



IPNSIG Academy #22

Lunar Communications
for the Artemis Program
Shuichi Ichimura

Oct 30 2024



Communications lunaires pour le programme Artemis

IPNSIG Academy - 30 octobre 2024

Dr. Alberto Montilla - IPNSIG: Bonjour à tous et bienvenue au meilleur moment de notre semaine, l'Académie IPNSIG. Je m'appelle Alberto Montilla. Je suis membre du conseil d'administration de l'IPNSIG. Avant de commencer la présentation d'aujourd'hui, laissez-moi vous raconter une petite histoire. La semaine dernière, j'étais à une fête et en discutant avec un de mes amis, il m'a posé des questions sur les projets de ma société. Je parlais des tests sur l'ISS et de nos projets de communications lunaires, et il m'a posé une question qui m'a fait réfléchir : quelles entreprises travaillent non seulement pour nous emmener sur la Lune, mais aussi pour fournir des communications sur la Lune ?

Et cette question, ou la réponse à cette question, est centrale à notre sujet d'aujourd'hui. Aujourd'hui, vous allez entendre comment une entreprise mondiale, KDDI avec leur vision 2030, vise à soutenir nos efforts et nos communications dans l'espace cis-lunaire. Alors, s'il vous plaît, prêtez attention car l'histoire est fascinante. Sur ce, j'ai l'honneur d'accueillir un leader incroyable, Shuichi Ichimura.

Il nous présentera, du point de vue de KDDI, les communications lunaires pour le programme Artemis. Il est le responsable de la stratégie spatiale, des affaires et des technologies chez KDDI Corporation. Il supervise actuellement des projets de navigation et de communication lunaires, y compris le 3GPP, également connu sous le nom de

Technologies Mobiles et la Lune. Avant de rejoindre KDDI, il a mené des recherches sur les structures lunaires à la JAXA, l'Agence Japonaise d'Exploration Aérospatiale, et a également servi comme directeur de vol de la JAXA pour la Station Spatiale Internationale, dirigeant l'équipe de contrôleurs de vol dans le Programme Spatial Humain.

Shu a obtenu une maîtrise en aéronautique et astronautique de l'Université de Tokyo. Shu, bienvenue à l'Académie APNC, et merci d'être avec nous aujourd'hui. La parole est à vous.

Shuichi Ichimura - KDDI Corporation: Merci, Alberto, et merci à tous dans le public de nous accueillir. Bonsoir, bon après-midi et bonjour également en Asie-Pacifique. Actuellement, je travaille chez KDDI. Je présenterai un peu plus tard mon entreprise. Mais aujourd'hui, comme l'a mentionné Alberto, la communication lunaire sera une infrastructure essentielle et un élément très important pour mener le programme Artemis au succès.

Donc, lors de cette session, j'aimerais vous présenter nos objectifs et sur quoi nous travaillons actuellement avec le gouvernement japonais et d'autres entreprises. Pour commencer, voici une brève présentation de moi-même. Actuellement, je suis le responsable de la stratégie pour les affaires spatiales et la technologie chez KDDI. J'ai vécu aux États-Unis avec ma famille quand j'étais enfant, donc j'ai commencé.

Quand j'étais très jeune, j'étais très excité de regarder la navette spatiale dans les années 1980. Je suis allé au Kennedy Space Center, ma famille m'y a emmené. J'étais vraiment passionné par l'espace et un jour je rêve encore d'aller dans l'espace. C'est ainsi que j'ai commencé ma carrière dans le domaine spatial.

Et quand j'étais à l'école de troisième cycle, je suis allé au campus de Sagami-hara de la JACS qui étudie divers types de sciences, et mon thème de recherche était d'étudier la base lunaire humaine, donc j'essayais de concevoir une base lunaire dans laquelle je vivrais à l'avenir.

Et après cela, après avoir obtenu mon diplôme, je suis allé au Centre de Tsukuba de la JAXA pour faire partie du Programme Spatial Humain, que vous pouvez voir tout en bas. Station Spatiale Internationale, je faisais à la fois la formation et l'opération. Et j'étais l'un des directeurs de vol de la JAXA pour la Station Spatiale Internationale.

J'ai beaucoup apprécié mon travail avec les astronautes, ainsi qu'avec les autres contrôleurs de vol du monde entier et les instructeurs. C'était un moment formidable, très amusant pour moi, mais j'ai pensé que je devrais utiliser le reste de ma vie à essayer de contribuer à utiliser cette technologie spatiale pour résoudre des problèmes sur Terre également.

Donc, le secteur spatial, oui, c'est pourquoi j'ai rejoint une entreprise, KDDI. Oui. KDDI est l'une des entreprises de télécommunications japonaises. J'essaie donc d'utiliser mon réseau dans la communauté spatiale et de le lier à l'industrie japonaise pour utiliser les actifs de cette industrie afin d'accélérer l'établissement du système de navigation et de communication lunaire.

Donc, qui nous sommes, KDDI, encore une fois, est une entreprise de télécommunications comme AT&T, Verizon, Orange et Global. Nous avons plus de 60 000 employés et connectons 190 pays en utilisant des câbles sous-marins en fibre optique, plus de 40 centres de données dans 13 pays. Voici l'image de notre stratégie, domaine de stratégie commerciale, et bien sûr, vous pouvez voir la 5G, le réseau 3GPP de 5e génération avec l'IA générative axée sur les données au milieu, entourée par la transformation numérique et les secteurs financier et énergétique de l'entreprise.

Mais nous avons également l'espace en haut à droite. Cela montre qu'en tant qu'entreprise, nous essayons d'accélérer le secteur spatial par nous-mêmes et aussi à l'échelle mondiale.

Donc, quand nous parlons du secteur spatial, nous avons commencé en tant que fournisseur de services SATCOM dans les années 1960. Notre première connexion transpacifique entre les États-Unis et le Japon. C'était la première retransmission télévisée via les satellites. Nous avons commencé à partir de là, et nous avons de nombreux opérateurs de satellites satcom comme partenaires. Nous fournissons également la télévision pour les Jeux Olympiques. De plus, en cas de catastrophes, lorsque nous ne pouvons pas utiliser notre réseau mobile terrestre, nous utilisons bien sûr le réseau satellite comme solution de secours pour maintenir les communications.

Du point de vue technologique, nous avons développé plusieurs technologies. Je ne vais pas entrer dans les détails ici, mais cela inclut les antennes, les grandes paraboles, et aussi, sur le plan opérationnel, comment optimiser les emplacements des satellites en orbite géosynchrone.

Nous avons également développé quelques terminaux utilisateurs. Et, bien sûr, le codage vidéo, comme la technologie de compression, est toujours important.

Donc, ces types de technologies élémentaires que nous avons fournies ont été intégrées dans nos services SATCOM.

Nous avons un très grand téléport dans la partie ouest du Japon, dans la préfecture de Yamaguchi. Près de 20 antennes, y compris ces paraboles de plus de 30 mètres. Nous opérons depuis 1969, ce qui correspond, je suppose, à l'atterrissage d'Apollo 11 sur la surface lunaire. Donc, cela a vraiment une longue histoire.

Lorsque nous parlons des services SATCOM, nous collaborons avec SpaceX depuis 2020 pour fournir les services Starlink au Japon. Notre rôle au Japon était de soutenir SpaceX du point de vue réglementaire. Bien sûr, ils ont besoin d'une licence de notre gouvernement.

Nous devons également coordonner le spectre. Et, bien sûr, nous avons besoin de terrains pour installer les stations au sol sur le territoire japonais. Donc, ce genre de choses, le soutien technologique, le segment terrestre, et du point de vue réglementaire, nous avons soutenu SpaceX.

Et c'est pourquoi nous sommes devenus le premier partenaire au Japon à fournir Starlink.

Cette diapositive montre le cas d'utilisation réel. Au Japon, nous l'utilisons comme une entreprise pour fournir des services SATCOM à haut débit sur les chantiers de construction, ainsi que pour soutenir la surveillance à distance des infrastructures, et l'utiliser en cas de catastrophe pour fournir des communications aux drones ou quadricoptères qui livreront des équipements médicaux sur le site.

Nous fournissons également des communications via nos navires. Nous possédons deux navires comme sur la photo.

De plus, nous fournissons des communications pour les clients qui souhaitent monter à bord du navire ou du bateau, et nous offrons également le service Starlink.

Nous réalisons également en ce moment une expérience de type preuve de concept pour fournir un service direct aux téléphones portables au Japon. Eh bien, au plus tard en décembre 2024 cette année. Je crois que c'était la semaine dernière, nous avons annoncé que nous avons effectué un test ou une expérience de type preuve de concept au Japon, et cela a été un succès, donc nous espérons pouvoir commencer le service au Japon également.

C'était quelques informations générales sur ce que nous faisons en matière de communications spatiales. J'ai mentionné que nous avons commencé notre histoire dans les années 1960, nous allons essayer d'étendre cela à la Lune également. Donc, nous espérons pouvoir fournir des communications directes de la Lune à la Terre ou de la Terre à la Lune à partir de 2028, ainsi que la 5G sur la Lune.

Lorsque nous parlons du service de communication lunaire, il y a trois segments. Le premier est que si le vaisseau spatial est en vue de la Terre, nous pouvons utiliser nos stations au sol, comme une antenne parabolique de 20 mètres conforme à la norme LEGS, pour assurer les communications entre la Lune et la Terre. Ce sera un type de communication directe vers la Terre (DTE).

Si le vaisseau spatial est en orbite ou voyage sur la face cachée de la Lune, nous avons besoin d'un satellite de relais de communication qui orbitera autour de la Lune pour assurer les communications sur la face cachée.

Nous prévoyons de nombreux utilisateurs et de nombreux astronautes dans la région du pôle Sud. Il y aura beaucoup de nœuds au pôle Sud, et cela nécessitera également une diffusion vidéo en direct en haute définition.

Non seulement nous, mais aussi la NASA pensent qu'il devrait y avoir un réseau mobile de communication 3GPP sur la Lune, comme nous en avons sur Terre, pour fournir des communications de haute qualité, comparé au Wi-Fi et à l'UHR.

Donc, je sais que Nokia a fait une présentation, et Alberto était également le modérateur de cette session. Nokia est bien en avance sur nous. Ils travaillent avec la NASA depuis quelques années, en faisant des études similaires à celles que nous menons avec la JAXA. Je vais vous présenter quelques-unes des activités que nous avons réalisées jusqu'à présent.

Le premier parle de nos études de compromis sur l'architecture de communication de bout en bout. Nous avons collaboré avec, bien sûr, JAXA, mais aussi d'autres opérateurs de satellites, des startups japonaises pour réfléchir à partir de quelles seront les exigences ? Qui seront les utilisateurs ? Quelles seront les exigences ? S'agira-t-il d'audio ou de vidéo ? Et à quelle fréquence aurons-nous besoin de la communication ?

Nous devons prendre en compte les restrictions. Bien sûr, la Lune est très éloignée. La taille des satellites sera limitée car le coût de lancement n'est pas bon marché. Nous devons donc réfléchir au nombre de satellites que nous pourrions lancer, ainsi qu'au type d'orbite qui sera la plus efficace pour assurer la communication relais.

Il y a une station au sol, un orbiteur terrestre, qui sera essentiellement en orbite ou en orbite géosynchrone. Nous réfléchissons également aux communications optiques par rapport aux communications RF, ou à un mélange des deux.

Donc, il y a quelques études de compromis en cours. La NASA et l'ESA font la même chose également, et sur la droite, nous avons réalisé une étude initiale sur la manière d'établir un réseau mobile. Quand nous parlons d'établir un réseau mobile, il ne s'agit pas seulement de mettre en place une station de base couvrant un diamètre de 10 kilomètres, mais nous devons aussi penser à l'opération conjointe avec le satellite relais lunaire et la communication directe avec la Terre.

Donc, comme je l'ai mentionné dans la diapositive précédente, nous devons combiner ces 3 segments : la station terrestre sur Terre, le satellite relais en orbite autour de la Lune, et le réseau mobile sur la Lune. Ainsi, lorsque nous parlons de communications lunaires, nous devons penser à utiliser tous les actifs ou éléments pour fournir des

services et basculer les communications et les services également, donc nous devons penser à ce type d'orchestration.

Propagation radio? Je pense que Nokia en a aussi parlé, et ils étudiaient également cela, et la NASA l'étudie aussi. Je suis au courant de cela également. Mais, KDDI fait cela depuis environ trois ans, je suppose. Nous utilisons le stimulant régulier, et en gros, nous avons mesuré comment il reflète l'émission RF et quelques modèles. Sur la base de ces mesures, nous avons développé un modèle de simulation en utilisant la carte d'élévation numérique de la Lune et en simulant cela, que se passerait-il si nous installions une station de base, comme une station de base de 10 mètres de haut, ou de 20 mètres de haut, à cet endroit particulier, quel type de couverture nous pourrions avoir, et comment le débit de données serait à mesure que les astronautes ou le rover s'éloignent de la station de base.

Ceci est une image future de la communication 5G lunaire. J'ai donc placé la tour d'antenne 5G sur la surface de la Lune, et je ne pense pas que cela se produira dans les années 2020. Vers le milieu des années 2030, j'espère que nous aurons ce genre d'image comme une photo réelle.

Je suppose que nous allons d'abord commencer par installer une antenne sur le HLS, le Système d'Atterrissage Humain, au sommet de l'atterrisseur, et ensuite, lorsque nous trouverons un emplacement permanent sur la Lune, je suppose que nous pourrions installer une tour lunaire, mais ceci est une image du futur.

Comme je l'ai mentionné, ce ne sera pas seulement un service de communication utilisant cette antenne 5G, mais nous devons également combiner les communications depuis la Terre et les satellites relais.

Je suppose que cela a également été mentionné dans la présentation de Nokia, mais la raison pour laquelle nous essayons de développer ce type d'infrastructure ou de fournir un service est que, si vous imaginez les astronautes marchant sur la Lune, sans cette antenne 5G, ils devront transporter une antenne parabolique de 50 centimètres ou 17 centimètres pour communiquer avec les satellites et la Terre, ce qui n'est pas réaliste. Donc, à la place, nous l'avons dans le smartphone dans la poche. De la même manière, ce sera plus pratique et cela fournira également un débit de données plus élevé, puisque l'orbiteur lunaire orbitera à environ 7 000 kilomètres au-dessus de la surface lunaire.

Donc, si vous voulez un débit de données plus élevé, il sera préférable d'avoir également l'infrastructure de communication sur la Lune. Il y a des discussions pour savoir si nous aurons une station de base 5G ou une antenne sur le rover également. Cela dépend vraiment de la distance à laquelle nous souhaitons nous éloigner de cette station de base permanente ou de l'antenne attachée au système d'atterrissage humain. Cela dépend du cas d'utilisation et aussi des exigences de communication que nous avons.

Je vais vous montrer une vidéo. J'espère que cela fonctionnera. Nous avons également effectué des recherches sur ordinateur, mais nous avons réalisé une démonstration de type preuve de concept, et voici la vidéo que nous avons prise avec notre partenaire, GITAI. GITAI est une merveilleuse startup de robotique, et nous collaborons avec eux depuis l'année dernière. Ils sont très doués pour développer ces robots de type chenille ainsi que des rovers. Voici la station de base de cinq mètres de haut qui a été construite uniquement à l'aide de la robotique.

Donc, nous avons supposé qu'aucun astronaute, aucune grue, ni aucun excavateur ne sera sur la Lune lors de la phase initiale. Nous devons réfléchir à la manière d'installer une antenne. Ce poteau blanc est l'antenne, et il a été verrouillé, et après l'installation, nous allons faire une connexion, vous verrez la lumière s'allumer comme ceci.

Nous avons également fait une démonstration de démontage, afin de pouvoir effectuer le R&R ou le remplacement à l'avenir, si nous devons également remplacer l'antenne.

Donc, ce type de structure modulaire nous aidera à l'avenir, en utilisant simplement la technologie robotique comme main-d'œuvre au lieu des astronautes pour assembler, démonter et remplacer si cela ne fonctionne pas, ce genre de choses.

Au lieu de ces perspectives technologiques, nous devons également penser au spectre, et je sais que le public qui nous rejoint ce soir ou ce matin en est conscient, et je suppose qu'ils sont plus experts que moi, mais nous suivons les activités du SFCG, le Groupe de Coordination des Fréquences Spatiales, et nous avons également suivi la documentation sur les spécifications d'interopérabilité de LunarNET, ainsi que les activités de l'UIT, qui seront abordées dans la prochaine diapositive.

Nous savons qu'à la CMR 23 l'année dernière, une proposition a été faite par la CITEL, ou la région de l'Amérique du Nord et du Sud, pour étudier l'utilisation des bandes de fréquences sur la Lune, et pas seulement sur la surface lunaire, mais aussi entre l'orbite lunaire et la surface lunaire, ce qui inclut également quelques spectres que nous utilisons au sol.

En gros, nous soutenons cette proposition. Elle couvre les spectres que nous utilisons sur Terre, donc il sera facile pour nous d'appliquer les normes 3GPP ainsi que nos connaissances et la technologie que nous avons développées sur Terre. Nous espérons que cette étude se déroulera comme prévu et que nous pourrons utiliser les spectres sur la Lune et également entre l'orbite lunaire et la surface lunaire.

Comme je l'ai mentionné, KDDI soutient également certaines activités. Il y a un président, M. Kawai, qui a été président de l'UIT-R, SG4, et du Groupe de travail 4C, qui couvre essentiellement les SATCOM, comme le service mobile par satellite et le service de radiodétermination par satellite. Nous avons également soutenu la communauté SG7 pour discuter du spectre lunaire.

D'accord, encore quelques diapositives.

Cependant, Nokia et la NASA, ainsi que nous-mêmes et avec la JAXA, avons étudié comment développer et fournir des communications sur la Lune. Il y aura également quelques discussions sous d'autres perspectives. Cette diapositive montre quelques sujets de discussion ou domaines d'intérêt, si nous devons appliquer le protocole Internet que nous utilisons sur Terre aux communications entre la Lune et la Terre.

Il y aura des discussions sur la manière de router et de fournir les adresses, des schémas comme le protocole de routage et le réseau multi-domaines, s'il faut penser à combiner les communications de surface lunaire, qui, espérons-le, seront comme l'IP, et entre la Lune et la Terre, pour lesquelles, je suppose, le DTN ou le type de protocole Bundle a été discuté, et sur Terre nous utilisons le protocole IP. Donc, comment combiner ces éléments, comment orchestrer ces différents protocoles sera également un sujet de discussion.

Au niveau de la couche de transport, nous devrions également réfléchir aux délais d'attente et à la congestion, comment contrôler la congestion ou le flux, bien sûr comme nous le faisons sur Terre.

La Terre et la Lune sont très éloignées. Il faut environ 1,2 ou 1,3 secondes pour un trajet entre la Lune et la Terre. Donc, si nous essayons simplement d'appliquer ces protocoles que nous utilisons sur Terre, nous risquons de rencontrer un délai d'attente également. Étant donné que je travaille comme contrôleur de vol de la Station spatiale internationale, je sais qu'il y a des transferts fastidieux, et donc il y a une perte de communication prévue d'environ 10 secondes, lorsque nous passons d'un satellite TDRS à un autre satellite TDRS. Je m'attends à ce que cela se produise entre la communication Lune-Terre, si nous avons des communications directes, et si nous utilisons également quelques orbiteurs lunaires différents.

Je ne suis pas un expert dans ce domaine, mais mon collègue et moi en avons discuté, et si nous devons appliquer le protocole internet que nous utilisons sur Terre, certaines technologies ne seraient pas capables de gérer cette perte de communication prévue ou programmée, et la traiteraient comme une sorte de défaillance ou quelque chose du genre. Donc, la manière d'appliquer ce type de protocole que nous utilisons sur Terre sera discutée.

Et, le protocole d'application ? Je suppose qu'il y aura aussi quelques problèmes. Cela dépend de l'application, mais voyons voir. Un exemple serait que si les astronautes veulent jouer à un jeu vidéo sur la Lune pour se divertir, et qu'ils veulent jouer à un jeu vidéo qui communique avec la Terre, il y aura bien sûr un délai, et donc comment penser le service d'application sera également un autre problème.

Bien sûr, la synchronisation des horloges sera un sujet majeur.

Donc, lorsque nous parlons du niveau de service, il y a quelques problèmes que nous devons discuter et examiner également du point de vue technologique.

Ceci est ma dernière diapositive. J'ai présenté notre activité initiale sur laquelle je travaille avec la JAXA et d'autres entreprises depuis quelques années. Nous espérons pouvoir développer une infrastructure de communication pour la surface lunaire et commencer à fournir des services vers 2030, peut-être, mais le point ici est qu'il ne sera pas facile pour une seule entreprise dans un seul pays de développer les communications de surface lunaire, pas seulement les communications de surface lunaire, mais aussi tous les éléments de communication lunaire, y compris les stations au sol et l'orbiteur lunaire. Donc, l'interopérabilité serait l'élément clé pour établir une infrastructure énorme comme les communications pour contribuer au programme Artemis.

Je sais que LunaNet serait une très bonne norme ou directive pour développer ce type d'infrastructure, de sorte que tout utilisateur, comme un rover circulant entre notre réseau et celui d'autres fournisseurs de services de communication 3GPP, puisse, comme en itinérance sur Terre, ne pas avoir à se soucier de changer de communication. Techniquement, ils traversent simplement une zone de service à une autre, tout en maintenant la communication.

Donc, c'est en quelque sorte le tableau que nous devons établir, et du côté de la contribution japonaise, les télécommunications japonaises fournissent un service de communication de haute qualité au Japon. Les clients japonais sont très exigeants, de manière positive, en ce qui concerne la qualité du service de communication. Ainsi, du point de vue de la QoS, nous avons travaillé conjointement avec les fournisseurs dès les premières étapes du développement de la 4G, de la 3G et de la 5G également, y compris le développement des chipsets, pour offrir un service de haute qualité avec un réseau mobile.

Nous espérons tirer parti de ce type de connaissances et d'expérience pour cet effort mondial et, oui, espérons dans le futur contribuer aux EVA, ainsi qu'à fournir une couverture plus large en coopérant avec d'autres fournisseurs de services, et de la redondance également, et peut-être un débit plus élevé grâce à l'agrégation de porteuses, et un PNT plus précis. Il serait préférable d'avoir non seulement une station de base, mais plus de deux également.

D'accord, c'est tout pour ma présentation. Je vais maintenant rendre la parole à Alberto et répondre à quelques questions.

Dr. Alberto Montilla - IPNSIG: Merci pour la présentation. Je vois des questions arriver. Laissez-moi commencer par une.

KDDI a une histoire extraordinaire, allant des communications par satellite aux réseaux mobiles, en passant par la 3G, 4G, 5G et maintenant avec leur vision 2030, visant à

continuer cette expansion, jusqu'à la Lune. KDDI étant un fournisseur de services, y a-t-il des enseignements initiaux sur le plan opérationnel ? Par exemple, j'ai été impressionné par la vidéo sur le partenariat avec GITAI parce que, par exemple, lors de mon premier emploi, je devais grimper sur les tours, avec le technicien, pour déplacer les antennes de haut en bas, les incliner, etc.

Je vois les avantages opérationnels, oui, vous êtes sur la surface lunaire, mieux vaut que ce matériel s'installe tout seul. Alors, y a-t-il des enseignements opérationnels initiaux tirés de vos premiers prototypes, ou simplement de l'héritage de KDDI ?

Shuichi Ichimura - KDDI Corporation: Merci pour cette excellente question. Donc, oui, il y a quelques leçons tirées de cette démonstration et d'autres études également. Le principal sujet auquel nous avons réfléchi est comment faire fonctionner conjointement la station de base, l'orbiteur lunaire, ainsi que les différents éléments de communication directe entre la Lune et la Terre.

Mais, quand on parle spécifiquement de cette démonstration, cela dépend vraiment de la surface lunaire. C'est comme une tour de cinq mètres, donc ce n'est pas si difficile. En fait, il y a eu quelques problèmes pendant cette démonstration aussi, mais si vous deviez la construire plus haute, ou une tour plus grande, elle devra avoir une base stable sur la surface lunaire.

Pour établir ce type de station de base plus haute, nous devons savoir comment réagit le régolithe, et comment est le régolithe, s'il est mou ou non, ou si vous avez une surface dure, à quel point elle est stable, et quels seront les angles horizontal et vertical, donc comment détecter l'angle de la pente, et comment établir une tour verticale, ce genre de technologie et d'opération sera nécessaire. Cela doit être fait de manière autonome.

Donc, ce genre de problèmes que nous avons essayé de résoudre.

Dr. Alberto Montilla - IPNSIG: Génial. Merci beaucoup. Alors, laissez-moi passer à la première question du public.

C'est une question d'Eric Klein. Lorsque les gens parlent de la 5G sur la Lune, étant donné les délais de déploiement, 2030 et au-delà, est-il prévu de déployer le dernier service 3GPP, disons 5G ou 7G ou, quel que soit le service à ce moment-là ? Ou est-ce que la 5G est spécifiquement le seul candidat pour le déploiement ?

Shuichi Ichimura - KDDI Corporation: Je pense que c'est une très bonne question, et cela dépend vraiment du timing. Actuellement, la 5G a été développée et a commencé à être déployée il y a quelques années dans le monde entier. Notre hypothèse est de commencer à fournir ces communications mobiles 3GPP sur la Lune au début des années 2030.

Donc, si nous pensons à la génération du 3GPP, la technologie ou les composants 4G pourraient ne plus exister, ou ne plus être les composants principaux, sur Terre à ce moment-là. Peut-être le 6G. La phase initiale, ou la fourniture de services, commencera au début des années 2030. Lorsque nous examinons les normes 3GPP, les communications ou la coordination, il y a encore beaucoup de discussions en cours concernant l'élément 5G également.

Donc, encore une fois, si nous pensons que le début des années 2030 est le moment pour commencer ce type de service, la 5G sera le meilleur choix du point de vue du développement générationnel. Espérons qu'en 2030, il y aura plus de développement de normes mondiales, plus de leçons apprises, intégrées, et technologiquement parlant, nous aurons besoin de technologies à haute fiabilité, y compris les composants, ainsi que le sous-système. Donc oui, en termes de maturation, je suppose que c'est pourquoi nous parlons de la 5G.

Dr. Alberto Montilla - IPNSIG: Génial, merci pour cela. Et si je peux ajouter, considérez aussi que, selon les plans de la NASA, l'un des objectifs est de remplacer l'architecture de communication utilisateur existante, qui a des décennies, et d'utiliser des communications UHF basiques en mode push-to-talk à cet effet.

Donc, même la 4G représente un grand saut par rapport à la communication actuelle prévue pour les EVA.

Je pense qu'il y a une certaine urgence à examiner et tester la technologie. Par exemple, la démonstration de Nokia est basée sur la 4G, sur LTE, et elle pourrait être viable en tant que technologie pour remplacer la communication utilisateur existante basée sur UHF. Donc, comme vous l'avez dit, le temps dira probablement tout.

Quoi qu'il en soit, passons à la question suivante. KDDI a-t-il envisagé un protocole de regroupement, c'est-à-dire une architecture de réseau tolérante aux retards et aux interruptions (DTN), pour répondre à certains des besoins en matière de routage des protocoles d'application et de connectivité que vous avez mentionnés à la fin ?

Shuichi Ichimura - KDDI Corporation: Merci pour cette autre excellente question. Nous discutons avec JAXA depuis l'année dernière, ainsi qu'avec les spécialistes du DTN chez JAXA. Donc, la réponse est oui. Nous ne sommes pas encore profondément engagés, mais nous parlons du réseau entre la Terre et la Lune, y compris les orbiteurs lunaires et les satellites en orbite terrestre.

Nous devons réfléchir aux différents protocoles qui ont été utilisés et à la manière d'orchestrer ces différents protocoles. DTN est, bien sûr, l'une des options, ou même la principale à ce stade. Donc, oui, la réponse courte est oui, mais nous venons juste de commencer ce genre de discussion.

Dr. Alberto Montilla - IPNSIG: Génial. Merci. Il y a beaucoup d'enthousiastes du DTN dans notre communauté, mais comme vous l'avez dit, l'élément le plus important est de s'assurer que nous pouvons nous connecter à la Lune.

Prochaine question. Voyez-vous un problème spécifique au 5G, lié à l'environnement lunaire ?

Shuichi Ichimura - KDDI Corporation: Oui, c'est une excellente question.

Eh bien, je suppose qu'il y a de nombreux problèmes que nous devons résoudre à ce stade. Personne n'a testé ou développé une infrastructure 5G sur la Lune. Donc, nous devons également, bien sûr, réfléchir à la manière d'appliquer le matériel, le rendre plus léger et moins gourmand en énergie, et comment gérer les radiations, ce genre de problèmes matériels également.

Bien sûr, l'un des problèmes ou des sujets dont nous avons discuté en interne est de savoir quelles normes 3GPP nous appliquerons pour cette opération lunaire. Il y en a beaucoup, je veux dire, des milliers, voire des dizaines de milliers de types de normes, je suppose, et si nous essayons simplement d'incorporer toutes les normes dans le système, ce sera facile pour nous, car nous devons juste réfléchir à la capacité du système à gérer physiquement l'environnement lunaire.

Mais, si vous voulez rendre le système plus petit, et aussi si vous voulez ajouter un certain type de norme ou de fonctionnalité spécifique, alors il y a une autre discussion sur la manière de minimiser les normes que nous devons vraiment choisir, pour simplifier le système et améliorer sa fiabilité. Mais, d'un autre côté, si nous personnalisons la norme 3GPP qui a été intégrée dans le système.

Nous devons également passer par le test de vérification, car le système 5G actuel sur la Lune a été optimisé et testé, et de nombreuses leçons ont été intégrées dans la norme telle quelle. Donc, oui, ce genre de problèmes devient plus lié aux logiciels, et cela devient plus compliqué quand on parle de 5G, donc, oui, il y a beaucoup de types de problèmes à considérer.

Dr. Alberto Montilla - IPNSIG: En effet, et comme vous l'avez dit, nous en apprendrons davantage à mesure que les tests, les simulations et les premiers déploiements se multiplieront.

Alors, passons à la question suivante, qui se tourne davantage vers l'avenir. Voyez-vous une constellation de satellites à l'avenir, de sorte qu'il y aura une couverture complète directe vers les téléphones portables sur la Lune ?

Comme, avec une tendance similaire à Starlink ici sur Terre ?

Shuichi Ichimura - KDDI Corporation: Oui, ce serait un cas idéal. Eh bien, du point de vue du service, oui, nous en avons parlé, et c'est vraiment une question d'équilibre coût-efficacité.

Et aussi, nous devons penser à la distance entre la surface lunaire et le satellite, si nous voulons entretenir le satellite, ou si nous voulons minimiser la quantité de carburant nécessaire pour contrôler son orbite. Il existe une bonne orbite stable autour de la Lune, et cette orbite sera à 7 000 kilomètres de la surface lunaire.

Donc, de ce point de vue, il pourrait ne pas être judicieux d'envoyer du streaming vidéo entre la surface lunaire et l'orbiteur lunaire. Peut-être juste du texte, ou des appels d'urgence, ce genre de choses pourrait fonctionner. Mais, nous réfléchissons aussi à l'altitude, où placer l'orbite, et comment la rendre durable d'un point de vue commercial également.

Dr. Alberto Montilla - IPNSIG: Et oui, je pense que vous faisiez également allusion au fait qu'en fin de compte, c'est l'application qui décide si c'est faisable ou non. La NASA envisage initialement, ou progresse pour faire du 3GPP principalement pour les EVA, et l'un des principaux utilisateurs est la communication avec les astronautes.

Et, ils veulent faire des médias en 4K. Cela va être très difficile à réaliser en direct vers le mobile simplement à cause du débit requis. Donc, une infrastructure de communication sur la surface lunaire pourrait être nécessaire pour ces cas d'utilisation. Ensuite, d'autres cas d'utilisation, comme vous l'avez dit, l'IoT ou des applications similaires, pourraient être plus adaptés au direct vers le mobile.

Génial.

Donc, c'est une question différente. Celle-ci vient de Max Medina, c'est plus une question d'architecture ou de construction. La question concerne la conception de la tour. Doit-elle être verticale ? Et la question principale est liée au fait que le signal sera reçu dans différentes directions, selon la position de la Lune.

Donc, il a proposé quelques idées à ce sujet et nous serons heureux de les partager plus tard. Max, n'hésitez pas à contacter l'Académie IPNSIG. Nous pouvons établir une connexion.

Shuichi Ichimura - KDDI Corporation: Oui, merci beaucoup. C'est une question très intéressante. La raison pour laquelle nous recherchons ce type de tour verticale est que nous voulons nous élever le plus haut possible pour capter la lumière du soleil et également émettre le signal RF le plus loin possible.

Donc, nous venons de commencer. Ce sont les hypothèses auxquelles nous avons commencé à réfléchir lorsque nous avons établi la tour, mais s'il y a d'autres sujets

auxquels nous devons penser, des problèmes, et aussi s'il y a d'autres idées, nous serons plus qu'heureux d'en discuter. Merci beaucoup.

Dr. Alberto Montilla - IPNSIG: Prochaine question, celle-ci vient de Scott Johnson. Lorsque vous prenez des décisions techniques sur l'architecture, vous concentrez-vous uniquement sur la connectivité Terre-Lune ? Ou pensez-vous que votre architecture pourra s'étendre à des latences plus élevées ? J'imagine qu'il parle d'autres corps planétaires comme Mars, par exemple.

Shuichi Ichimura - KDDI Corporation: Oui, une question très intéressante. Merci beaucoup, Scott. Jusqu'à présent, nous nous sommes concentrés uniquement sur la communication entre la Lune et la Terre. Nous n'avons jamais envisagé d'étendre cela, ou de commencer par les communications entre Mars et la Terre, puis, comme étape intermédiaire, la Lune. Nous n'y avons jamais pensé.

Dr. Alberto Montilla - IPNSIG: D'accord, c'est super. Dernière question. Quelles sont les exigences ou considérations pour des communications standardisées concernant les cas d'utilisation de sécurité vitale comme le 911, le 999, sur la Lune ?

Shuichi Ichimura - KDDI Corporation: Oui, c'est un excellent sujet, et je n'ai pas la réponse pour le moment. Ce genre de sujet doit être discuté au sein de la communauté LunarNet, ou internationalement avec la NASA, l'ESA et la JAXA.

Je sais qu'il y aura des fonctionnalités de recherche et de sauvetage qui seront intégrées ou nécessaires dans l'infrastructure de LunarNet, et je suppose que, lorsque nous parlons avec les astronautes, ils disent qu'ils n'ont pas besoin d'une technologie de communication sophistiquée ou compliquée, ce qu'ils veulent, c'est une méthode de communication très fiable, afin de pouvoir communiquer en cas d'urgence, ce genre de choses. Donc, il y aura une exigence. Je suis sûr qu'il y en aura une, mais je ne sais pas comment.

Nous devons réfléchir à ce que nous avons fait dans l'industrie spatiale, et peut-être faire appel à des spécialistes au sol, des spécialistes des réseaux mobiles terrestres, pour déterminer quelle technologie sera la plus fiable.

Mais, nous l'utilisons également pour les SATCOMs satellites sur Terre pour ce type d'appel d'urgence. Donc, je suppose qu'il y a plusieurs options à discuter.

Dr. Alberto Montilla - IPNSIG: Oui, en effet, comme vous l'avez dit, LunaNet a spécifié ou est en train de spécifier LunaSAR, qui est un service de recherche et de sauvetage, un signal de détresse de base, et d'après leurs réponses, je pense que la bonne nouvelle ici est que les systèmes 3GPP prennent déjà en charge, comme vous l'avez dit, les services d'urgence et, c'est un canal à faible latence et un mécanisme pour connecter les appels d'urgence. Donc, je pense que ces deux éléments pourraient finir

par fournir des services d'urgence, mais il y a encore des spécifications en cours car LunaSAR est pour l'instant une idée ou un objectif, mais n'est pas encore entièrement spécifié. La NASA y travaille avec différents partenaires. Dès que cela sera spécifié, il sera peut-être plus facile de voir comment cela se traduira en primitives 3GPP.

Génial.

Alors, avec cela, devrions-nous conclure les questions et la présentation ?

Au nom de l'IPNSIG, je tiens à vous remercier chaleureusement de nous avoir permis d'écouter et de découvrir les grands progrès réalisés par KDDI, contribuant à la création de l'Internet du Système Solaire. C'est de cela qu'il s'agit. C'est ce qui nous passionne en tant que membres de l'IPNSIG. Alors, merci beaucoup.

Sur ce, clôturons la session académique avec quelques rappels. Le premier est que cette conférence et les précédentes sont disponibles sur le site web d'IPNSIG. Rendez-vous sur ipnsig.org/events. Et, si vous avez des questions ou des commentaires, n'hésitez pas à nous contacter par email.

Le travail de l'IPNSIG est bénévole. Nous avons cependant des frais administratifs, donc nous vous suggérons gentiment de faire un don, que ce soit 2 \$, 5 \$, 100 \$, 1 000 \$, c'est à vous de décider, mais veuillez contribuer à notre mission d'étendre le réseau et de rendre l'Internet du Système Solaire accessible à tous.

Nous sommes actuellement plus de 1000 membres. Nous voulons continuer à croître. Nous voulons continuer à être une organisation mondiale. Donc, pour ceux d'entre vous qui assistent et qui ne sont pas membres de l'IPNSIG, rejoignez-nous, s'il vous plaît. Vous pouvez envoyer un message à membership@ipnsig.org, ou vous pouvez aller sur la page de l'ISOC et vous abonner au chapitre interplanétaire à partir de là.

Sur ce, je tiens à vous remercier encore une fois. Merci, Shu, et merci à tous les participants et les organisateurs. Nous serons redirigés vers un court sondage. Merci beaucoup et passez une bonne journée.

Shuichi Ichimura - KDDI Corporation: Merci à tous.