

LABSAT IoT FUNDETEC

Descripción

El Proyecto consta de 2 fases, cada una con sus propios objetivos específicos, siendo además la primera fase necesaria para alcanzar los objetivos de la segunda fase.

Primera Fase

Conformación de un Laboratorio satelital para la desarrollo y experimentación de estas tecnologías , a ser utilizadas por la comunidad universitaria y emprendedora en tecnología.

Consiste en el desarrollo, producción y puesta en órbita de una pequeña constelación de no menos de tres satélites mas una estación terrena.

Esta etapa conforma un objetivo en si misma, ya que genera un gran estímulo para las comunidades de investigación y académicas de nuestras universidades, habilitando proyectos de aplicación de última tecnología de telecomunicaciones, electrónica, computación y espacial. Nuestro satélite permitirá la inserción de ensayos en modulación, sincronización, formación de haces (beamforming), procesamiento del ruido, compensación de doppler, multiplexación espacial, protocolos de comunicación satelital, integración de redes satelitales y celulares, y control de actitud, experiencias destinadas a equipos de investigación y desarrollo de todas las universidades argentinas y de emprendedores en servicios de telecomunicaciones y desarrollo de tecnologías electrónicas, de telecomunicaciones y espacial.

Segunda Fase

Conformación de una constelación satelital de servicios IoT

Las características distintivas de los servicios de este proyecto son:

- **Servicio de acceso IoT satelital en zonas no urbanas y de difícil acceso**
- **Integración con las redes celulares 4G/5G terrestres**
- **Acceso satelital directo desde dispositivos de bajo costo y baja potencia, en forma masiva.**

Debido a que los estándares y tecnologías para lograr estas características están todavía en pleno proceso de definición en el 3GPP (agrupación de organizaciones de estandarización de tecnologías de comunicaciones, que emite los estándares de telefonía celular), la primera fase se convierte en una etapa indispensable para el aprendizaje, el desarrollo, los ensayos, y la maduración tecnológica necesarias para la implementación de la segunda fase, a la vez que requieren una plataforma flexible que pueda adaptarse a las futura evolución de los estándares y de la tecnología.

Si bien la inversión necesaria para esta segunda fase no se incluye en esta presentación, ya estamos trabajando en los ensayos de integración de la tecnología satelital y las redes 4G/5G de una de las operadoras de servicio celular. Además, esta segunda fase es una guía para la especificaciones de los sistemas y subsistemas satelitales de la primera fase, que deben proveer de la flexibilidad necesaria para desarrollar y probar toda la tecnología necesaria de la segunda fase.

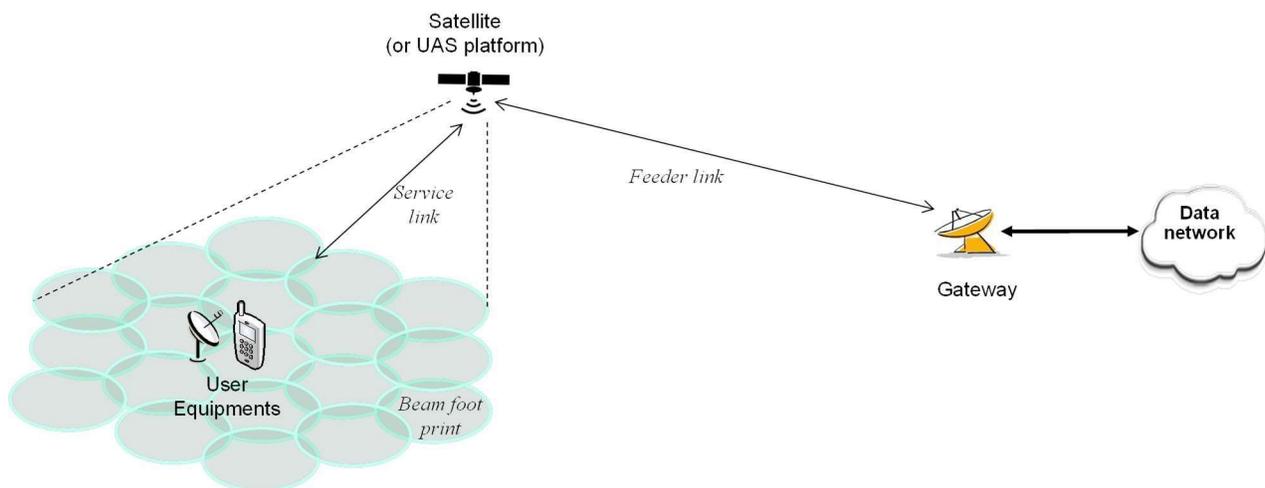
Especificaciones

Las especificaciones se desarrollan a partir de las necesidades de la misión. El sub-sistema más importante es el “mission payload” (misión de carga útil) que implementa el laboratorio de tecnologías de comunicación, en particular para servicios a dispositivos IoT de baja potencia: sensores, actuadores, y dispositivos de instrumentación de procesos industriales o agrícolas, pequeños dispositivos de medición y monitoreo, o seguimiento logístico continental, aéreo o naval. Una vez especificado el sub-sistema de “mission payload”, el resto de los subsistemas se especifican para lograr su correcto funcionamiento.

En las secciones siguientes se incluye el costo estimado para dispositivos y componentes necesarios para cada subsistema.

Mission Payload 1: Servicios de comunicaciones NB-IoT y eMTC (LTE-M) integrables con la red 4G y 5G celular

El sistema se basa en el reciente (mayo 2021) reporte técnico 3GPP 38.821 v16 del Group Radio Access Network: “Solutions for NR to support non-terrestrial networks (NTN)” en el que se proponen las adaptaciones necesarias para el nuevo sistema de radio celular para 4G y 5G. En particular apuntamos al escenario C1: “LEO based non-terrestrial access network: steerable beams”. El escenario también se describe en el reporte técnico (mayo 2021) “Study on Narrow-Band Internet of Things (NB-IoT) / enhanced Machine Type Communication (eMTC) support for Non-Terrestrial Networks (NTN) (Release 17)”, del mismo grupo de trabajo de 3GPP.

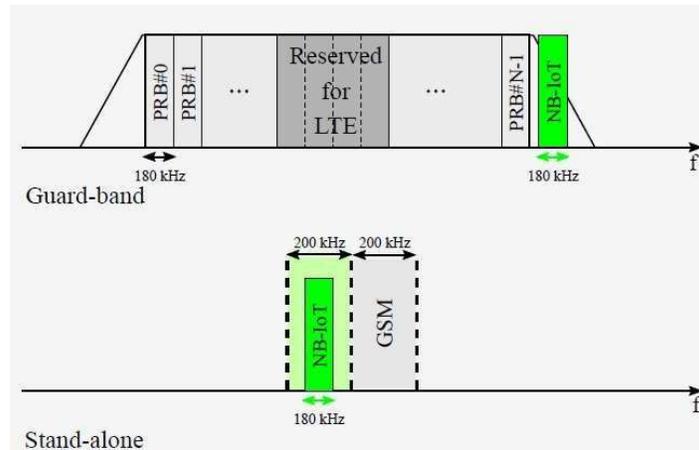


Field of view of the satellite (or UAS platform)

En particular utilizaremos la arquitectura de Payload Transparente en banda S, más específicamente en la banda 4 de LTE también llamada Advanced Wireless Services (AWS): Service Link Uplink 1710-1755MHz, Service Link Downlink 2110-2155MHz. Para el Feeder Link se usarán otras frecuencias dentro de la misma banda 4.

Para Narrowband IoT (NB-IoT) se utilizará un ancho de banda de 180KHz, equivalente a 1 Physical Resource Block (PRB), para cada uno de los siguientes: uplink service link, downlink service link, uplink

feeder link, downlink feeder link. Estos se utilizarán en modo stand-alone o en las bandas de guarda dependiendo de la planificación de canales de la licenciataria de servicio celular:

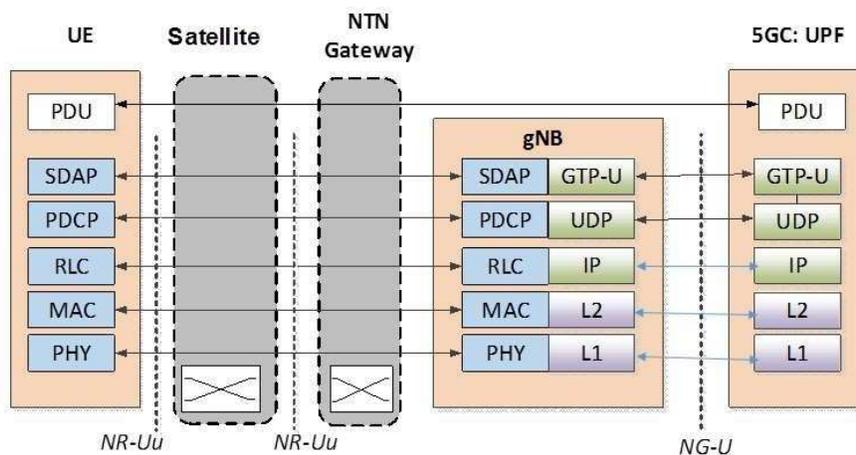


Para el downlink del “service link” NB-IoT se usarán todos los 180KHz, y para el uplink se podrán usar también alocaiones más pequeñas: 12*15 kHz, 6*15 kHz, 3*15 kHz, 1*15 kHz, 1*3.75 kHz.

Para Enhanced Machine Type Communications (eMTC, subset de LTE-M) se usará un ancho de banda de hasta 1080MHz, equivalentes a 6 PRB’s de 180KHz. Para el downlink del “service link” se usarán todos los 1080KHz, y para el uplink se podrán usar también alocaiones más pequeñas: 2*180 kHz, 1*180 kHz, 2*15 kHz, 3*15 kHz, 6*15 kHz.

El corrimiento Doppler máximo será de ± 24 ppm, es decir 43 KHz en 1.7GHz y de ± 54 KHz en ± 2.1 KHz debido a la altura (600Km) y velocidad del satélite (7500m/s).

Tanto la función del satélite como la del NTN Gateway será la de trasladar la frecuencia y compensar el doppler, de manera que el User Equipment (UE) pueda trabajar en la misma frecuencia que cuando está operando contra una celda eNodeB (4G) o gNodeB (5G) en tierra. El satélite y el NTN Gateway no demodularán la señal del UE ni del gNodeB. En futuras versiones del servicio se podrá migrar el gNodeB al satélite e implementar una funcionalidad regenerativa.



La separación entre el uplink del “service link” (del UE al satélite) y el downlink del “feeder link” (del NTN Gateway al satélite) será lo menor posible y estarán preferentemente en la misma banda de guarda

para disminuir la necesidad de canales y de filtrado en el mission payload del satélite, a la vez que mejorar el rango dinámico efectivo de la etapa digital.

El objetivo es llegar a dispositivos IoT User Equipment (UE) Power Class 3: 23 dBm transmisión power (0.2W), Noise Figure 7 dB, antena de 0 dBi (omni direccional) polarización lineal, temperatura de antena 290 K.

Para esto se utilizará una payload (carga útil) con una potencia de transmisión de 33dBm, con figura de ruido menor a 3 dB, antena patch multielemento de 11dBi con polarización circular, con un ancho de haz 3dB de 60° dirigible, multi-haz.

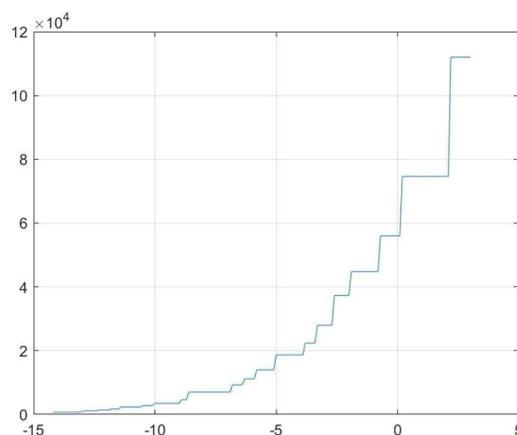
El presupuesto de señal ruido se calcula para las siguientes características: distancia 600km (90°) o 1075km a (30°), pérdida de propagación 154 dB (90°) o 159.1 dB (30°), pérdidas adicionales: centelleo 2.2dB, polarización 3dB, absorción atmosférica 0.1 dB, sesgo de apuntamiento entre 0-3 dB, sombra 3dB.

En base a esto obtenemos las siguientes relaciones señal ruido (SNR en dB) para utilización completa de los 180KHz

	c (m/s)	299792458											
	FSPL (dB)	Free space propagation path loss (FSPL)	freq (GHz)	freq (Hz)	long onda (cm)	long onda (m)	d (Km) overhead 90grad	d (mts) overhead 90grad	V (m/s)	df (+ Hz)	df (+ KHz)	25-155grad transit time (secs)	BW (KHz)
uplink 1.7, 90deg	152.6	4.28E+07	1.7	1.70E+09	17.6	0.1763	600	6.00E+05	7363	41751	42	400	180
uplink 1.7, 30deg	157.7	7.66E+07	1.7	1.70E+09	17.6	0.1763	1,075	1.08E+06	7363	41751	42	380	180
downlink 2.1, 90deg	154.5	5.28E+07	2.1	2.10E+09	14.3	0.1428	600	6.00E+05	7363	51574	52	400	180
downlink 2.1, 30deg	159.5	9.46E+07	2.1	2.10E+09	14.3	0.1428	1,075	1.08E+06	7363	51574	52	380	180

	User equipment				Satellite					Additional Losses					Minimum SNR (dB)	
	Noise Figure (dB)	Ambient RF noise floor (dBm/Hz)	Ambient RF noise floor (dBm)	Xmit Power (dBm)	Antenna gain (dBi)	Antenna Gain (dBi)	Xmit Power (dBm)	Noise Figure (dB)	Noise Power (dBm/Hz)	Noise Power (dBm)	Polarización (dB)	Centelleo (dB)	Absorción atmosf (dB)	Sesgo apunt (dB)		Sombra (dB)
uplink 1.7, 90deg				23	0	11		3	-174	-121	3	2.2	0.1	3	3	-8.5
uplink 1.7, 30deg				23	0	11		3	-174	-121	3	2.2	0.1	3	3	-13.5
downlink 2.1, 90deg	7	-168	-115		0	11	33				3	2.2	0.1	3	3	-6.4
downlink 2.1, 30deg	7	-168	-115		0	11	33				3	2.2	0.1	3	3	-11.4

Y en caso de usar un solo tono de 15KHz, mejoran 10.7dB. Para estas relaciones señal ruido, los bits rates esperados pueden obtenerse de la curva publicada en el reporte técnico de febrero 2021 del 3GPP R1-2100521.



El (software defined radio) SDR a utilizar para este payload de tener al menos 4 canales de transmisión y 4 canales de recepción, de manera de poder hacer ensayos de direccionamiento de haz (beam steering) en la primera fase. En la segunda fase esta cantidad de canales deberá aumentar para manejar antenas de más elementos y MIMO. Deberá tener un ancho de banda de al menos 25MHz y una tasa de muestreo de al menos 60Msps para poder adquirir al menos uno solo de los canales completo dentro de la banda de trabajo, para poder capturar las 2 bandas de guarda del canal en caso de que la licenciataria decida separar el “feeder downlink” del “service uplink” en vez de dejarlos en la misma banda de guarda o standalone (lo que sería el caso más favorable). El SDR debe tener capacidades de procesamiento en FPGA (field programmable gate array) y en microprocesador adecuados y será reconfigurado en órbita en múltiples ocasiones para poder ejecutar los ensayos de investigadores y alumnos avanzados de las universidades y de emprendimientos, para ensayos de beamforming, modulación, compensación de Doppler, procesamiento del ruido, sincronización, integración con 4G y 5G, multiplexación espacial, y otros.

Costo estimado de dispositivos y componentes para el SDR de mission payload 1 es de USD 30.000.

Front End RF para Mission 1

De acuerdo a las necesidades de la misión payload 1 descripta más arriba, su Front-end de RF debe trabajar por lo menos entre las frecuencias 1.65 y 2.5 GHz, tener una potencia de transmisión de 33dBm, una figura de ruido (NF) mejor o igual a 3dB, soportar un ancho de banda mínimo de 25MHz. Debe manejar los 4 canales de recepción y los 4 de transmisión del SDR.

Antena para Mission 1

La antena debe ser tipo patch multi-elemento de polarización circular, y montable sobre una cara del satélite de 20x10cm. Debe tener una ganancia de al menos 11 dBi en las bandas uplink 1710-1755MHz y de downlink 2110-2155MHz de la banda 4 (AWS), y tener al menos 4 entradas independientes (agrupando entre sus elementos) para ensayos de direccionamiento de haz, y multiplexación espacial.

La antena puede tener un ancho de haz diferente según el ángulo, en virtud de su forma rectangular. Debiendo cada sub haz conformado (con todos los elementos) tener en la dirección de avance un ancho máximo de 45 grados, y consecuente un ancho mayor en la dirección perpendicular.

Estación Terrena para Mission 1: Servicios de comunicaciones NB-IoT y eMTC integrables con la red 4G y 5G celular

Esta estación terrena debe implementar la función de Non-Terrestrial-Network (NTN) Gateway. Debe conectarse con un gNodeB o eNodeB de una licenciataria de servicio celular, a través de un jumper coaxial enchufado a uno de los Remote Radio Unit (RRU 4G) o Remote Radio Head (RRH 5G). Debe

manejar la atenuación de potencia necesaria tanto para ingresar la señal a uno de los canales del SDR de la estación, como para ingresar la señal al RRU o RRH. Debe filtrar todos los canales y PRB's que no vayan a ser utilizados en el servicio, realizar la traslación de frecuencias hacia/desde el feeder link, y establecer el vínculo con el satélite.

Deberá poder hacer tracking del satélite a partir de la configuración del TLE (Two Line Element set, NORAD, descripción estándar de la órbita), mantener una ganancia mayor a 25 dBi, una potencia de transmisión de 10W o mejor y una figura de ruido de 1 dB o mejor. Debe tener protección para rayos. Debe incorporar filtros de cavidad o similar para:

- Banda 4 AWS de 3GPP: 1710-1755MHz y 2110-2155MHz
- Banda S de CCSDS 2025-2110MHz y 2200-2290MHz

El requerimiento de manejo de la banda de CCSDS será como backup del servicio de estación terrena que pueda ofrecer CONAE que se menciona más abajo. En realidad, las estaciones terrenas para banda S ofrecidas en mercado ya incluyen en forma integrada la señalización CCSDS, el tracking y la antena, a lo cual nosotros le integraremos otro SDR y la adaptación del front-end de RF para manejar adicionalmente la función de feeder link para la misión 1 e interconexión con el gNodeB/eNodeB.

RF Front-End para misión 2: Servicios de comunicaciones IoT LoRa

Como se describirá en otra sección más abajo, la órbita más conveniente para cubrir el territorio de Argentina continental tiene una inclinación cercana a los 51°, pero las órbitas polares entre ellas la sincrónicas solares se ofrecen por mucho menor valor debido a la mayor oferta existente. Las órbitas polares nos permiten también dar servicio en el continente antártico incluyendo la Antártida Argentina que es un factor positivo para el proyecto.

Pero los servicios NB-IoT y eMTC de la misión 1, requieren que el satélite tenga visibilidad simultánea a los user equipments (UEs) y al NTN Gateway, lo que no será posible en la antártida. Alternativamente podría reemplazarse el requerimiento con inter-satellite-links (ISL), que no lo prevemos para la primera fase.

Por lo tanto es necesario para proveer servicio en la Antártida, una tecnología que permita servicio de mensajería asincrónica, en el cual los mensajes de los dispositivos IoT sean almacenados en memoria hasta que el satélite vuelva a transitar sobre una zona cubierta por nuestra estación u otros dispositivos compatibles para re-enviar el mensaje por tierra.

Por esta razón incorporamos un segundo front end RF para LoRa. La modulación y demodulación será manejada directamente en los integrados de Semtech y no en un SDR, pero se incorporará una etapa de transmisión con una potencia de 33dBm, y un LNA y filtro de frecuencia central y ancho de banda dinámicos que bajen la figura de ruido a 3 dB o mejor.

Deberá manejar un rango de frecuencias entre 862 y 1020MHz, para trabajar en la banda autorizada para América 902-928MHz – Bandas no Licenciadas, RRCC UIT Region 2. El transceiver que contenga los módems deberá ser igual o equivalente al Semtech SX1257.

Plataforma de procesamiento para mission 2:

El stack de LoRaWan y el broker MQTT será procesado en el satélite de la primera fase, en el Linux embebido del On-Board-Computer (ver detalle en sección específica más abajo) ya que no requerirá la cantidad de recursos asociados al volumen de mensajes que se pueden esperar en la segunda fase. Siendo la primera fase específica para ensayar las diferentes alternativas de procesamiento para ambas misiones, y por lo tanto de bajo volumen de mensajes. El stack implementará un Gateway LoRaWan y un LoRaWan Network Server, que pueda también manejar la asociación y validación de los dispositivos.

Antena para mission 2:

Deberá manejar un rango de frecuencias entre 862 y 1020MHz, con un pico de ganancia en la banda de LoRa para América 902-928MHz, tipo patch, y ocupar una superficie menor a 1U (10x10cm) y proveer una ganancia de 8dBi o mejor. Debe ser una antena de 1 único canal.

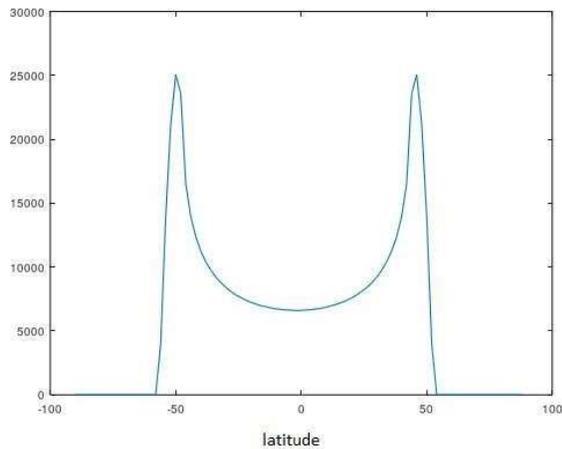
Mini-estación terrena para mission 2:

Se desarrollará un modelo de estación a partir de un Gateway/Network Server LoRa estándar con potencia de 30dBm y una antena patch de 5 dBi con orientación vertical, que se combinarán con un server MQTT. Podrán habilitarse múltiples estaciones de estas en varios lugares de la Argentina y del mundo, que serán administradas desde nuestro centro de control en tierra, al que suscribirán las organizaciones que deban acceder a sus dispositivos IoT, por Internet.

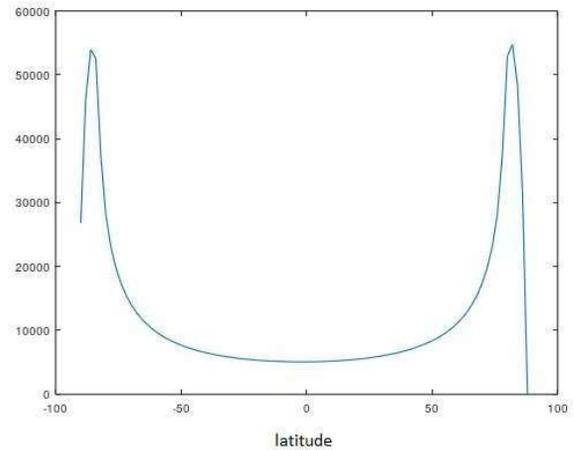
Lanzamiento y órbita

El satélite se instalará en una órbita baja, ya que permite la utilización de nano-satélites de bajo costo de construcción, sin control activo de posición orbital (como en el caso de los geostacionarios), sino solo con control activo de actitud (apuntamiento). La altura es una solución de compromiso entre el costo de puesta en órbita, tamaño de la pisada de las antenas, atenuación de propagación de RF, y latencia de la propagación de señal. La altura se corresponde con el escenario más accesible de los propuestos por el 3GPP en el reporte técnico 38.821 v16 del Group Radio Access Network: "Solutions for NR to support non-terrestrial networks (NTN)".

El criterio inicial para la selección de los parámetros orbitales una vez seleccionada la altura, es la maximización de los tiempos de cobertura de la zona de interés. En los siguientes gráficos se observan los tiempos de iluminación integrados para cada latitud para 2 órbitas circulares de 600Km de altura, para un diámetro de pisada de 1000km y para un intervalo de simulación de 20 días (simulación realizada con Octave)



Illumination footprint 1000km diameter
 inclination 50 deg
 20 days simulation
 600km attitude



Illumination footprint 1000km diameter
 inclination 85 deg
 20 days simulation
 600km attitude

Como se observa, las zonas de latitudes intermedias tienen tiempos de cobertura similares, pero al aproximarse a las latitudes extremas de la órbita, los tiempos de cobertura mejoran significativamente.

De aquí se ve que una órbita con inclinación de 50° Maximiza la cobertura sobre la región elegida.

Sin embargo, los costos de puesta en órbita con inclinación a 50°, son mucho mayores ya que hay mucha oferta de lanzamientos hacia órbitas polares, especialmente a las órbitas sincrónicas solares, lo que baja significativamente los costos y los tiempos de espera para fechas de lanzamiento.

Plataforma de servicio

On board computer (OBC)

La computadora de a bordo (OBC), debe comunicarse, monitorear y controlar todos los subsistemas del satélite. Entre las características más importantes, se encuentran su capacidad de recuperación de errores, su capacidad para estar siempre activa, y la resiliencia. El OBC estará a cargo del procesamiento

de la señalización para telemetría y telecomando (TTC), utilizando el estándar CCSDS para asegurar compatibilidad con la mayor cantidad posible de estaciones terrenas de TTC. La misma plataforma deOBC debe integrar el módulo de front-end de RF para CCSDS en la banda S (2025-2110MHz y 2200- 2290MHz), y como opción también ECSS PUS.

El OBC será programado para ejecutar las siguientes funciones:

- Transmitir al centro de comando en tierra a través de CCSDS y de una o varias estaciones terrenas, todos las variables de estado y operación de todos los subsistemas del satélite, y recibir las órdenes para actuar sobre ellos.
- Recibir a través de CCSDS los archivos para configurar todos los subsistemas, ya sea para ensayos o para operación normal.
- Procesar el Gateway/Server Lora y el broker MQTT
- Manejar la agenda de tareas, y las alarmas.

La computadora de a bordo deberá incluir un GPS/GMSS integrado, para facilitar el conocimiento de la posición orbital y por ende, la necesidad de apuntamiento del satélite, y las necesidades de pre compensación de Doppler.

Se integrará un OBC estándar de proveedor reconocido, que instrumente alguna distribución de Linux embebido.

Antena para Telemetría y Telecomando

Se incluirá una antena independiente para TTC, omnidireccional (0 dBi), que permita establecer vínculo con una estación terrena, aun cuando el satélite esté tumbando. Debe manejar las bandas 2025-2110MHz y 2200-2290MHz, establecidos para TTC en banda S. Debe permitir su despliegue una vez que el satélite salga del deployer. Opcionalmente podrá montarse sobre los paneles solares.

Sistema de alimentación eléctrica

Este sistema (Electrical power system EPS) debe ajustar la carga sobre los paneles solares para asegurar la maximización de la potencia extraída (max power tracking). Debe incluir limitadores por sobre carga y por sobre calentamiento a todos los subsistemas. Debe incluir 2 bancos de baterías y ser capaz de subsistir con un solo banco. La definición de las tensiones de alimentación a proveer, queda pendiente hasta la selección final de los componentes del resto de los subsistemas. Cada bancos de baterías debe almacenar un mínimo de 25Wh, como para poder en caso de falla del otro banco, activar todos los subsistemas en forma completa durante un cuarto de la órbita (23 minutos de un total de 95), lo que tardaría en transitar sobre América latina y la Antártida, y de mantener un consumo suficiente para mantener balance térmico adecuado durante el tránsito por la zona nocturna, que mantenga los subsistemas en rango de temperatura.

Paneles solares

Deben poder proveer un mínimo de 15W en 3U. Puede ser desplegable si es necesario para llegar a la potencia expresada, pero mantener compatibilidad con deployers estándar de CDS v14. Debe tener una tolerancia a radiación en órbitas bajas (al nivel de protección del campo magnético terrestre) de 4 años mínimo. Opcionalmente puede incluir el magnetorquer, y sensor de orientación solar.

Sistema de determinación y control de actitud

Este sistema (Attitude determination control system ADCS) incluye los **sensores** estelares y solares, giróscopo y magnetómetro, y los **actuadores** ruedas de inercia y magnetorques, y la electrónica necesaria para interactuar con estos dispositivos y para procesar los algoritmos de control. Los algoritmos de control serán desarrollados localmente y podrán ser actualizados en órbita como parte de los proyectos de desarrollo y ensayos de las universidades.

El ADCS deberá asegurar un error de apuntamiento menor a 1°, estabilización en 3 ejes, asegurar la desaturación de los volantes de inercia previa al comienzo de tránsito por las zonas geográficas de servicio, asegurar la orientación adecuada para el rendimiento de los paneles solares. El consumo total de este subsistema deberá ser menor que 2W. El procesamiento de los algoritmos de control podrá ser en microprocesador independiente dentro de la electrónica del ADCS, o alternativamente en el ADCS.

Estructura

La estructura del satélite debe ajustarse a las Cubesat Design Specification (CDS) versión 14 o más nuevas, emitidas por California Polytechnic State University (Cal Poly). Sus dimensiones serán equivalentes a 3 unidades: 30x10x10 cm. Y soportar un peso total del satélite de hasta 6 Kg como máximo. Debe asegurar compatibilidad con deployers CDS v14.

Segmento Terreno

Estación terrena de telemetría y telecomando

Esta función podrá implementarse como servicio prestado por terceros en forma total o parcial. Dependiendo de la necesidad de interacción con el satélite, se podrá asegurar la comunicación de telemetría y telecomando (TTC) durante el tránsito del satélite sobre diferentes regiones. Se acordará para esto con estaciones terrenas que soporten el estándar CCSDS (Consultative Committee for Space Data Systems) en la banda S: 2025-2110MHz y 2200-2290MHz.

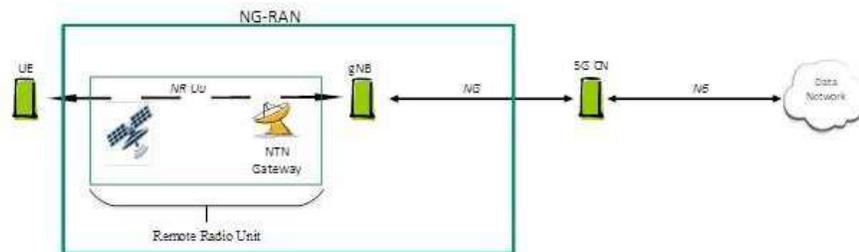
Por cuanto que el conjunto de equipamiento de base para la estación terrena para el NTN Gateway ya incluye capacidad de procesamiento de CCSDS, también participará en la conexión de TTC con el satélite. Aunque por la cercanía de bandas, es posible que nuestra estación terrena no pueda operar simultáneamente las funciones de TTC y las de NTN Gateway

Comando terrestre

La central de comando Terrestre se comunicará con el satélite, a través de la(s) estaciones terrenas, a las que accederá a través de Internet. Deberá asegurar las siguientes funciones: monitoreo de variables de estado del satélite y valores de medición de los sensores, uplink de archivos de configuración de los diferentes subsistemas, agenda de tareas, downlink de archivos de imágenes, comandos específicos para todos los subsistemas, acceso remoto via web a los paneles de control, reconfiguración de estaciones terrenas, ajuste de parámetros orbitales de tracking.

Ensayos de integración a redes celulares

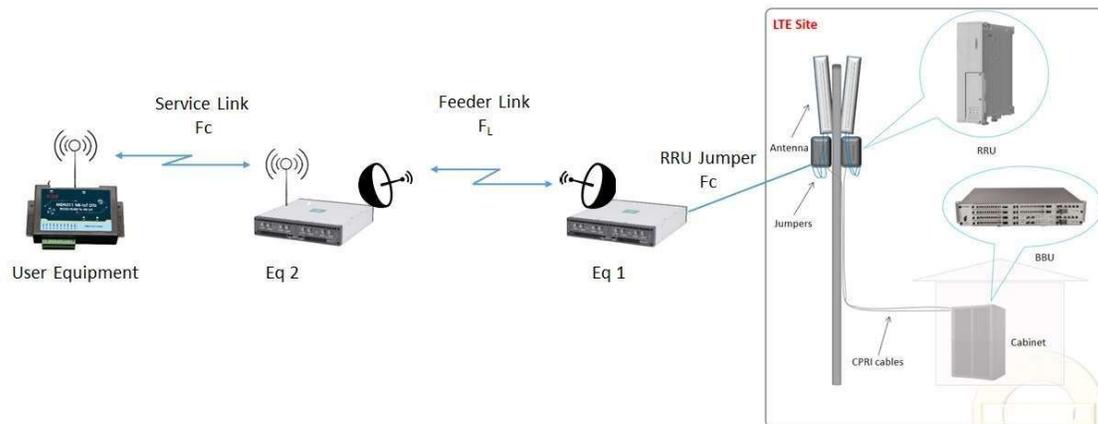
Se encuentran en marcha los ensayos conjuntos de integración con redes celulares, con la Empresa Telecom Personal de Argentina. La siguiente figura ilustra la arquitectura del ensayo:



Descripción de las pruebas a realizar

Se simulará en tierra el escenario de red NTN para Narrow Band-IoT utilizando la arquitectura de satélite transparente. Se utilizará un eNodeB provisto por Telecom que dialogará con un User Equipment (UE) NB-IoT.

Entre ambos dispositivos se insertarán dos equipos de radio desarrollados por la Universidad de Palermo. El primer equipo simulará la función del NTN Gateway y el segundo equipo simulará la función del satélite.



Se reemplaza de esta manera el enlace directo entre la radiobase LTE y el User Equipment por un sistema compuesto por tres vínculos:

- a) Vínculo entre el RRU del eNodeB y el Equipo 1.
El Equipo 1 se conectará al jumper en RF del RRU.
Se realizarán ensayos en la banda utilizada por Telecom para NB-IoT: Banda 28 (700 MHz).
Se utilizará también la banda 4 (2 GHz), ya que es un sector del espectro asignado para satélites de órbita baja (LEO) y la empresa cuenta con licencia para operar en ella.
El equipo de la UP realizará todas las adaptaciones de potencia necesarias para interactuar con la RRU.
- b) Enlace de RF entre los dos Equipos de la UP (Feeder link)
Se realizará trasladando las frecuencias de trabajo a una frecuencia cercana. El corrimiento de frecuencia a elegir será preferentemente menor a 20 MHz. El equipo retransmitirá por el feeder link únicamente el/los PRB's especificados por Telecom designados para el servicio NB-IoT, filtrando todo lo demás. Se introducirán retrasos equivalentes al de órbitas LEO para probar la continuidad del servicio en la presencia de latencias mayores.
- c) Enlace entre el segundo equipo y el User Equipment (service link)
El Equipo 2 recuperará las frecuencias de trabajo original, por lo que el User Equipment trabajará en condiciones similares a las de conexión directa a una radiobase LTE. En esta primera etapa no se simulará el efecto Doppler.

Acciones y resultados esperados

El esquema propuesto para el ensayo es una primera aproximación, con características similares a las que tendrá el sistema satelital definitivo. Permitirá realizar, entre otras, las siguientes pruebas y recopilación de información:

- Filtrado y conversión de la frecuencia de trabajo.
- Robustez del sistema frente a la conversión de frecuencias.
- Tolerancia del sistema a la introducción de retardos.
- Componer una base de know-how sobre NB-IoT para aplicar en las siguientes fases del proyecto.

Referencias

El ensayo se ajustará al escenario C1 (LEO based non-terrestrial access network: steerable beams) del documento 3GPP TR 38.821 v16.1.0 release 16