



Internet Society
Interplanetary
Chapter

IPNSIG Academy #22

Lunar Communications for the Artemis Program

Shuichi Ichimura

Oct 30 2024



Comunicaciones lunares para el programa Artemis

IPNSIG Academy - 30 de octubre de 2024

Dr. Alberto Montilla - IPNSIG: Buen día a todos y bienvenidos al mejor momento de nuestra semana, la Academia IPNSIG. Mi nombre es Alberto Montilla. Soy miembro de la junta directiva de IPNSIG. Mientras nos dirigimos a la presentación de hoy, permítanme contarles una pequeña historia. Estuve en una fiesta la semana pasada y, al encontrarme con uno de mis amigos, me preguntó sobre los esfuerzos de mi empresa y le estaba hablando sobre las pruebas en la ISS y sobre nuestros proyectos para las comunicaciones lunares, y me hizo una pregunta que me hizo pensar: ¿qué empresas están trabajando no solo para llevarnos a la Luna, sino para proporcionar comunicaciones a la Luna?

Y esta pregunta, o la respuesta a esta pregunta, es central para nuestro tema de hoy. Hoy, van a escuchar cómo una empresa global, KDDI con su visión 2030, pretende apoyar nuestros esfuerzos y nuestras comunicaciones en el espacio cislunar. Así que, por favor, presten atención porque la historia es fascinante. Con eso, tengo el honor de presentar a un líder increíble, Shuichi Ichimura.

Nos presentará desde la perspectiva de KDDI, Comunicaciones Lunares para el programa Artemis. Es el líder de estrategia de espacio, negocios y tecnología en KDDI Corporation. Actualmente supervisa proyectos de navegación y comunicación lunar, incluyendo 3GPP, también conocido como Tecnologías Móviles y la Luna, y antes de unirse a KDDI, estuvo involucrado en investigaciones relacionadas con estructuras basadas en la luna en JAXA, la Agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial, y también se desempeñó como director de vuelo de JAXA en la Estación Espacial Internacional, liderando el equipo de controladores de vuelo en el Programa Espacial Humano.

Shu obtuvo una maestría en aeronáutica y astronáutica de la Universidad de Tokio. Shu, bienvenido a la Academia APNC, y gracias por estar con nosotros hoy. El micrófono es tuyo.

Shuichi Ichimura - KDDI Corporation: Gracias, Alberto, y gracias a todos en la audiencia por recibirnos. Buenas noches, buenas tardes y buenos días también en Asia Pacífico. Actualmente trabajo en KDDI. Presentaré mi empresa un poco más adelante. Pero hoy, como mencionó Alberto, la comunicación lunar será una infraestructura esencial y un elemento muy importante para llevar el programa Artemis al éxito.

Entonces, en esta sesión, me gustaría presentar lo que estamos buscando y en lo que estamos trabajando actualmente con el gobierno japonés y otras empresas también. Para empezar, esta es mi auto-presentación. Actualmente soy el líder de estrategia del negocio espacial y tecnología en KDDI. Solía vivir en Estados Unidos con mi familia cuando era niño, así que comencé.

Cuando era muy joven, me emocionaba mucho ver el Transbordador Espacial en los años 80. Fui al Centro Espacial Kennedy, mi familia me llevó al Centro Espacial Kennedy. Así que estaba realmente obsesionado con el espacio y un día, sigo soñando con ir al espacio exterior también. Así es como comencé mi carrera espacial.

Y cuando estaba en la escuela de posgrado, fui al campus de JACS Sagami-hara, que estudia varios tipos de ciencias, y mi tema de estudio e investigación era sobre la base lunar humana, así que estaba tratando de diseñar una base lunar en la que viviría en el futuro.

Y después de eso, después de graduarme, fui al Centro Tsukuba de JAXA para ser parte del Programa Espacial Humano, que puedes ver en la parte inferior. Estación Espacial Internacional, estaba haciendo tanto el entrenamiento como la operación también. Y fui uno de los directores de vuelo de JAXA de la Estación Espacial Internacional.

Disfruté mucho mi trabajo con los astronautas y también con otros controladores de vuelo de todo el mundo y los instructores. Fue un gran momento, muy divertido para mí, pero pensé que debería usar el resto de mi vida tratando de contribuir a utilizar esta tecnología espacial para resolver problemas en la Tierra también.

Entonces, el negocio espacial, sí, por eso me mudé a una empresa, KDDI. Sí. KDDI es una de las compañías de telecomunicaciones japonesas. Así que estoy tratando de usar mi red con la comunidad espacial y vincularla a la industria japonesa para utilizar los activos de las industrias japonesas y aprovechar esos activos para acelerar el establecimiento del sistema de navegación y comunicación lunar.

Entonces, quiénes somos, KDDI, nuevamente, es una empresa de telecomunicaciones como AT&T, Verizon, Orange y Global. Tenemos más de 60,000 empleados y

conectamos 190 países utilizando cables submarinos de fibra óptica, más de 40 centros de datos en 13 países. Esta es la imagen de nuestra estrategia, el dominio de la estrategia empresarial, y por supuesto, pueden ver el 5G, la red 3GPP de quinta generación con la generación de datos impulsada por IA generativa en el centro, rodeada por la transformación digital y los sectores de finanzas y energía del negocio.

Pero también tenemos el espacio en la parte superior derecha. Esto muestra que, como empresa, estamos tratando de acelerar el negocio espacial por nuestra cuenta y también a nivel global.

Entonces, cuando hablamos del negocio espacial, comenzamos como un proveedor de servicios SATCOM en la década de 1960. Así que nuestra primera conexión transpacífica entre EE. UU. y Japón. Este fue el primer relevo de TV a través de satélites. Empezamos desde ahí, y tenemos muchos operadores de satélites satcom como socios. También proporcionamos TV para los Juegos Olímpicos. Además, cuando ocurren desastres y no podemos usar nuestra red móvil terrestre, utilizamos, por supuesto, la red satelital como respaldo, y tratamos de mantener las comunicaciones.

Desde la perspectiva tecnológica, hemos desarrollado un par de tecnologías. No voy a entrar en detalles aquí, pero incluyen las antenas, los grandes platos, y también, en términos operativos, cómo optimizar las ubicaciones de los satélites en la órbita geoestacionaria.

También hemos desarrollado un par de terminales de usuario. Y, por supuesto, siempre es importante la codificación de video, como la tecnología de compresión.

Entonces, este tipo de tecnologías elementales que hemos proporcionado se han incorporado en nuestros servicios SATCOM.

Tenemos un telepuerto muy grande en la parte occidental de Japón, en la prefectura de Yamaguchi. Casi 20 antenas, incluidas estas de más de 30 metros. Hemos estado operando desde 1969, que supongo es el aterrizaje del Apolo 11 en la superficie lunar. Así que realmente tiene una larga historia.

Cuando hablamos de servicios SATCOM, estamos colaborando con SpaceX desde 2020 para proporcionar servicios de Starlink en Japón. Nuestro papel en Japón ha sido apoyar a SpaceX desde la perspectiva regulatoria. Por supuesto, necesitan una licencia de nuestro gobierno.

También necesitamos coordinar el espectro. Y, por supuesto, necesitamos terrenos para colocar las estaciones terrestres en propiedad japonesa. Así que, en cuanto a tecnología, el segmento terrestre y el apoyo desde la perspectiva regulatoria, hemos estado apoyando a SpaceX.

Y por eso nos convertimos en el primer socio en Japón en proporcionar Starlink.

Esta diapositiva muestra el caso de uso real. En Japón, hemos estado utilizando esto como un negocio para proporcionar servicios SATCOM de alta velocidad de datos en sitios de construcción, y también para apoyar la monitorización remota de infraestructuras, y usarlo en situaciones de desastre para proporcionar comunicación a drones o cuadricópteros que entregarán equipos médicos al sitio.

También proporcionamos comunicaciones a través de nuestros barcos. Poseemos dos barcos como en la imagen.

Además, ofrecemos comunicaciones para los clientes que deseen subir a bordo del barco o bote, y también proporcionamos el servicio de Starlink.

También estamos realizando un experimento de prueba de concepto en este momento para proporcionar un servicio directo a celular en Japón. Bueno, a más tardar en diciembre de 2024 de este año. Supongo que fue la semana pasada cuando anunciamos que hicimos una prueba o el experimento sobre la prueba de concepto en Japón, y fue exitoso, así que esperamos poder comenzar el servicio en Japón también.

Eso fue un poco de contexto sobre lo que estamos haciendo en comunicaciones espaciales. Mencioné que comenzamos nuestra historia en la década de 1960, y vamos a intentar expandir eso a la Luna también. Así que, con suerte, podremos proporcionar comunicaciones directas de la Luna a la Tierra o de la Tierra a la Luna a partir de 2028, y también 5G en la Luna.

Cuando hablamos del Servicio de Comunicación Lunar, hay tres segmentos. El primero es que si la nave espacial está a la vista desde la Tierra, podemos usar nuestras estaciones terrestres, como una antena parabólica de 20 metros compatible con LEGS, para proporcionar las comunicaciones entre la Luna y la Tierra. Será un tipo de comunicación directa a la Tierra (DTE).

Si la nave espacial está orbitando o viajando por el lado oculto de la Luna, necesitamos un satélite de retransmisión que esté orbitando alrededor de la Luna para proporcionar comunicaciones en el lado oculto.

Esperamos que haya muchos usuarios y muchos astronautas en la región del Polo Sur. Habrá muchos nodos en el Polo Sur, y también se requerirá transmisión de video en vivo en alta definición.

No solo nosotros, sino también la NASA piensa que debería haber una red móvil de comunicación 3GPP en la Luna, como la que tenemos en la Tierra, para proporcionar comunicaciones de alta calidad, en comparación con Wi-Fi y UHR.

Entonces, sé que Nokia hizo una presentación, y Alberto también fue el moderador de esa sesión. Nokia está muy por delante de nosotros. Han estado trabajando con la NASA desde hace un par de años, realizando estudios similares a los que hemos estado haciendo con JAXA. Voy a presentar un par de actividades que hemos estado realizando hasta ahora.

El primero habla de nuestros estudios de compensación sobre la arquitectura de comunicación de extremo a extremo. Hemos estado colaborando, por supuesto, con JAXA, pero también con otros operadores de satélites y startups japonesas para pensar, desde el principio, cuáles serán los requisitos. ¿Quiénes serán los usuarios? ¿Cuáles serán los requisitos? ¿Será audio o video? ¿Y con qué frecuencia necesitaremos la comunicación?

Hablamos sobre las restricciones. Por supuesto, la Luna está muy lejos. El tamaño del satélite será limitado porque el costo de lanzamiento no es barato. Así que necesitamos pensar en cuántos satélites podremos lanzar, así como en qué tipo de órbita será la más eficiente para proporcionar la comunicación de relevo.

Hay una estación terrestre, hay un orbitador terrestre, que básicamente estará orbitando o en la órbita geoestacionaria. También pensamos en las comunicaciones ópticas frente a las comunicaciones por radiofrecuencia, o una combinación de ambas.

Entonces, hay un par de estudios de compensación que se han estado llevando a cabo. NASA y ESA están haciendo lo mismo también, y en el lado derecho, hemos realizado un estudio inicial sobre cómo establecer una red móvil. Cuando decimos establecer una red móvil, no solo estamos instalando una estación base que pueda cubrir unos 10 kilómetros de diámetro, sino que también necesitamos pensar en la operación conjunta con el Satélite de Relevo Lunar y la comunicación directa con la Tierra.

Entonces, como mencioné en la diapositiva anterior, necesitamos combinar estos 3 segmentos: la estación terrestre en la Tierra, el satélite de retransmisión orbitando alrededor de la Luna y la red móvil en la Luna. Así que, cuando hablamos de comunicaciones lunares, necesitamos pensar en usar todos los recursos o elementos para proporcionar servicios y cambiar las comunicaciones y servicios también, por lo que necesitamos pensar en ese tipo de orquestación.

¿Propagación de radio? Creo que Nokia también lo mencionó, y ellos también estaban estudiando esto, y la NASA también lo está estudiando. Sé sobre eso también. Pero, KDDI ha estado haciendo esto desde hace como tres años, creo. Usamos el estimulante regular, y básicamente hemos medido cómo refleja la emisión de RF y algunos patrones. Basándonos en esas mediciones, hemos desarrollado un modelo de simulación utilizando el mapa de elevación digital de la Luna y simulando eso, ¿qué pasaría si instalamos una estación base, como una estación base de 10 metros de altura, o una estación base de 20 metros de altura, en esta ubicación particular? ¿Qué

tipo de cobertura podríamos tener y cómo sería la tasa de datos a medida que los astronautas o el rover se alejan de la estación base?

Esta es una imagen futura de la comunicación 5G lunar. Así que, simplemente coloqué la torre de antena 5G en la superficie de la Luna, y no creo que esto vaya a suceder en la década de 2020. En algún momento a mediados de la década de 2030, con suerte, tendremos este tipo de imagen como una foto real.

Supongo que primero comenzaremos instalando una antena en el HLS, el Sistema de Aterrizaje Humano, en la parte superior del módulo de aterrizaje, y luego, cuando encontremos una ubicación permanente en la Luna, supongo que podremos instalar una torre lunar, pero esta es una imagen del futuro.

Como mencioné, esto no va a ser solo un servicio de comunicación usando esta antena 5G, sino que también necesitaremos combinar las comunicaciones desde la Tierra y los satélites de retransmisión.

Supongo que también se mencionó en la presentación de Nokia, pero la razón por la que estamos tratando de desarrollar este tipo de infraestructura o proporcionar un servicio es porque, si te imaginas a los astronautas caminando en la Luna, si no tenemos esta antena 5G, necesitarán llevar una antena parabólica de 50 centímetros o 17 centímetros para comunicarse con los satélites y la Tierra, y eso no es realista. Así que, en su lugar, lo tendremos en el smartphone en el bolsillo. De la misma manera, será más conveniente y proporcionará una mayor tasa de datos, ya que el orbitador lunar estará orbitando a unos 7,000 kilómetros sobre la superficie lunar.

Entonces, si quieres una mayor tasa de datos, será mejor tener la infraestructura de comunicación en la Luna también. Hay algunas discusiones sobre si tendremos una estación base 5G o una antena en el rover también. Realmente depende de qué tan lejos queramos viajar desde esta estación base permanente o la antena adjunta al sistema de aterrizaje humano. Depende del caso de uso y también del tipo de requisitos de comunicación que tengamos.

Aquí voy a mostrar un video. Espero que funcione. Hemos estado haciendo investigación de escritorio también, pero hemos estado realizando una demostración de prueba de concepto, y este es el video que tomamos con nuestro socio, GITAI. GITAI es una maravillosa startup de robótica, y hemos estado colaborando con ellos desde el año pasado. Son muy buenos desarrollando este tipo de robots tipo gusano y también rovers. Aquí está la estación base de cinco metros de altura que ha sido construida únicamente usando la robótica.

Entonces, hemos asumido que no habrá astronautas, ni grúas, ni excavadoras en la Luna en la fase inicial. Necesitamos pensar en cómo instalar una antena. Este poste blanco es la antena, y ha sido asegurado, y después de la instalación, vamos a hacer una conexión, verán que la luz se encenderá así.

También hicimos una demostración de desmontaje, para que podamos hacer el R&R o el reemplazo en el futuro, si necesitamos reemplazar la antena también.

Entonces, este tipo de estructura modular nos ayudará en el futuro, utilizando la tecnología robótica como mano de obra en lugar de los astronautas para ensamblar, desensamblar y hacer reemplazos si algo no funciona, ese tipo de cosas.

En lugar de solo pensar en esa perspectiva tecnológica, también necesitamos considerar el espectro, y sé que la audiencia que se une esta noche o esta mañana está al tanto de esto, y supongo que son más expertos que yo, pero estamos siguiendo las actividades del SFCG, el Grupo de Coordinación de Frecuencias Espaciales, y también hemos estado siguiendo la documentación de especificaciones de interoperabilidad de LunarNET, así como las actividades de la UIT, que estarán en la próxima diapositiva.

Somos conscientes de que en la CMR 23 del año pasado, hubo una agenda propuesta por la CITEEL, o la región de América del Norte y del Sur, para estudiar el uso de las bandas de frecuencia en la Luna y no solo en la superficie lunar, sino también entre la órbita lunar y la superficie lunar, lo que incluye un par de espectros que también usamos en la Tierra.

Básicamente, apoyamos esta propuesta. Cubre los espectros que usamos en la Tierra, por lo que será fácil para nosotros aplicar los estándares 3GPP, así como nuestro conocimiento y también la tecnología que hemos desarrollado en la Tierra. Esperamos que este estudio avance como se espera, y que podamos usar los espectros en la Luna y también entre la órbita lunar y la superficie lunar.

Como mencioné, KDDI también está apoyando algunas actividades. Hay un presidente, el Sr. Kawai, que ha estado sirviendo como presidente de ITU-R, SG4, y del Grupo de Trabajo 4C, que cubre básicamente el SATCOM, como el servicio móvil por satélite y también el servicio de determinación por satélite, y también hemos estado apoyando a la comunidad SG7 para discutir sobre el espectro lunar.

Bien, un par de diapositivas más.

Aunque Nokia y la NASA, y también nosotros, junto con JAXA, hemos estado estudiando cómo desarrollar y proporcionar comunicaciones en la luna. Habrá un par de discusiones desde otras perspectivas también. Esta diapositiva muestra un par de temas de discusión o áreas de interés, si aplicáramos el protocolo de Internet que usamos en la Tierra a la comunicación entre la Luna y la Tierra.

Habrá discusiones sobre cómo enrutar y cómo proporcionar la dirección, esquemas como el protocolo de enrutamiento y la red de múltiples dominios, si necesitamos pensar en combinar las comunicaciones de la superficie lunar, que con suerte serán como el IP, y entre la Luna y la Tierra, que supongo, se ha estado discutiendo el tipo de

protocolo DTN o el Protocolo de Paquetes, y en la Tierra usamos el protocolo IP. Entonces, cómo combinar estos, cómo orquestar esos diferentes protocolos será un tema también.

En la capa de transporte, también tendríamos que pensar en esos tiempos de espera y la congestión, cómo controlar la congestión o el flujo, por supuesto, como lo hacemos en la Tierra.

La Tierra y la Luna están muy separadas. Toma alrededor de 1.2 o 1.3 segundos en un solo sentido entre la Luna y la Tierra. Así que, si intentamos aplicar estos protocolos que usamos en la Tierra, tal vez experimentemos un tiempo de espera también. Como he estado trabajando como controlador de vuelo de la Estación Espacial Internacional, sé que hay transferencias tediosas, y por lo tanto hay una pérdida de comunicación esperada de unos 10 segundos cuando transferimos de un satélite TDRS a otro satélite TDRS. Espero que esto ocurra entre la comunicación de la Luna y la Tierra, si tenemos comunicaciones directas, y si usamos un par de orbitadores lunares diferentes, también.

No soy un experto en este campo, pero mi colega y yo hemos estado discutiendo sobre esto, y si aplicáramos el protocolo de internet que usamos en la Tierra, algunas tecnologías no podrían manejar esta pérdida de comunicación esperada o programada, y la tratarían como un fallo o algo similar, así que cómo aplicar este tipo de protocolo que usamos en la Tierra será un tema a discutir.

¿Y el protocolo de aplicación? Supongo que también habrá un par de problemas. Depende de la aplicación, pero veamos. Un ejemplo es que si los astronautas quieren jugar un videojuego en la Luna como parte del entretenimiento, y quieren hacer un videojuego que se comunique con la Tierra, habrá, por supuesto, un retraso, y entonces cómo pensar en el servicio de aplicación será otro problema también.

Por supuesto, la sincronización del reloj será un tema enorme.

Entonces, cuando hablamos del nivel de servicio, hay un par de cuestiones que necesitamos discutir y considerar desde la perspectiva tecnológica también.

Esta es mi última diapositiva. He estado presentando nuestra actividad inicial en la que he estado trabajando con JAXA y otras empresas desde hace un par de años. Con suerte, podremos desarrollar una infraestructura de comunicación en la superficie lunar y comenzar a proporcionar servicios alrededor del 2030, tal vez, pero el punto aquí es que no será fácil para una sola empresa en un solo país desarrollar las comunicaciones en la superficie lunar, no solo las comunicaciones en la superficie lunar, sino también todos los elementos de comunicación lunar, incluidas las estaciones terrestres y el orbitador lunar. Por lo tanto, la interoperabilidad sería el elemento clave para establecer una infraestructura enorme como las comunicaciones para contribuir al programa Artemis.

Sé que LunaNet sería un muy buen estándar o guía sobre cómo desarrollar este tipo de infraestructura, de modo que cualquier usuario, como un rover que se desplaza entre nuestra red y la red de otros proveedores de servicios de comunicación 3GPP, pueda, al igual que el roaming en la Tierra, no tener que preocuparse por cambiar las comunicaciones. Técnicamente, simplemente pasarían de una área de servicio a otra y seguirían manteniendo las comunicaciones.

Entonces, esa es la imagen que necesitamos establecer, y desde la contribución japonesa, las telecomunicaciones japonesas proporcionan un servicio de comunicación de alta calidad en Japón. Los clientes japoneses son muy exigentes, de una manera positiva, respecto a la calidad del servicio de comunicaciones. Así que, desde la perspectiva de QoS, hemos estado trabajando conjuntamente con los proveedores en la etapa inicial del desarrollo del 4G, 3G y también del 5G, incluyendo el desarrollo de chipsets para proporcionar un servicio de alta calidad con una red móvil.

Esperamos aprovechar ese tipo de conocimiento y experiencia en este esfuerzo global y, sí, con suerte en el futuro contribuir a las EVAs, y también proporcionar una cobertura más amplia cooperando con otros proveedores de servicios, y redundancia también, y tal vez un mayor rendimiento mediante la agregación de portadoras, y un PNT más preciso. Será mejor tener no solo una estación base, sino más de dos también.

Bien, eso es todo por mi presentación. Supongo que se lo devolveré a Alberto y responderé algunas preguntas.

Dr. Alberto Montilla - IPNSIG: Gracias por la presentación. Veo que están llegando preguntas. Permítanme comenzar con una.

KDDI tiene una historia extraordinaria, comenzando desde las comunicaciones por satélite hasta las redes móviles, pasando por 3G, 4G, 5G y ahora con su visión para 2030, con el objetivo de seguir expandiéndose, llegando a la Luna. Siendo KDDI un proveedor de servicios, ¿hay algún aprendizaje inicial en el lado operativo? Por ejemplo, me sorprendió el video sobre la asociación con GITAI porque, por ejemplo, en mi primer trabajo, tenía que subir a las torres, con la persona de la torre, para básicamente mover las antenas hacia arriba y hacia abajo, inclinándolas, etc.

Veo las ventajas operativas de, sí, estás en la superficie lunar, mejor que estas cosas se instalen solas. Entonces, ¿hay algún aprendizaje operativo inicial de sus primeros prototipos, o simplemente del legado de KDDI?

Shuichi Ichimura - KDDI Corporation: Gracias por la excelente pregunta. Sí, hay un par de lecciones aprendidas de esta demostración y de otros estudios también. El tema principal en el que hemos estado pensando es cómo operar conjuntamente la estación base, el orbitador lunar y también los diferentes elementos de comunicación directa entre la Tierra y la Luna.

Pero, cuando hablamos específicamente de esta demostración, realmente depende de la superficie lunar. Es como una torre de cinco metros, así que no es tan difícil. Bueno, en realidad ocurrieron algunos problemas durante esta demostración también, pero si se quisiera construir más alta, o una torre más alta, tendría que tener una base estable en la superficie lunar.

Para establecer una estación base más alta, necesitamos saber cómo reacciona el regolito y cómo es, si es blando o no, o si tienes una superficie dura, cuán estable es, y cómo serán los ángulos horizontal y vertical, cómo detectar el ángulo de la pendiente y cómo establecer una torre vertical, ese tipo de tecnología y operación será necesaria. Tiene que hacerse de manera autónoma.

Entonces, ese tipo de problemas son los que hemos estado tratando de resolver.

Dr. Alberto Montilla - IPNSIG: Genial. Muchas gracias. Entonces, déjame pasar a la primera pregunta del público.

Esta pregunta es de Eric Klein. Cuando la gente habla de 5G en la Luna, dado el tiempo que implican los despliegues, 2030 y más allá, ¿es la intención desplegar el último servicio 3GPP, digamos 5G o 7G o lo que sea en ese momento? ¿O es 5G específicamente el único candidato para el despliegue?

Shuichi Ichimura - KDDI Corporation: Creo que es una muy buena pregunta, y realmente depende del momento. Actualmente, el 5G ha sido desarrollado y comenzó a ofrecer el servicio hace un par de años en todo el mundo. Nuestra suposición es que comenzaremos a proporcionar estas comunicaciones móviles 3GPP en la Luna a principios de la década de 2030.

Entonces, si pensamos en la generación del 3GPP, la tecnología o los componentes de 4G pueden no existir, o no ser el componente principal, en la Tierra en ese momento. Tal vez 6G. La fase inicial, o la prestación del servicio, comenzará a principios de la década de 2030. Cuando observamos los estándares 3GPP, las comunicaciones o la coordinación, todavía hay muchas discusiones en curso sobre el elemento 5G también.

Entonces, nuevamente, si pensamos que el momento es a principios de la década de 2030 para comenzar este tipo de servicio, 5G será la mejor opción desde la perspectiva del desarrollo generacional. Con suerte, para 2030 habrá más desarrollo de estándares mundiales, más lecciones aprendidas e incorporadas, y en cuanto a la tecnología, necesitaremos tener una tecnología de alta fiabilidad, incluidos los componentes y también el subsistema. Así que sí, en términos de maduración, supongo que 5G, por eso estamos hablando de 5G.

Dr. Alberto Montilla - IPNSIG: Genial, gracias por eso. Y si me permites añadir, considera también que, al menos según los planes de la NASA, creo que uno de los

objetivos es reemplazar la arquitectura de comunicación de usuario existente, que tiene décadas de antigüedad, y usar UHF básico de pulsar para hablar para ese propósito.

Entonces, incluso el 4G es un gran avance respecto a la comunicación actual destinada para EVA.

Creo que hay un poco de urgencia en examinar y probar la tecnología. Por ejemplo, la demostración de Nokia se basa en 4G, en LTE, y podría ser viable como una tecnología para reemplazar la comunicación de usuario basada en UHF existente. Así que, como dijiste, el tiempo probablemente lo dirá todo.

De todos modos, pasemos a la siguiente pregunta. ¿Ha dedicado KDDI algún tiempo a considerar un Protocolo de Paquetes, es decir, DTN, una arquitectura de red tolerante a retrasos e interrupciones, para abordar algunos de los requisitos de enrutamiento de protocolos de aplicación y conectividad que mencionó al final?

Shuichi Ichimura - KDDI Corporation: Gracias por otra excelente pregunta. Hemos estado hablando con JAXA desde el año pasado, y con los especialistas en DTN de JAXA. Así que, la respuesta es sí. No hemos estado profundamente involucrados aún, pero cuando discutimos sobre la red entre la Tierra y la Luna, incluyendo los orbitadores lunares y los satélites en órbita terrestre.

Necesitamos pensar en los diferentes protocolos que se han utilizado y cómo orquestar esos diferentes protocolos. DTN es, por supuesto, una de las opciones, o la principal en este momento. Así que, sí, la respuesta corta es sí, pero apenas hemos comenzado ese tipo de discusión.

Dr. Alberto Montilla - IPNSIG: Genial. Gracias. Hay muchos entusiastas de DTN en nuestra comunidad, pero como dijiste, lo más importante es asegurarnos de que podamos conectarnos con la Luna.

Próxima pregunta. ¿Ves algún problema específico de 5G en el entorno lunar?

Shuichi Ichimura - KDDI Corporation: Sí, esa es una gran pregunta.

Bueno, supongo que hay muchos problemas que necesitamos resolver en este momento. Nadie ha probado o desarrollado una infraestructura 5G en la Luna. Así que también, por supuesto, necesitamos pensar en cómo aplicarlo en términos de hardware, hacerlo más ligero y con menor consumo de energía, y cómo lidiar con la radiación, ese tipo de problemas de hardware también.

Por supuesto, uno de los temas que hemos estado discutiendo internamente es qué estándares 3GPP aplicaremos para esta operación lunar. Hay muchos, quiero decir, miles, o más de decenas de miles de tipos de estándares, supongo, y si simplemente

intentamos incorporar todos los estándares en el sistema, eso sería fácil para nosotros, porque solo tendríamos que pensar si el sistema podrá manejar físicamente el entorno lunar.

Pero, si quieres hacer el sistema más pequeño, y también si quieres añadir algún tipo de estándar o funcionalidad específica, entonces hay otra discusión sobre cómo minimizar qué estándares realmente necesitamos elegir, para hacer el sistema más simple y fiable. Pero, por otro lado, si personalizamos el estándar 3GPP que ha sido incorporado en el sistema.

También necesitamos pasar por la prueba de verificación, porque el sistema 5G actual en la Luna ha sido optimizado y probado, y muchas lecciones se han incorporado tal cual en el estándar. Así que, sí, ese tipo de problemas se están volviendo más relacionados con el software, y se están volviendo más complicados cuando hablamos de 5G, así que, sí, hay muchos tipos de problemas ahí cuando lo piensas.

Dr. Alberto Montilla - IPNSIG: De hecho, y como dijiste, aprenderemos más a medida que se realicen más pruebas, simulaciones y despliegues iniciales.

Entonces, pasemos a la siguiente pregunta, y esta está más orientada hacia el futuro. ¿Ves una constelación de satélites en el futuro, de modo que haya cobertura completa directa a celular en la Luna?

¿Como una tendencia con Starlink aquí en la Tierra?

Shuichi Ichimura - KDDI Corporation: Sí, ese sería el caso ideal. Bueno, cuando solo hablamos desde el punto de vista del servicio, sí, hemos estado hablando de esto, y realmente es algo rentable y equilibrado.

Y también, necesitamos pensar en la distancia entre la superficie lunar y el satélite, si queremos mantener el satélite o minimizar la cantidad de propulsor para controlar su órbita. Hay un tipo de órbita estable alrededor de la Luna, y esa órbita estará a 7,000 kilómetros de la superficie lunar.

Entonces, desde esa perspectiva, podría no ser bueno enviar transmisión de video entre la superficie lunar y el orbitador lunar. Tal vez solo el texto, o la llamada de emergencia, ese tipo de cosas podrían funcionar. Pero, también pensamos en la altitud, dónde colocar la órbita y cómo hacerla sostenible desde la perspectiva comercial también.

Dr. Alberto Montilla - IPNSIG: Y sí, creo que también insinuabas el hecho de que, al final del día, la aplicación decide si es factible o no. La NASA está inicialmente pensando en, o avanzando para hacer que el 3GPP sea principalmente para EVA, y uno de los usuarios principales es la comunicación con los astronautas.

Y quieren hacer medios en 4K. Eso va a ser muy difícil de hacer directamente al celular debido al ancho de banda requerido. Así que podría ser necesaria una infraestructura de comunicación en la superficie lunar para esos casos de uso. Luego, otros casos de uso, como dijiste, IoT o similares, podrían ser más adecuados para la comunicación directa al celular.

Genial.

Entonces, esta es una pregunta diferente. Esta es de Max Medina, es más como una pregunta arquitectónica o de construcción. La pregunta está relacionada con el diseño de la torre. ¿Tiene que ser vertical? Y la pregunta principal está relacionada con el hecho de que la señal llegará en diferentes direcciones, dependiendo de la ubicación de la Luna.

Entonces, él ofreció algunas ideas sobre eso y estaremos encantados de conectar y compartir más adelante. Así que, Max, definitivamente ponte en contacto con la Academia IPNSIG. Podemos hacer una conexión.

Shuichi Ichimura - KDDI Corporation: Sí, muchas gracias. Es una pregunta muy interesante. La razón por la que hemos estado buscando este tipo de torre vertical es porque queremos elevarnos lo más alto posible para tener la luz solar y también para emitir la señal de RF lo más lejos posible.

Entonces, acabamos de empezar. Esas son las suposiciones que hemos considerado al establecer la torre, pero si hay otros temas que necesitamos pensar, problemas, y también si hay otras ideas, estaremos más que felices de discutirlo. Muchas gracias.

Dr. Alberto Montilla - IPNSIG: Siguiendo pregunta, esta pregunta es de Scott Johnson. Al tomar decisiones técnicas sobre la arquitectura, ¿se están enfocando solo en la conectividad entre la Tierra y la Luna? ¿O esperan que su arquitectura se extienda a latencias más altas? Imagino que se refiere a otros cuerpos planetarios como Marte y similares.

Shuichi Ichimura - KDDI Corporation: Sí, una pregunta muy interesante. Muchas gracias, Scott. Hasta ahora, según lo que hemos estudiado, nos hemos centrado únicamente en la comunicación entre la Luna y la Tierra. Nunca pensamos en expandir esto, o en comenzar con las comunicaciones entre Marte y la Tierra, y luego, como un paso intermedio, la Luna. Nunca pensamos en eso.

Dr. Alberto Montilla - IPNSIG: De acuerdo, eso es genial. Última pregunta. ¿Cuáles son los requisitos o consideraciones para las comunicaciones estandarizadas en casos de uso de seguridad de vida como el 911, 999, en la Luna?

Shuichi Ichimura - KDDI Corporation: Sí, ese es un gran tema, y no tengo la respuesta en este momento. Este tipo de tema necesita ser discutido en la comunidad de LunarNet, o internacionalmente con la NASA, ESA y JAXA.

Sé que habrá funcionalidades de búsqueda y rescate que se incorporarán o serán necesarias en la infraestructura de LunarNet, y supongo que, cuando hablamos con los astronautas, ellos dicen que no necesitan una tecnología de comunicación sofisticada o complicada, lo que quieren es un método de comunicación altamente confiable, para que puedan comunicarse en caso de emergencia, ese tipo de cosas. Así que, habrá un requisito. Estoy seguro de que lo habrá, pero no sé cómo.

Necesitamos pensar en cómo lo hemos hecho en la industria espacial, y tal vez contar con algunas personas o especialistas desde la Tierra, los especialistas en redes móviles terrestres, para determinar cuál tecnología será la más confiable.

Pero, también lo usamos para los SATCOMs satelitales en la Tierra para este tipo de llamadas de emergencia. Así que, supongo que hay un par de opciones para discutir.

Dr. Alberto Montilla - IPNSIG: Sí, de hecho, como dijiste, LunaNet tiene especificado o está especificando LunaSAR, que son servicios de búsqueda y rescate, señal de socorro básica, y por sus respuestas, creo que la buena noticia aquí es que los sistemas 3GPP ya soportan, como dijiste, servicios de emergencia y, es un canal de baja latencia y un mecanismo para conectar llamadas de emergencia. Así que, creo que esas dos cosas podrían terminar proporcionando servicios de emergencia, pero hay más especificaciones en curso porque LunaSAR en este momento es una idea o un objetivo, pero aún no está completamente especificado. La NASA está trabajando en ello con los diferentes socios. Tan pronto como eso esté especificado, entonces podría ser más fácil ver cómo se mapearía esto a las primitivas de 3GPP.

Genial.

Entonces, con esto, ¿llegamos al final de las preguntas y al final de la presentación?

En nombre de IPNSIG, quiero darles un gran agradecimiento por permitirnos escuchar y experimentar el gran progreso que KDDI está logrando, contribuyendo a la creación del Internet del Sistema Solar. De esto se trata todo esto. Esto es lo que nos apasiona a nosotros, como miembros de IPNSIG. Así que, muchas gracias.

Con eso, cerremos la sesión académica con un par de recordatorios. El primero es que esta conferencia y las conferencias anteriores están disponibles en el sitio web de IPNSIG. Vayan a ipnsig.org/events. Y, si tienen alguna pregunta o comentario, por favor contáctenos por correo electrónico.

El trabajo del IPNSIG es voluntario. Tenemos algunos gastos administrativos, por lo que sugerimos amablemente que donen, ya sea \$2, \$5, \$100, \$1,000, depende de ustedes, pero por favor contribuyan a nuestra misión de expandir la red y con el objetivo de hacer que el Internet del Sistema Solar esté disponible para todos.

Actualmente somos más de 1000 miembros. Queremos seguir creciendo. Queremos seguir siendo una organización global. Así que, para aquellos de ustedes que están asistiendo y no son miembros de IPNSIG, por favor únanse a nosotros. Pueden enviar un mensaje a membership@ipnsig.org, o pueden ir a la página de ISOC y suscribirse al Capítulo Interplanetario desde allí.

Con eso, quiero darles las gracias nuevamente. Gracias, Shu, y gracias a todos los asistentes y organizadores. Seremos redirigidos a una breve encuesta. Muchas gracias y que tengan un buen día.

Shuichi Ichimura - KDDI Corporation: Gracias a todos.