



Investigación, Desarrollo y Publicación de un prototipo de segmento terreno satelital

Pablo Soligo, German Merkel y Jorge Salvador Ierache

Grupo de Investigación y Desarrollo de Software Aeroespacial (GIDSA).

Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas (DIIT).

Universidad Nacional de La Matanza (UNLaM).

gidsa@unlam.edu.ar



1. Contexto

El presente trabajo se enmarca en el proyecto PROINCE C230 "Aprendizaje automático para el control del estado de salud en sistemas Aeroespaciales" del Grupo de Investigación y Desarrollo de Software Aeroespacial (GIDSA) del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas (DIIT) de la Universidad Nacional de La Matanza (UNLaM). Las experiencias realizadas en la Maestría en Desarrollos Informáticos de Aplicación Espacial (MDIAE) (UNLaM, Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE)), tanto de manera directa, operando unidades de software de segmento terreno de varias agencias, como mediante investigación general de las soluciones implementadas en el área, propiciaron la creación del GIDSA. El GIDSA (<https://gidsa.unlam.edu.ar>) está dedicado a investigar e implementar prototipos de software alternativos de bajo costo basados en las soluciones ampliamente aceptadas, de probada madurez y con penetración en la industria de software de propósito general.

2. Introducción

El alto costo asociado a las misiones espaciales y la baja propensión a tomar riesgos determina el enfoque en las soluciones implementadas en la industria espacial. El desarrollo de software está fuertemente orientado al cumplimiento de los requerimientos dificultando una estrategia más amplia y de visión de largo plazo.

El grupo de investigación GIDSA desarrolla un prototipo de segmento terreno alternativo, genérico, costo efectivo y basado completamente en COTS (Commercial Off-The-Shelf), minimizando no solo costo de desarrollo sino también el de mantenimiento. Las soluciones que el grupo GIDSA propone prescinden de software propietario o de propósito específico, haciendo a esta misma portable y costo efectiva.

3. Líneas de investigación y desarrollo

Las líneas de investigación en desarrollo exploran alternativas basadas exclusivamente en técnicas y herramientas de alta penetración en la industria del software, en particular, aquellas que puedan ser aplicadas en la industria espacial. Como líneas principales se encuentran:

- El uso de lenguajes de propósito general para la decodificación de telemetría y la generación de scripts de comandos.
- El uso de Bases de Datos Relacionales (RDBMS) y Mapeadores Objeto Relacional (ORM) para el almacenamiento, recuperación y análisis de datos.
- Tecnologías de comunicación basadas en protocolos de extendidos y de amplia aceptación.
- Técnicas de minería de datos y aprendizaje automático para la detección de fallos.

4. Resultados obtenidos y esperados

La figura 1 muestra la arquitectura conceptual del sistema y sus tres capas principales. Una capa inferior encargada de adaptar tecnologías dependientes de fabricantes o agencias, una capa de procesamiento independiente de la misión y una capa superior de visualización.

En la capa inferior el sistema presenta adaptadores que normalizan fuentes de datos heterogéneas. Los adaptadores consumen telemetría desde archivos de texto plano, archivos binarios, RDBMS y conexiones TCP/HTTP. Son dependientes de la fuente de datos y su función está centrada en normalizar la ingesta que es ingresada al UGS Back-end mediante un único punto http/https. Una vez ingresada la telemetría es procesada por una única unidad de software multimisión y almacenada en sus diferentes niveles de procesamiento en un RDBMS. La capa de visualización tiene como objetivo presentar los datos y permitir la administración y operación general del sistema. Para la capa de visualización se optó por usar el Open Source Mission Control Software (OpenMCT) y una interfaz administrativa propia de uso interno.

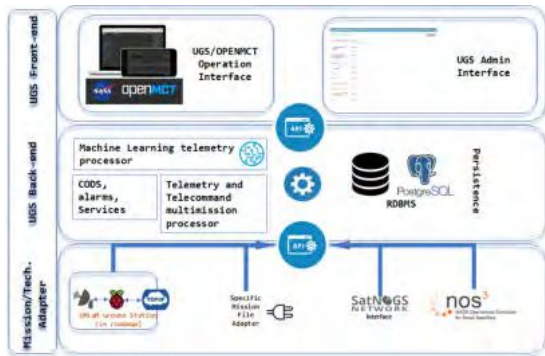


Figura 1: Arquitectura Conceptual

4.1 Visualización y Operación

Para la capa de visualización se optó por adaptar el NASA OpenMCT. Se descartaron las soluciones nativas que impliquen un desarrollo para cada plataforma por no ser costo efectivas. Se analizaron alternativas basadas en paneles de comandos, Ej Grafana (<https://grafana.com/>) soluciones pretendidamente genéricas que no satisfacen parte de los requerimientos de un segmento terreno. Las soluciones del tipo Single Page Application (SPA) se mostraron como una alternativa por portabilidad y accesibilidad. Con estas características el desarrollo de una herramienta propia basada en tecnologías SPA fue explorado, dedicando más de 120 horas de desarrollo y alcanzando pobres resultados. El estado actual del desarrollo SPA demostró ser comparativamente costoso en relación a los desarrollos nativos monoplataforma, máxime en equipos de desarrollo pequeños y poco especializados.

Finalmente la adaptación del del NASA OpenMCT permitió la visualización telemetría en distintas formas tales como gráficos apilados e incrustados, tablas y paneles. Se han requerido no menos de 100 horas de desarrollo para lograr una integración parcial, si bien el framework está bien documentado, carece de tutoriales útiles y ejemplos. Considerando las alternativas analizadas, OpenMCT se reveló como la mejor opción, orientado al uso de misiones espaciales, completo y adaptable. La figura 2 muestra un tablero demostración con telemetría del satélite BugSat1 (TITA) representada con mimicos, gráficos incrustados y paneles de alarmas.



Figura 2: Mimicos, alarmas y gráficos incrustados del satélite Bugsat 1(TITA) en UGS/OPENMCT

4.2 Recuperación y persistencia

El UNLaM Ground Segment (UGS) utiliza desde su primera versión un RDBMS con el objetivo de estandarizar el almacenamiento, recuperación, seguridad e integridad de los datos en cualquier nivel de procesamiento. Los datos son accedidos por medio de un ORM, el uso de ORMs y RDBMS, con modelos estrictamente normalizados puede establecer un límite en el rendimiento cuando se trabaja con grandes volúmenes de datos. Las tecnologías híbridas, montadas sobre motores relacionales, han sido testeadas en busca de mejores rendimientos tanto en el almacenamiento como en la recuperación para grandes volúmenes de datos. Los resultados publicados no han mostrado una clara ventaja en el uso de estas tecnologías.

4.3 Detección de fallos

El prototipo implementó inicialmente, para el control del estado de salud, una estrategia de control de límites, estrategia simple y ampliamente extendida en la industria espacial. El UGS actualmente propone el uso de la minería de datos y el aprendizaje automático como alternativa de bajo costo. El aprendizaje automático provee un largo rango de posibilidades para la predicción de comportamientos, y, por tanto, detección de fallos. En lugar de un experto infiriendo reglas y desarrollando modelos, el aprendizaje automático puede ofrecer una manera más eficiente de capturar conocimiento y aplicarlo. El equipo trabaja actualmente en la investigación y desarrollo de un nuevo módulo prototipo que permita al UGS correlacionar variables, predecir valores y detectar desvíos con el objetivo de anticipar fallos.

El prototipo presentado se encuentra público en <https://ugs.unlam.edu.ar>. La telemetría de los satélites BugSat1 (TITA) y CSIM-FD es regularmente actualizada y la misma puede ser explorada. El usuario puede también crear sus propios paneles de análisis.

5. Recursos humanos

Los prototipos desarrollados presentan una plataforma realista de experimentación. Le permite a investigadores y estudiantes probar soluciones de software, obtener límites, comparar alternativas y establecer criterios de decisión. La posibilidad de trabajar con datos de varias misiones espaciales desde pequeñas misiones universitarias hasta grandes misiones científicas permite responder a la premisa de desarrollar un sistema terreno transparente al satélite en órbita. Actualmente el grupo de investigación este compuesto por un investigador formado, un investigador en formación y un alumno investigador becario BIC (Beca de investigación científica UNLaM).

Agradecimientos

Se agradece al DIIT de la UNLaM por el soporte en las investigaciones. La telemetría actualmente visible en la versión pública del UGS es provista principalmente por la red Satellite Networked Open Group Station (SatNOGS).