



DeltaMesh es un sistema que proporciona seguridad, control y apoyo a los primeros astronautas que se asienten en Marte. Está conformado por sensores conectados a una red con topología Mesh, encargada de monitorear al astronauta cuando éste se aleja de la base y de recolectar diversos datos acerca del ambiente.

En vista al gran desconocimiento sobre los efectos secundarios producidos por el ambiente, resulta crítica la recolección y el análisis de ciertos parámetros biológicos. Los mismos posibilitarán el asentamiento seguro y la expansión con una minimización de los riesgos existentes, garantizando el éxito de las misiones.

Diseñamos un sistema compuesto por diversos elementos, cada uno con una función propia pero que aporta al colectivo del sistema. Estos elementos son:

### **Red Mesh:**

El sistema se basará en un red de tipo Mesh, en la cual se utiliza el protocolo de transmisión LoRaWAN. El mismo posee una transmisión de datos de baja velocidad con largo alcance y bajo consumo de energía. Está pensado para funcionar como el *backbone* que soportará el resto de la red de sensores a instalar.

Una red de tipo Mesh permite la reconfiguración dinámica de la misma. Esto habilita a que, en caso de que falle alguno de los transceptores, la red continúe en pie con un downtime casi nulo. Esta flexibilidad resulta sumamente importante en condiciones tan adversas como las de Marte.

El centro de la operación será el hábitat en donde se encuentren viviendo los astronautas. Tendrá la infraestructura necesaria para soportar una red de este tipo y poder almacenar todos los datos recolectados para su posterior análisis. Esto incluye tres estaciones base a modo de puntos de acceso LoRa, con antenas de 150 grados de apertura. La potencia de las misma deberá ser cercana a los 35 dBm para garantizar una cobertura adecuada.

### **Estaciones Remotas:**

Contarán con un sistema de paneles solares plegables con una potencia pico de 16W, repartido en 4 secciones tal como se puede observar en la *imagen 1*.

Estos paneles podrán entregar cerca de 1W/día con las condiciones promedio en Marte. Los mismos contarán con un sistema de limpieza de polvo automática, basado en variaciones de campo eléctrico controladas. El mismo sistema se encuentra en desarrollo por un grupo de investigación apoyado por el Departamento de Energía de EEUU (ver Anexo 1).

Contará con un pack de baterías de tipo PLCB, siendo las mismas aptas para trabajar en temperatura de hasta  $-25^{\circ}\text{C}$  sin reducir su capacidad nominal. Para mantener la temperatura del interior de la estación dentro del rango de funcionamiento nominal se utilizará la energía excedente de los paneles solares para calefaccionar la caja estanca, en caso de que fuese necesario, implementando para ello un sistema de control de temperatura.



Esta caja especialmente diseñada se encuentra aislada térmicamente para mantener la temperatura interior constante. Además, está electromagnéticamente aislada del exterior, para garantizar la vida útil de la electrónica frente a los altos niveles de radiación existentes en el planeta.

Para hacer efectiva la comunicación con la red, cada estación estará equipada con un transceptor LoRa de 20dBm a 915MHz, encargado de gestionarla. Dicho módulo consume 400mW durante transmisión y 4.5mW durante recepción. Con un esquema de transmisión durante 10 segundos por cada minuto, obtenemos una potencia media de 75mW, aproximadamente.

Se utilizará una antena de 6 dBi isotrópica.

Adicionalmente, se medirán los siguientes parámetros del ambiente:

- Presión exterior
- Radiación Gamma y Beta
- Campo magnético
- Temperatura exterior
- Movimientos sísmicos

### **Estación móvil:**

Esta parte del sistema consiste en la detección de datos biológicos de la persona por medio de sensores. Está basado en un arnés, una pulsera (ver anexo 2) y un chip subcutáneo, que se encuentran en el interior del traje en contacto directo con el astronauta. Los mismos permiten implementar los sensores de manera que no interfieran con el desarrollo normal de las actividades de exploración. Estos accesorios implementan tecnologías ya existentes en la tierra, adaptándolas para darles uso en Marte.



Cada accesorio se encarga de recolectar información por medio de sensores específicos.

El arnés se encarga de:

- Medir el ritmo cardíaco
- Medir la hidratación de la piel
- Actuar en caso de ser necesaria una desfibrilación
- Medir la aceleración de movimiento en los tres ejes
- Medir la orientación en el espacio

La pulsera mide:

- Presión sanguínea
- Nivel de oxígeno en sangre
- Ritmo cardíaco

Para medir la temperatura corporal se incorpora un sensor subcutáneo, de 13mm de largo, buscando que sea lo menos invasivo posible. Es la solución ideal para que los datos tomados sean fiables, y su exactitud no dependa de factores externos.

Además el sistema obtiene datos sobre el traje en sí, pudiendo así detectar fallas, midiendo la presión, la temperatura interna y el flujo de los gases recirculando en el circuito cerrado de respiración.

El sistema de desfibrilación es controlado por un humano a cargo en el hábitat debidamente capacitado, que actúa en base a los datos recibidos, existiendo alarmas que se disparan en caso de que los parámetros se encuentren en valores fuera de los normales.

Todos estos accesorios reportan a un transmisor que se encuentra en el traje, basado nuevamente en la tecnología LoRaWAN, conectado a su vez a la red mesh. Los datos son enviados al hábitat a través de retransmisiones por las estaciones remotas.

Una gran ventaja de la red es que, colocando las distintas estaciones de manera que formen triángulos equiláteros, midiendo la potencia de recepción en las estaciones remotas, permite realizar una trilateralización de la posición del astronauta, pudiendo así obtener su posición aproximada.

Una desventaja que posee el sistema es su fiabilidad durante días de altos niveles de radiación solar o cósmica, ya que estas afectan a las comunicaciones por ondas electromagnéticas en el espacio libre. En estos casos, la solución planteada es utilizar fibra óptica para que los distintos hábitats sigan interconectados, utilizándola como backbone. Si se desea una posible solución que permita que las estaciones remotas sigan operativas, se

puede conectar la red completa con fibra óptica, sin embargo, la principal desventaja de esto son los costos y la viabilidad de aplicación. Se necesitarían kilómetros de fibra óptica para cubrir la extensión de la red, lo que a su vez la limita, por el costo de transporte.

Wilson fue ideado con el propósito de proporcionarle apoyo psicológico al astronauta, alertarlo ante posibles peligros y darle indicaciones cuando lo requiera. En primer lugar, Wilson es capaz de interpretar los datos recibidos de los sensores, concluyendo el estado de ánimo del individuo. En base a este análisis, reproduce una serie de mensajes de voz adaptados a las necesidades, que no solo brindan apoyo y compañía, sino también contención, necesarios en un ambiente nuevo e inhabitado como lo es Marte. Intenta recrear un entorno cotidiano con el que el astronauta pueda identificarse, logrando así mantener la estabilidad emocional del individuo para evitar problemas como la ansiedad, insomnio y depresión. Teniendo en cuenta que la misión a Marte proyectada es prolongada, sino perpetua, Wilson analiza la reacción psicológica de los astronautas ante la continua estadía en el planeta rojo.

Además, puede detectar emergencias y guiar al astronauta para que mantenga la calma y actúe en consecuencia, intentando reparar la falla si la hubiere. Esto proporciona también una ventaja psicológica, ya que genera en el mismo una sensación de protección, pues sabe que está monitoreado constantemente y será alertado y guiado en caso de emergencia.

### **Proyección a futuro:**

Una de las grandes ventajas del proyecto DeltaMesh radica en su proyección a futuro. Por un lado, el sistema Mesh que recibe la información de los sensores es escalable, es decir que será posible expandir la zona cubierta agregando las estaciones remotas necesarias y eventualmente más hábitat que puedan comunicarse entre sí, generando más cantidad de bases con su propia red de sensores interconectadas. En caso de querer sensor otras magnitudes, los sensores correspondientes pueden agregarse a las estaciones remotas, integrándolos así a la red.

Por otra parte, Wilson también tiene la posibilidad de incorporar más funciones, a medida que avance la tecnología o se haya obtenido la cantidad de datos necesaria para modelizar el comportamiento humano. Por ejemplo, en cuanto se hayan recolectado datos de una gran cantidad de personas en un período de tiempo considerable, estos podrán ser utilizados para crear reacciones más personalizadas según los distintos perfiles de personalidad, mejorando su desempeño en cuanto a su función de acompañante. Para esto



será necesario trabajar en equipos interdisciplinarios en los que se fusionen conocimientos de distintas áreas como psicología, sociología, medicina y programación.

Incluso, podría desarrollarse un tipo de aplicación que permita la comunicación entre Wilson y la Tierra, para que los astronautas puedan tener contacto con sus familiares y amigos, lo cual refuerza el objetivo de lograr la cotidianeidad en Marte que Wilson pretende lograr. Pudiendo también lograr interacción entre Wilson y el público general, por ejemplo, por medio de un bot de Twitter que comunique los resultados de las misiones y exploraciones, y que tenga la posibilidad de recibir y responder mensajes.

### **Referencias:**

Anexo 1:

<https://www.energy.gov/sites/prod/files/2016/04/f30/Prototype%20Development%20and%20Evaluation%20of%20Self-Cleaning%20Concentrated%20Solar%20Power%20Collectors%20Boston%20University%205794.pdf>

Anexo 2:

<http://blumio.com>