واقعی بر حسب موقعیت مکانی ایستگاه‌های L-ESIM و ایستگاه‌های ثابت نیز مورد ارزیابی قرار گیرد.

سناریوی پیشنهادی سوم: در این سناریو اثرات تداخل Non-GEO M-ESIM بر روی ایستگاه ثابت در فواصل مختلف از سطح خشکی مورد بررسی قرارمی‌گیرد. در این مطالعه، کم‌ترین حاشیه فاصله امن از خط ساحل به ازای مقادیر مختلف بهره، زاویه تمایز آنتن و میزان افت انتشار بر حسب نرخ عبور و مرور عبور روزانه کشتی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

سناریوی پیشنهادی چهارم: در این سناریو تداخلات احتمالی Non-GEO A-ESIM بر روی ایستگاه‌های سیار و پایه بر حسب زوایای مختلف (زاویه جهت‌گیری آنتن ایستگاه سیار و A-ESIM نسبت به راستای آزیموت) بر حسب موقعیت قرارگیری ایستگاه A-ESIM (در آسمان و یا در حالت اوج یا فرود)، موقعیت قرارگیری ایستگاه سیار، ارتفاع ایستگاه A-ESIM مورد ارزیابی قرار گرفته و نهایتا ارزیابی‌های مورد نیاز تداخل مطابق با مستندات مرجع ITU صورت می‌گیرد و الزامات کنترل تداخل مربوط، تحلیل و استخراج خواهند شد.

سناریوی پیشنهادی پنجم: در این سناریو تداخلات احتمالی Non-GEO L-ESIM بر روی ایستگاه‌های سیار و پایه بر حسب

[Downloaded from kiaeee.ir on 2025-08-21]

جدول ۱: به‌کارگیری و برنامه برخی کشورهای آسیایی در استفاده از باند فرکانسی Ka و فناوری ESIM [۲۷]

کشور	باند فرکانسی(GHz)	زیر باندهای فرکانسی(GHz)	کاربردهای رایج	برنامه
ژاپن	17.7-20.2	17.7-18.72	Wireless access system Fixed radiocommunications Satellite communications (فروسو)	
		18.72-18.8	Satellite communications (فروسو)	
		18.8-19.3	Wireless access system (19.22-19.7GHz) Fixed radiocommunications (19.22-19.7GHz) Satellite communications (فروسو)	
		19.3-19.7	Wireless access system Fixed radiocommunications Satellite communications (فروسو)	
		19.7-20.2	Satellite communications (فروسو)	ESIMs
	27.5-30	27.5-29.5	Satellite communications (فراسو)	5G (under study)
		29.5-30.0		ESIMs
نیوزیلند	17.7-20.2	17.7-19.7	Fixed links Ka-band FSS downlink	
		19.7-20.2	Ka-band FSS downlink (including ESIM)	ESIMs
	27.5-30	27.5-28.35	Previously planned for Local Multi-point Distribution Services (LMDS)	LMDS
		27.5-29.5	Ka-band FSS uplink	
		29.5-30	Ka-band FSS uplink (including ESIM)	ESIMs
ایران	17.7-20.2	17.7-19.7	Point to Point Link for Backhaul	
	27.5-30	27.9-28.5	Point to Point Link for Backhaul	
چین	17.7-20.2	17.7-19.7	Geostationary FSS satellite systems Microwave relay systems	
		19.7-20.2	Geostationary FSS satellite systems	ESIMs
		27.5-29.5	Geostationary FSS satellite systems	
	27.5-30	29.5-30		ESIMs
سنگاپور	17.7-20.2	17.7-19.7	Island-wide fixed service	
		19.7-20.2	Fixed satellite	ESIMs
	27.5-30.0	27.5-29.5	Fixed satellite	
		29.5-30.0		ESIMs
ویتنام	17.7-20.2	17.7-19.7	Point-to-point link	Satellite systems (including ESIMs)

زوایای مختلف و بر حسب موقعیت قرارگیری ایستگاه L-ESIM (در محدوده داخل یا خارج از شهر)، موقعیت قرارگیری ایستگاه سیار و ارتفاع ایستگاه L-ESIM مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

سناریوی پیشنهادی ششم: در این سناریو تداخلات احتمالی Non-GEO M-ESIM بر روی ایستگاه‌های سیار و پایه بر حسب زوایای مختلف (زاویه جهت‌گیری آنتن ایستگاه سیار و M-ESIM نسبت به راستای آزیموت) بر حسب موقعیت قرارگیری ایستگاه M-ESIM، موقعیت قرارگیری ایستگاه سیار و ارتفاع ایستگاه M-ESIM مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و نهایتا الزامات کنترل تداخل و حداقل فاصله مورد نیاز استخراج خواهد شد.

۸- مرکز مانیتورینگ و کنترل شبکه (NCMC) و الزامات، مسئولیت‌ها و اختیارات در رابطه با عملکرد ESIM ها

ضرورت مانیتورینگ و کنترل دائمی ESIMها و الزامات مربوطه

[Downloaded from kiaeee.ir on 2025-08-21]

بـه همـراه مسـئولیت‌ها و اختیـارات نهادهای مختلف در این راسـتا، از مهم‌تریـن چالش‌هـای مرتبـط با عملیـات ESIMها و احـکام قطعنامه ۱۶۹ اسـت[۳۳]. در ایـن بخش به تشـریح مفاهیم مرتبـط با NCMC و مسـئولیت‌ها و اختیـارات مرتبـط بـا مانیتورینـگ و کنتـرل دائمـی ESIMها پرداخته شـده اسـت[۳۴].

۸-۱- سابقه و نقش NCMC در شبکه ماهواره‌ای

در ایـن قسـمت سـابقه NCMC در مقـررات ITU و جایـگاه و نقـش آن در شـبکه‌های ماهـواره‌ای بررسـی شـده اسـت. این بررسـی، نقش NCMC را در مانیتورینـگ و کنتـرل ESIM مشـخص خواهـد کـرد. NCMC نقـش بسـیار مهمـی در شـبکه ماهـواره‌ای VSAT دارد[۳۴] کـه در دو مرحلـه انجـام می‌شـود:

- در شروع عملیات VSAT
- در طی عملیات VSAT

۸-۱-۱ نقش NCMC در شروع عملیات VSAT

NCMC قبـل از شـروع عملیـات VSAT سـه وظیفـه اصلـی بـر عهده دارد:

الف- NCMC وضعیت عملیاتی VSAT را در روشـن شـدن آن ارزیابی می‌کنـد (بـه همـراه پردازشـگر فرمـان داخلـی VSAT) و زمانـی اجـازه فعـال شـدن ارسـال VSAT را می‌دهد که:

- VSAT معین کند که به درسـتی دریافت و ترجمه یک سـیگنال فرمان مشـخص تولید شده توسـط NCMC را انجام می‌دهد.
- VSAT قطعـی کنـد کـه هیـچ تداخل مضرّی مشـخص و آشـکار نشـده است.
- پارامترهـای شـروع ارسـال VSAT ماننـد فرکانـس، تـوان، مدولاسـیون، الگـوی تایمینـگ و کدینـگ و . . . بـا عملکرد مورد انتظـار تطابـق داشـته باشـند.

ب- NCMC پارامترهـای آغازیـن ارسـال VSAT را بـا در نظـر گرفتن مجموعـه‌ای از پروفایل‌هـای زیـر تعییـن می‌کنـد:

- موقعیـت جغرافیایـی VSAT کـه بـرای ایجـاد تایمینـگ، تلفـات انتشـار و این‌کـه آیـا ترمینـال برای عملیـات در آن محـل مجوز دارد، مـورد نیاز اسـت.
- بهـره ماهـواره در جهـت VSAT کـه بـرای تعیین توان ارسـالی از VSAT و بـه VSAT بـه کار می‌آیـد.
- آمار و اطلاعات باران محلی
- پروفایل‌هـای ثبـت شـده سـرویس VSAT (به‌عنـوان مثـال بیش‌تریـن سـرعت ارسـال جهـت inbound /outbound)
- تعـداد فعلـی ترمینال‌هـای VSATای کـه پیش‌تـر مجوزدهـی شـده‌اند یـا در حـال حاضر عملیاتی هسـتند (برای پیشـگیری از بارگـذاری بیـش از حـد منابـع ماهواره)

۸-۱-۲- NCMC و کنترل و پایش VSAT در طی عملیات آن

NCMC در طـی عملیـات VSAT کارکردهـای کنتـرل و پایـش زیر را بر عهـده دارد:

الـف) به‌صـورت دائمی VSAT را از جهت درسـتی عملکـرد آن ارزیابی می کند.

ب) سـلامتی VSAT را پایـش کـرده و تعییـن می‌کند کـه آیا VSAT دچـار خرابـی شـده اسـت. ارسـال VSAT در صـورت بـروز یکی از شـرایط زیر بایسـتی قطع شـود:

- از دست دادن سیگنال حامل کنترلی ارسالی از NCMC
- آشکارسـازی ایـرادی کـه می‌توانـد منجـر بـه ایجاد تداخـل مضرّ شود.
- فرمان از NCMC جهت تغییر فرکانس ارسال
- افزایش خطای نشانه‌روی از مقدار مجاز
- تغییـر مـکان VSAT به یک ناحیـه جغرافیایی کـه در آن ناحیه از ادمیـن مربوطه مجوز عملیـات ندارد.

همچنیـن VSAT بایسـتی فرمان‌ها برای فعال‌سـازی/ غیرفعال‌سـازی ارسـال را از NCMC یا تأسیسـات معادل آن (مثلاً در حالت اضطراری) بپذیرد.

ج) NCMC به‌صـورت پیوسـته و دائمـی پروفایـل عملیاتـی VSAT را مدیریـت می‌کنـد (ر.ک بـه ۸-۱-۱-ب)

۸-۲- جایگاه NCMC در ITU مرتبط با ESIMها

جایـگاه مرکـز کنتـرل و مانیتورینـگ شـبکه (NCMC) در ITU و مرتبـط بـا ESIMهـا در [۳۵] به‌صـورت زیـر ارائـه شـده اسـت:

الـف- ESIMهـا موضـوع مانیتورینـگ و کنتـرل دائمـی توسـط مرکز کنترل و مانیتورینگ شـبکه (NCMC) یا تأسیسـات شـبکه معادل هسـتند کـه ESIM را بـرای اطمینـان از اینکـه عملیـات آن در محـدوده مقادیـر پارامترهـای عملیاتی از پیش تعیین شـده اسـت، مانیتـور می‌کنـد.

ب- ESIMهـا به‌گونـه‌ای طراحـی می‌شـوند کـه قابلیـت دریافـت و عمـل، دسـت‌کم روی فرمان‌هـای «فعال‌سـازی ارسـال و غیرفعال‌سـازی ارسـال» را از NCMC، و نیـز هـر تأسیسـات مشـابه در کشـور/ کشـورهای مجـوز دهنـده عملیـات ESIM داشـته باشـند.

از طـرف دیگـر ESIMهـا از جهـات مرتبط بـا وظایف NCMC بسـیار شـبیه VSATهـا هسـتند. [۳۶] موارد اختـلاف منحصر به مـوارد ارائه شـده در جدول(۲) می‌باشـد.

سـابقه مربـوط بـه NCMC به‌طور کامـل در شـبکه‌های VSAT وجود دارد. بـر ایـن اسـاس و بـا توجـه بـه وظایـف NCMC در شـبکه‌های ماهـواره‌ای، NCMC یـک واحـد کارکـردی در Hub شـبکه ارتباطـی ESIM بوده و دارای پشـتیبان اسـت. از این‌رو در هر کشور مجوزدهنده کـه hub شـبکه را در اختیـار داشـته باشـد، بـرای ESIM هـای تحت مجوز آن کشـور قابل پیاده‌سـازی می‌باشـد. از این رو شایسـته اسـت در راسـتای توسـعه روزافزون فناوری ESIM، به بررسـی و پیاده‌سـازی مراکـز NCMC مربـوط در کشـور پرداختـه شـود، کـه ایـن مهـم نیز نیازمنـد حمایت سـازمان تنظیـم مقررات رادیویی کشـور می‌باشـد.

۹- پایش و مانیتورینگ طیف فرکانسی رادیو فضایی

مسـاله تداخل (Interference) ماهواره‌ای، مسـاله‌ای اسـت که کماکان وجـود دارد. بـه طـور خـاص، پیش‌بینـی می‌شـود که تداخـل VSAT علی‌رغـم تلاش‌هـای زیـادی کـه در این صنعت شـده اسـت، در آینده نیز موضوع مهمی باشـد. یکی از مشـکلات، HTSهای جدید هسـتند. بـا صدهـا پرتـو نقطـه‌ای در هـر ماهـواره و آنتن‌هایـی کـه به‌طـور فزایندهـای کوچک‌تـر می‌شـوند، شـرایط ایده‌آلـی را بـرای ایجـاد تداخـل فراهـم می‌کننـد. یکـی از چالش‌هـای احتمالـی مـورد بحـث بیشـتر، تعـداد منظومه‌هـای ماهواره‌ای هسـتند که بـه زودی می‌آیند. در چند سـال آینده، OneWeb ، SpaceX ، بوئینگ و غیره قصد دارند ده‌هـا هـزار ماهواره کوچـک را در LEO پرتاب کنند. ایـن تعداد علاوه بـر ماهواره‌هـای متعـدد Iridium و O3b موجـود در مدار هسـتند.

ITU و بسـیاری از رگولاتورهـای مخابـرات منطقـه‌ای و ملـی در حال توسـعه اسـتانداردها و مقـررات هسـتند بـه طوری کـه با رعایـت آنها توسـط ESIM، تداخل‌هـا تـا حد امـکان تعدیـل و تخفیـف می‌یابد. با ایـن وجـود بـاز احتمال تداخل در این سـرویس، وجود خواهد داشـت. ایـن تداخـلات می‌تواند به‌دلیـل اسـتفاده از ترمینال‌های بـدون مجوز توسـط برخـی کاربـران، خرابی تجهیزات، خطـا در نشـانه‌روی، اهداف

[Downloaded from kiaeee.ir on 2025-08-21]

جدول۲: مقایسه ESIM و VSAT

عملکرد فنی	ESIM	VSAT	نکات تکمیلی مرتبط در خصوص ESIM
دقت نشانه‌روی آنتن	کاملا قابل مقایسه برای ESIM و VSAT		در حالت ساکن بودن ESIM
نحوه عملکرد خارج محور (Off-axis) یا Sidelobe	کاملا قابل مقایسه برای آنتن‌های با ابعاد مشابه در تطابق با محدودیت‌های چگالی e.i.r.p خارج محور پایه‌گذاری شده یا سطوح تداخل هماهنگ شده		با فرض استقرار ترمینال ESIM در یک محل ثابت و بدون در نظر گرفتن اثرات مربوط به حرکت
کاهش خطای نشانه‌روی در کلیه حالت‌های عملیاتی	ESIM در کلیه حالت‌های عملیاتی، قابلیت کاهش یا حذف خطای نشانه‌روی را دارد	VSAT فقط در زمان نصب و راه‌اندازی و نیز احتمالاً بازدیدها برای سرویس‌های نگهداری بعدی، قابلیت حذف یا کاهش خطا را دارد. در مواقع دیگر خطا افزایش می‌یابد.	حرکت‌های پلتفرم ESIM با شتاب‌های ناگهانی (مثلا برای اتومبیل‌ها) در جهت‌های مختلف. استفاده ESIMها از تکنیک‌های مختلف نشانه‌روی و رهگیری ماهواره مقصد (مانند تکنیک‌های حلقه بسته بر اساس قدرت سیگنال RF)
ریسک تداخل روی ماهواره‌های مجاور (ناشی از خطای نشانه‌روی)	ESIM ریسک تداخل بیشتری نسبت به VSAT ایجاد نمی‌کند.		تداخل‌های مرتبط با دقت نشانه روی ESIM برای همه انواع پلتفرم و در کلیه حالت‌های عملیاتی ESIM بر اساس محدودیت‌های چگالی e.i.r.p خارج محور پایه‌گذاری شده، یا سطوح تداخل هماهنگ شده
عملکرد در حالت افزایش خطای نشانه روی از مقدار مجاز ماکزیمم	Carrier off "or transmit inhibit state"		عملکرد ESIMها بر اساس تمهیدات اقتباس شده از استاندارد ETSI Standard EN978 303 این امر در مورد غالب VSAهای ثابت صادق نیست

سیاسی و غیره روی دهد. از این‌رو، بررسی تداخل‌سنجی در این سرویس، اهمیت به سزایی دارد.

هدف از مدیریت طیف، به بیشینه رساندن راندمان طیف، کمینه کردن تداخل و از بین بردن استفاده غیرمجاز و نامناسب از طیف است. مانیتورینگ طیف، حامی روند مدیریت طیف است. تداخل زمینی با ابزارهای تداخل‌سنج زمینی قابل اندازه‌گیری می‌باشد. تداخل‌سنجی ماهواره‌ای نیز با استفاده از ایستگاه مانیتورینگ ماهواره‌ای انجام می‌شود. مانیتورینگ سرویس‌های رادیویی فضایی در مقایسه با مانیتورینگ رادیویی زمینی به روش‌ها و تکنیک‌های مختلفی نیاز دارد. برخی از این ایستگاه‌های مانیتورینگ مجهز به Geolocation می‌باشند تا علاوه بر تشخیص تداخل، به موقعیت‌یابی منبع تداخل نیز بپردازند. بنابراین، ایجاد ایستگاه‌های کاملا کاربردی مانیتورینگ ماهواره‌ای مجهز به Geolocation و بررسی تداخلات شبکه ماهواره‌ای برای ادمین‌های این شبکه‌ها، بسیار مهم است. Geolocation با استفاده از روش‌ها و سناریوهای مختلفی، منبع سیگنال تداخل را شناسایی می‌کند. طبق گزارشات اخیر، با رشد و پیشرفت فناوری، این ابزارها بیشتر در ماهواره‌های تجاری به کار گرفته می‌شوند تا منابع تداخل ناخواسته و عمدی را بیابند.

بیشتر سیستم‌های Geolocation امروزی علاوه بر اینکه سیگنال تداخلی را بر روی ماهواره‌ای که تحت تاثیر این تداخل قرار گرفته است آنالیز می‌کنند، بلکه سیگنال تداخل را بر روی ماهواره ثانویه که دارای همان فرکانس ارسال، پلاریزاسیون و منطقه پوشش است، مورد بررسی و آنالیز قرار می‌دهند. سیگنال که دو لینک مختلف ماهواره‌ای را طی کرده است، در دو ایستگاه مانیتورینگ down convert و دیجیتالی می‌شود. سپس همبستگی هر دو نمونه به دست می‌آید و مکان مبدأ سیگنال محاسبه می‌شود.

همان‌طور که گفته شد یکی از وظایف مهم ایستگاه‌های پایش و مانیتورینگ طیف ماهواره‌ای شناسایی تداخل می‌باشد. این هدف مهم شامل بخش‌های عمده زیر می‌باشد:

- تعیین موقعیت جغرافیایی فرستنده‌های تداخل بر روی سطح زمین
- تعیین اینکه آیا فرستنده‌های تداخل، متحرک یا ثابت هستند.
- شناسایی و آنالیز فنی تداخل شبکه‌های ارتباطی ماهواره‌ای.
- تعیین موقعیت دقیق منابع تداخل زمینی.
- بررسی و تأیید پارامترهای انتشاری با شرایط مجوز صادر شده
- حذف تداخل

۹-۱- رفع تداخل

در عمل، از بین بردن تداخل زمینی، به دو مرحله نیاز دارد: پیدا کردن منطقه‌ای که تداخل از آنجا انجام می‌شود و سپس پیدا کردن موقعیت مکانی آن روی زمین. هر مرحله دارای محدودیت‌های زیادی است که دقت، میزان موفقیت و سرعت را محدود می‌کند. هدف نهایی، رفع تداخل در اسرع وقت است. منشا تداخل، انواع مختلفی دارد که می‌توان آن‌ها را به‌صورت دسته‌بندی زیر مطرح نمود[۳۷-۳۸].

- تداخل ماهواره مجاور در اثر:
  - هماهنگی ضعیف شبکه ماهواره‌ای
  - افزایش ازدحام

[Downloaded from kiaeee.ir on 2025-08-21]

- خرابی تجهیزات شامل:
  - جابجایی‌فرکانس، تداخل پلاریزاسیون متقابل، نشانه‌روی نامناسب به سمت ماهواره
  - عدم تأیید مصوبه و آزمایش، نصب ضعیف، کیفیت پایین
- خطای اپراتور شامل:
  - سطح توان ارسالی بالاتر، فرکانس اشتباه، پلاریزاسیون نامناسب، نشانه‌روی اشتباه به سمت ماهواره، عدم انطباق الگوی تشعشعی آنتن ایستگاه زمینی و ارسال توان از لوب کناری به ماهواره مجاور
  - عدم آموزش
- کریر غیرمجاز (تداخل بسیار رایج) شامل:
  - استفاده بدون پرداخت هزینه از فرستنده ماهواره‌ای (سرقت)
  - انجام آزمایش و تست
- مسدود کردن عمدی (نادر) شامل:
  - ارسال خصمانه برای قطع ارتباط
  - تداخل عمدی
  - اهداف سیاسی

ترانسپوندرهای ماهواره‌ای شفاف نسبت به تداخل‌های عمدی و غیرعمدی حساس هستند. تداخل غیرعمدی به‌طور معمول به دلیل عملکرد نادرست سرویس ماهواره‌ای دارای مجوز و یا تداخل ماهواره مجاور است. عملکرد نادرست ماهواره‌ی دارای مجوز نیز ناشی از خطای اپراتور، خرابی تجهیزات و تداخل پلاریزاسیون متقاطع ایجاد می‌شود. تداخل عمدی می‌تواند ناشی از مسدود کردن یا جمینگ عمدی برای اهداف سیاسی یا جنایی و همچنین ایستگاه‌های زمینی که دارای مجوز نیستند و به طور غیرقانونی فرکانس‌های ماهواره‌ای که استفاده نمی‌شوند را به اشغال درمی‌آورند. این تداخل عمدی، باعث تخریب مضر یا قطع سرویس مجاز می‌شود. بنابراین، Geolocation و بررسی تداخلات شبکه ماهواره‌ای بسیار مهم است [۳۹].

۹-۲- الزامات پیاده‌سازی Geolocation

همان‌طور که پیشتر مطرح شد، گذشته از رعایت یا عدم رعایت الزامات کنترل تداخل ESIM، باز هم احتمال تداخل وجود خواهد داشت. با توجه به ضرورت ارائه سرویس ESIM در آینده نزدیک، لازم است که تداخل‌سنجی این سرویس نیز در کشور مورد مطالعه قرار گیرد. عمده‌ترین مساله تداخل ESIM بر روی سرویس‌های زمینی یا ماهواره‌ها، ناشی از تحرک آنهاست. درحقیقت مانیتورینگ تداخل ESIM مانند مانیتورینگ تداخل VSAT متحرک است. اگرچه ایستگاه‌های زمینی ESIM ملزم به داشتن کد شناسایی و رعایت الزامات تداخل می‌باشند ولی به دلایلی از قبیل خرابی تجهیزات، اهداف خرابکاری و سیاسی و غیره وقوع تداخل محتمل است. از این‌رو بررسی تداخل و همچنین پیاده‌سازی Geolocation به منظور شناسایی منبع تداخل در این سرویس، ضروری است.

برای پیاده‌سازی Geolocation لازم است که ایستگاه مانیتورینگ مجهز به آنتن‌ها و تجهیزات در باندهای فرکانسی موردنظر ایجاد گردد. به طور کلی، سیستم Geolocation شامل ماهواره، ایستگاه دریافت و فرستنده‌های مرجع می‌باشد. در مجموع، الزامات پیاده‌سازی و اجرای موفقیت‌آمیز Geolocation با دقت مناسب، شامل موارد زیر است:

- **ماهواره مجاور:** باید به محدوده جداسازی بین ماهواره اصلی و ماهواره مجاور و همچنین اشغال طیف توجه شود.
- **ephemeris ماهواره:** اطلاعات دقیق ephemeris ماهواره، بسیار مهم است.
- **سیگنال‌های مرجع:** برای کالیبره کردن ephemeris ماهواره‌ای و افزایش دقت Geoloction، به سیگنال‌های مرجع نیاز است که در این راستا، موقعیت دقیق ایستگاه‌های فرستنده مرجع اهمیت دارد و بر دقت Geolocation تاثیر می‌گذارد.
- **همپوشانی پوشش:** هر دو ماهواره اصلی و مجاور باید پوشش ایستگاه های فرستنده و گیرنده را در هر دو لینک رو به بالا و لینک رو به پایین داشته باشند.
- **همپوشانی فرکانسی:** دو ماهواره اصلی و مجاور باید باند فرکانسی مشابه داشته باشند.
- **اشغال فرکانسی:** در ماهواره مجاور، باید طیف خالی وجود داشته باشد.
- **ویژگی‌های سیگنالی:** اندازه آنتن، نوع مدولاسیون و متحرک یا ثابت بودن فرستنده در ویژگی‌های سیگنال اهمیت دارد.

۹-۳- دقت Geolocation

دقت Geolocation به پارامترهای زیادی بستگی دارد که به موارد زیر می‌توان اشاره کرد:

- دقت ephemeris ماهواره (سرعت و موقعیت ماهواره)
- ایستگاه مرجع (دقت موقعیت به ویژه نخستین مرجع)
- ویژگی‌های سیگنال (به‌عنوان مثال نوع مدولاسیون، پهنای باند)
- همبستگی نسبت سیگنال به نویز (SNR بالاتر به معنای دقت بالاتر است)
- بزرگ‌ترین منبع خطای Geolocation مربوط به ephemeris ماهواره است.

بنابراین میزان موفقیت Geolocation به در دسترس بودن ماهواره مجاور و اطلاعات دقیق ephemeris آن، در دسترس بودن منبع مرجع و همچنین سیستم پردازشی وابسته است.

۹-۴-چالش‌های مطرح در Geolocationهای ماهواره‌ای

در انجام Geolocation چالش‌هایی وجود دارد که در ادامه به برخی از آنها اشاره می‌شود:

- دقت:
  - دقت ephemeris ماهواره
  - دقت سیگنال مرجع که از ایستگاه های مرجع معلومی ارسال می‌گردند.
- میزان موفقیت:
  - تشخیص سیگنال ضعیف
  - در دسترس بودن ماهواره مجاور (ka band، پرتو نقطه‌ای)
  - پردازش پردازنده
- دقت Geolocation برای محدود کردن منبع تداخل به یک ناحیه کوچک، کافی نیست (در حال حاضر ۲۰ کیلومتر است)
- بیشتر منابع تداخل در ناحیه شهری هستند که معمولا سیگنال لوب کناری لینک بالارونده بوسیله ساختمان‌ها، مسدود می‌شوند.
- سیگنال لوب کناری خیلی ضعیف است و تشخیص آن با روش جستجوی زمینی، سخت می‌باشد.
- سخت و وقت‌گیر بودن پیدا کردن تداخل

با توجه به ضرورت ارائه سرویس ESIM در کشور در آینده نزدیک، لازم است که تداخل‌سنجی مربوط نیز در کشور مورد مطالعه قرار گیرد. بنابراین، در کشور ما نیز نیاز به راه‌اندازی ایستگاه‌های مانیتورینگ تداخل ماهواره‌ای که مجهز به سیستم Geolocation نیز باشد، وجود دارد.

[Downloaded from kiaeee.ir on 2025-08-21]

۱۰- نتیجه گیری

تداخل GEO ESIM با هریک از سرویس‌های هم‌فرکانس، در برخی مستندات ITU بررسی شده و در قطعنامه ۱۶۹ برخی الزامات فنی به منظور پیشگیری و کاهش تداخل آن بیان شده است.

همچون سناریوها و تحلیل‌های انجام شده توسط برخی کشورها، به منظور استخراج الزامات فنی کنترل (حذف یا کاهش) تداخل وارد شده از GEO ESIM بر روی سرویس‌های ثابت و سیار زمینی، شبیه‌سازی‌هایی نیز برای استخراج الزامات کنترل تداخل Non-GEO ESIM و ارایه در WRC2023 نیز مورد نیاز است.

با دانش پیاده‌سازی سناریوهای شبیه‌سازی مربوط به GEO ESIM، تداخل ناشی از این فناوری با توجه به ویژگی‌های سرویس‌های موجود و نیز پارامترهای شبکه‌های ماهواره‌ای GEO مورد استفاده در کشور بررسی می‌شوند و الزامات پیشگیرانه استخراج و یا صحت‌سنجی خواهند شد. مهم‌تر اینکه با الگوگیری از سناریوهای مربوط به GEO ESIM و جایگزینی پارامترهای مربوط به شبکه‌های ماهواره‌ای Non-GEO با پارامترهای شبکه ماهواره‌ای GEO در این شبیه‌سازی‌ها، الزامات فنی کنترل تداخل فناوری Non-GEO ESIM در کشور استخراج خواهد شد. با توجه به مستندات ارایه شده توسط کشورهای پیشرو در این حوزه، در پیش‌نشست‌های برگزار شده WRC2023، صحت این مهم تایید شده است. برخی کشورهای پیشرو در این حوزه از نرم‌افزارهای خاصی که برای این منظور طراحی شده، استفاده می‌کنند. البته با تغییرات و اصلاحاتی که در مستندات فنی ITU رخ می‌دهد، این نرم‌افزارها نیاز به بروزرسانی خواهند داشت، که در حال حاضر چنین نرم‌افزارهایی با قابلیت بروزرسانی در دسترس محققین کشور نمی‌باشد.

همان‌طور که در این پژوهش، بررسی و مشاهده شد به منظور مدیریت تداخل ESIM باید سه حوزه اصلی مورد تحقیق، بررسی و پیاده‌سازی قرار گیرند. مساله نخست در کنترل و مدیریت تداخل ESIM در کشور تحلیل، شبیه‌سازی و استخراج الزامات کنترل تداخل از طریق طراحی نرم‌افزار بومی یا استفاده از نرم‌افزارهای پایه می‌باشد. لازم به ذکر است که تعدد و گستردگی مستندات فنی ITU که باید به این منظور شبیه‌سازی شوند و نیز در نظر گرفتن مشخصات فنی و فیزیکی تمام سرویس‌های هم‌فرکانس با ESIM در کشور، از چالش‌های عمده در تحلیل و شبیه‌سازی تداخل ESIM و استخراج الزامات کنترل تداخل آن در کشور می‌باشد. این مهم با حمایت‌های سازمان تنظیم مقررات رادیویی و نیز سازمان فضایی کشور قابل انجام است.

به منظور کنترل الزامات مصوب، استقرار و پیاده‌سازی NCMC برای شبکه ESIM، با مطالعه و بررسی سابقه مربوط در شبکه‌های VSAT قابل انجام است. از این رو مساله دوم و پیش رو به منظور کنترل و مدیریت تداخل ESIM که نیاز به بررسی و پیاده سازی در کشور دارد، مرکز مانیتورینگ و کنترل شبکه ESIM یا همان NCMC می‌باشد. پیش‌برد و تکمیل فعالیت‌های لازم در این خصوص با حمایت سازمان تنظیم مقررات رادیویی کشور میسر خواهد شد.

با وجود تصویب الزامات کنترل تداخل برای استفاده از ESIM، بازهم احتمال تداخل (عمدی یا غیرعمدی) سرویس‌های این فناوری به دلایل مختلف وجود خواهد داشت. این تداخلات می‌توانند به دلیل استفاده از ترمینال‌های بدون مجوز توسط برخی کاربران، خرابی تجهیزات، خطا در نشانه‌روی، اهداف سیاسی و غیره روی دهد. از این رو پیاده‌سازی و استقرار ایستگاه‌های پایش و مانیتور طیف فرکانسی و سنجش تداخل‌های موجود امری ضروری است. تداخل وارد شده توسط ESIM بر روی ماهواره‌ها توسط ایستگاه‌های پایش و مانیتورینگ رادیوفضایی انجام می‌شود که این مورد نیاز به تحقیق، بررسی و پیاده‌سازی در کشور دارد. گام مؤثرتر و پیشرفته‌تر بعد از رصد و آشکارسازی تداخل فرکانسی توسط این ایستگاه‌ها، یافتن منبع تداخل می‌باشد که این هدف توسط سامانه Geolocation محقق می‌شود. لازم به ذکر است، از آنجا که Geolocation قابلیت شناسایی هر دو نوع تداخل کننده ثابت و متحرک را دارا است، بنابراین پیاده‌سازی و استفاده از آن، در تداخل‌سنجی و مدیریت تداخل ESIM مفید و مؤثر می‌باشد. از این رو مساله سوم و پیش رو در مدیریت تداخل ESIM راه‌اندازی ایستگاه‌های پایش و مانیتور طیف رادیوفضایی و نیز سامانه Geolocation در کشور می‌باشد. بی‌شک حمایت‌های سازمان‌های متولی، در این زمینه موجب تحقق و پیاده‌سازی آن در کشور خواهد بود.

امید است با انجام و پیش‌برد تحقیقات و فعالیت‌های لازم در هر سه حوزه یاد شده، گام مؤثری در راستای مدیریت تداخل ESIM در کشور برداشته شود. همچنین با برداشتن این گام شاهد شکل‌گیری بستر مناسب برای کنترل تداخل فناوری‌های مشابه در کشور باشیم.

۱۱- واژگان کلمات اختصاری به‌کار رفته در مقاله

معادل فارسی	لغات انگلیسی
ایستگاه‌های زمینی در حال حرکت	ESIM (Earth Station In Motion)
سرویس ماهواره‌ای به منظور اکتشافات زمینی	EESS
سرویس ثابت	Fixed Service
سرویس ثابت ماهواره‌ای	FSS (Fixed Satellite Service)
مدار ماهواره‌ای زمین آهنگ	GEO
تداخل	Interference
اتحادیه بین‌المللی مخابرات	ITU (International TelecommunicationUnion)
سرویس متحرک زمینی	Mobile Service
مرکز مانیتورینگ و کنترل	Network Control and Monitoring Center (NCMC)
مدار ماهواره‌ای غیر زمین آهنگ	Non-GEO
کنفرانس ویدئویی	Video conference
انتقال صدا بر بر روی پروتکل اینترنت	Voice over IP (VoIP)

مراجع

[1] Enrique G. Cuevas and Vijitha Weerackody, "Technical Characteristics and Regulatory", *Johns Hopkins APL Technical Digest, Vol. 33, No. 1, 2015.*

[2] Report of the CPM on technical, operational and regulatory/ procedural matters to be considered by the World Radiocommunication, Radiocommunication Bureau (ITU publication), *2nd Session of the Conference Preparatory Meeting in Sharm El-Sheikh, Egypy*,pp.1-918, 2019.

[3] *WRC-19 agenda item 1.5 Resolution 158 (WRC-15)*, Available at:https://www.itu.int/en/ITU-R/conferences/wrc/2019/Documents/PFA-WRC19-E.pdf ITU, pp.1-567, 2019.

[4] Radio Regulations Resolutions and Recommendations,

[Downloaded from kiaeee.ir on 2025-08-21]

2019.
[20] ITU-R WP4A, *Proposal of the methodology to examine the characteristics of aeronautical ESIM in conformity with pfd limits*, *Document 4A/103-E*, Japan, 2020.
[21]ITU-R WP4A, Proposal *to establish a correspondence group for study on the examination characteristics of aeronautical ESIM complying with the power flux density limits on the Earth's surface specified in Part II of Annex 3 to the Resolution 169*, Korea, 2020.
[22]ITU-R WP4A, *Methodology TO Examine Conformity of Aeronautical ESIM communicating with GSO FSS with PFD limits*, Canada, 2020.
[23]ITU-R WP4A Contribution 807," *Revisions to working document towards a preliminary draft new Report ITU-R S.[ESIM] - Operation of earth stations in motion (ESIM) in fixed-satellite service allocations at 17.7-19.7 GHz and 27.5-29.5 GHz - Protection criteria for feeder links of the MSS in the bands 19.3-19.7 GHz and 29.1-29.5 GHz* ",United States of America, 2018.
[24]ITU-R WP4A Contribution 772," *Sharing and compatibility between ESIM and mobile service",United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland*, 2018.
[25]ITU-R WP4A Contribution 649," *Proposed operational and regulatory considerations for use of ESIMs in the frequency bands 17.7-19.9 GHz and 27.5-29.5 GHz*",Kenya (Republic of), 2018.
[26]ITU-R WP4A Contribution 642," *Revisions to working document on WRC-19 agenda item 1.5 - Operation of earth stations in motion (ESIM) communicating with geostationary space stations in the fixed-satellite service allocations at 17.7-19.7 GHz and 27.5-29.5 GHz*",Canada, 2018.
[27] APT Report on Survey Study on Usage and Future Plans of the Bands 17.7-20.2 GHz and 27.5-30 GHz in the Asia-Pacific Region, No. APT/AWG/REP-70, pp.1-54, 2017.
[۲۸] رقیه کریم زاده بائی ، پدرام حاجی پور، "بررسی تداخل ESIM با سرویس‌های همفرکانس"، پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات، اردیبهشت ماه ۱۴۰۰، صفحات ۱-۴۹.
[۲۹] رقیه دوست، پدرام حاجی پور،"گزارش رصدی راهکارهای فنی مقابله با تداخل فرکانسی سرویس‌های پهن‌باند ماهواره‌ای متحرک با دیگر سرویس‌ها در کشور"، پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات، اردیبهشت ۱۴۰۰، صفحات ۱-۲۴.
[۳۰]پدرام حاجی پور، رقیه دوست،"بررسی تد اخل ESIM با سرویس‌های ثابت"، پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات، اردیبهشت ماه۱۴۰۰، صفحات۱-۱۴۰.
[۳۱] پدرام حاجی پور، رقیه دوست، "بررسی تد اخل ESIM با سرویس‌های سیار"، پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات، اردیبهشت ماه ۱۴۰۰،صفحات ۱-۱۲۰.
[۳۲] پدرام حاجی پور،"بررسی تداخل Non- GEO ESIM با سرویس‌های همفرکانس"، پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات، تیر ماه ۱۴۰۰، صفحات۱-۸۷.
[۳۳] علیرضا فاسونیه چی،"قطعنامه ۱۶۹ اتحادیه جهانی مخابرات(ITU) برای عملیات ESIM ها به همراه مفاهیم، الزامات و ویژگی‌های فنی"، پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات، خرداد ماه ۱۴۰۰، صفحات ۱-۵۸.
[34]Report ITU-R S2278.,*"Use of very small aperture terminals (VSATs)*", pp.1-16, 2013.
[35] Report ITU-R S.2464-0 (07/2019),*" Operation of earth stations in motion communicating with GEO stationary space stations in the fixed-satellite service allocations at 17.7-19.7 GHz and 27.5-29.5 GHz"*, pp.1-27, 2019.
[36]Report ITU-R S.2223-1 (10/2016), *Technical and operational requirements for GEO FSS earth stations on mobile platforms in bands from 17.3 to 30.0 GHz*,pp.1-19, 2016.
[37]M. H. Chen, "Application of a Dual Satellite Geolocation System on Locating Sweeping Interference," *Int. Science Index*, Vol.6, No.9,pp.1-6, 2012.
[38]Report ITU-R SM.2424-0, *"SM Series Spectrum management "Measurement techniques and new technologies for satellite monitoring"*, pp.1-32, 2018.
[۳۹] رقیه کریم‌زاده بائی، "بررسی تداخل‌سنج‌های ماهواره‌ای"، پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات، تیر ماه ۱۴۰۰، صفحات ۱-۹۴.

***

Edition 2020(RR-2020-00013-Vol.IIII-EA5)
[5] Radio Regulations Appendices, Edition 2020(RR-2020-00013-Vol.II-EA5)
[6] WRC-19 agenda item 1.5Resolution 158 (WRC-15), *"Sharing and compatibility between ESIM and fixed service, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland"*, Document 4A/884-E, pp.1-96, 2019.
[7]WRC-19 agenda item 1.5, *"Earth stations in motion (ESIM) compatibility with non-GSO MSS feeder links in the bands 19.3-19.7 GHz and 29.1-29.5 GHz* ",Document 4A/826, Annex 15, pp.1-23, 2019.
[8]WRC-19 agenda item 1.5, Resolution 158 (WRC-15), *Working document towards a preliminary draft new Report ITU-R S/.F .[ESIM-MS] ,Sharing and compatibility between earth stations in motion operating with geostationary FSS networks and current and planned stations of the FS in the frequency band27.5-29.5 GHz*, Document 4A/TEMP/196, 2017.
[9]WRC-19 agenda item 1.5,*Resolution 158 (WRC-15), Sharing and compatibility between earth stations in motion operating with geostationary FSS networks and current and planned stations of the MS in the frequency band 27.5-29.5 GHz*, Document 4A/TEMP/273, 2018.
[10]WRC-19 agenda item 1.5, *Resolution 158 (WRC-15), Earth stations in motion (ESIM) compatibility with non-GSO MSS feeder links in the bands 19.3-19.7 GHz and 29.1-29.5 GHz*, Document 4A/675, Annex 13, 2018.
[11]WRC-19 agenda item 1.5, *Sharing and compatibility between ESIM and mobile service*, Annex 14 to Document 4A/826, 2019.
[12] WRC-19 agenda item 1.5, *Earth stations in motion (ESIM) compatibility with non-GSO MSS feeder links in the bands 19.3-19.7 GHz and 29.1-29.5 GHz*, Annex 15, Document 4A/826, 2019.
[13] WRC-19 agenda item 1.5, Resolution 158 (WRC-15), *Statistical methodologies to estimate the interference from land earth stations in motion (L-ESIM) communicating with geostationary space stations in the fixed-satellite service into mobile service (MS) stations operating in the frequency band 27.5-29.5 GHz*, Documents 4A/519 (Annex 22), 4A/536, 2018.
[14] WRC-19 agenda item 1.5 Resolution 158 (WRC-15), *Statistical methodologies to estimate the interference into fixed service stations operating in the 27.5-29.5 GHz frequency band from land earth stations in motion (L-ESIM) communicating with FSS geostationary space stations*, Documents 4A/519 (Annex 21), 4A/531, 2018.
[15]*W*RC-19 agenda item 1.5, Resolution 158 (WRC-15),*Sharing and compatibility between earth stations in motion operating with geostationary FSS networks and current and planned stations of the MS in the frequency bands 27.5-29.5 GHz and 17.7-19.7GHz*, Document 4A/675, Annexes 12 and 15, 2018
[16] WRC-19 agenda item 1.5 Resolution 158 (WRC-15), *Revisions to the working document towards a perliminary draft ner report ITU-R S./M.[ESIM-MS]*, 2018.
[17]ITU-R WP4A Contribution 885,"Sharing and compatibility between ESIM and mobile service", United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland, 2019.
[18]ITU-R WP4A Contribution 861," Proposed modifications to working document towards a preliminary draft new Report ITU-R S./M.[ESIM-MS] - Sharing study between earth stations in motion operating with geostationary FSS networks and MS stations in the frequency band 27.5-29.5 GHz", China (People's Republic of), 2019.
[19]ITU-R WP4A Contribution 845," Proposed modifications to working document towards a preliminary draft new Report ITU-R S./M.[ESIM-MS] - Sharing and compatibility between earth stations in motion operating with geostationary FSS networks and current and planned stations of the MS in the frequency band 27.5-29.5 GHz",Japan , Korea (Republic of),

[Downloaded from kiaeee.ir on 2025-08-21]