



SISTEMA GENERAL DE VERIFICACIÓN SATELITAL ESGE-OCOE/MTP

Christian Antonio Ledezma Abache

e-mail: Cledezma@abae.gob.ve

RESUMEN: El Procesador de pruebas maestro (MTP) es el programa clave del sistema general de verificación (OCOE) el cual forma parte del sistema de equipos de soporte eléctrico en tierra (EGSE). Este sistema permite desarrollar eficientemente el proceso de verificación eléctrica sobre los satélites, valiéndose de secuencias de pruebas generadas en la consola de control. Está constituido por una arquitectura modular en donde cada módulo es auto-gobernado, es decir, se permite insertar o quitar módulos mediante el envío de comandos, además el sistema proporciona una interfaz de consulta de mensajes con el servidor de base de datos y con otras interfaces vinculantes, tales como: la consola de control de pruebas, la cual facilita la generación de las secuencias de verificación, los terminales de monitoreo para análisis de parámetros y TM, la aplicación de gestión de consulta de datos y la de gestión de juicio de datos.

PALABRAS CLAVE: Consola de control de prueba, equipo de soporte en tierra eléctrico, equipo de verificación general, procesador de prueba maestro.

1 INTRODUCCIÓN

Las pruebas de verificación y operación del programa de OCOE son el núcleo del EGSE, la estructura del sistema fue desarrollada para ser usada en los programas de ensamblaje, integración y pruebas (AIT) satelitales, en donde la operación y el monitoreo de parámetros de las pruebas se realizan según un grupo de procedimientos estructurados para asegurar la factibilidad y aceptación de la plataforma y la carga útil de un satélite (SC por sus siglas "spacecraft"). Hoy día, con el desarrollo tecnológico, los sistemas de equipos generales de verificación funcional y de compatibilidad pueden ser gestionados manualmente o automáticamente por medio de las consolas de control de pruebas (TCC) con ayuda del personal de verificación encargado de la ejecución de comandos (comandos directos o indirectos y secuencias de prueba) y monitoreados por medio de una interfaz gráfica (TGM) y de datos (DBQ). Con esta estructura, el sistema tiene un margen considerable de control y aceptación para el desarrollo de las pruebas de verificación sobre cada uno de los subsistemas a bordo del satélite (subsistemas y sistema).

El punto clave del sistema EGSE es el procesador de prueba maestro (Servidor MTP), el cual se utiliza como ordenador central para controlar las funciones y administrar los parámetros, niveles de operatividad y margen de aceptación de los equipos especiales de verificación (SCOE) de todos los subsistemas que brindan soporte eléctrico en tierra para los subsistemas

a bordo por medio de los terminales de verificación de Telemetría y Telecomandos (TMF/TCF).

En el sistema jerárquico, cada uno de los equipos especiales de verificación (SCOE) y la interfaz con el equipo general de verificación (OCOE) son independientes en el proceso de prueba del subsistema, en donde cada SCOE tiene funciones completas de auto-verificación para cada subsistema de tal manera que permitan desarrollar el proceso técnico de verificación de la estructura eléctrica y funcional del satélite. Como resultado de la combinación del SCOE y OCOE, el proceso de verificación se puede lograr con mayor control y de manera remota.

El OCOE envía todo tipo de comandos generados por la TCC por medio del MTP para el TCF para iniciar su programa de verificación, control, carga de datos y medición de parámetros a través del TMF y se envían a las distintas terminales de monitoreo (TGM) y de gestión de datos para su administración. Es decir, el SCOE envía los datos de medición, estado, respuesta de control y otros resultados medidos a OCOE para su almacenamiento, análisis y juicio de datos. Por su parte, OCOE recibe, procesa y controla la información del SCOE y envía el resultado del proceso, punto de referencia de tiempo y los datos relativos al SCOE correspondiente (EPS, TT&C, AOC, OBDAH, PAYLOAD, entre otros) al servidor de base de datos del sistema de verificación (DBS).

2 BASAMENTOS TEORICOS DE ESGE

El ESGE se compone de los equipos en tierra que permiten ejecutar las pruebas de verificación eléctrica de los subsistemas y el sistema en el satélite. Esta estructura ha experimentado una evolución continua en cuanto a los elementos y la forma en que se ejecutan las pruebas, los TC y en la forma en que se reciben y analizan los datos obtenidos (TM). En un principio, consistía en sistemas distribuidos, en el cual casi no existía interfaces eléctricas y la información se intercambiaba entre cada uno de los SCOE, implicando un proceso de verificación dependiente entre cada uno de ellos. Al finalizar el proceso, cada SCOE generaba sus resultados (resumen) y se unificaban manualmente [1].

El sistema centralizado por su parte, utiliza la interfaz estándar industrial "General-Purpose Instrumentation Bus – GPIB" y "Virtual Machine Environment – VME" para la instrumentación, por medio del cual se integran todos los equipos de pruebas en una caja conectada a través de un adaptador de interfaz con el satélite, donde el computador es utilizado para generar el procedimiento de prueba. Sin embargo, los satélites son cada vez más complejos, así como las pruebas del sistema satelital, esto implica que los programas y procedimientos de control son cada vez más

complicados, forzando el uso de los sistemas de verificación centralizados solo en pequeños satélites.

El sistema jerárquico es adoptado ampliamente como estructura moderna de EGSE y se caracteriza por poseer dos niveles de arquitectura: el nivel de campo y el nivel remoto (ver Fig. 1). El nivel de campo es conocido como SCOE, representa la interfaz directa con el satélite y es donde se ejecutan pruebas especiales solo a un subsistema (Ej. subsistema de suministro de energía eléctrica) o prueba del sistema (satélite integrado) con soporte del SCOE bajo el control remoto del sistema general de verificación. En cuanto a nivel remoto, denominado OCOE, representa la interfaz hombre-máquina (HMI) para el control de pruebas (procesamiento y ejecución) y el monitoreo de parámetros durante el proceso de verificación funcional del sistema integrado.

En el sistema jerárquico, el OCOE y el SCOE son conectados a través de una red de área local (LAN), conformando un sistema de redes distribuidas que permite utilizar las bondades de análisis y verificación para cualquier tipo de satélite y el beneficio especial de cada SCOE a nivel de unidad o subsistema durante el proceso de verificación de sistema satelitales.

3 HERRAMIENTAS DE VERIFICACIÓN DE SISTEMA

Son todos aquellos equipos que permiten verificar el sistema satelital y son diseñados acorde al tipo de sistema (tipo de satélite). Estos son denominados por Astrium como *Modelo Basado en Ambiente de Desarrollo y Verificación "MDVE"*, en donde el núcleo de la infraestructura del MDVE es el simulador del sistema, denominado simulador en tiempo real (STR). Además como subcomponente, está el simulador de computo a bordo (OBCS), el cual es igual a la computadora a bordo del satélite (OBDH), conjuntamente todo el sistema es controlado por una consola de control llamada núcleo de EGSE, el cual cumple la función de interfaz entre el

STR y los equipos integrados al satélite, por donde se transfieren todos los datos, esta interfaz es llamada equipo frontal modular genérico (GMFE). Además es responsable por el suministro de energía de los equipos integrados, el enrutamiento de la Telemetría y los Telecomandos entre los equipos integrados, OBDH y la consola de control [2].

3.1 NÚCLEO DE EGSE

La consola de control que posee el EGSE permite la habilitación y definición de comandos y códigos que deberán ser usados durante el proceso de verificación [3]. Este programa permite desarrollar un grupo de escenarios y pruebas para la compleja verificación de los sistemas satelitales [2]. Entre los que se listan los siguientes:

- Escenario de control de actitud a lazo cerrado.
- Prueba de control de órbita a lazo cerrado.
- Pruebas de los modelos de control de suministro de energía, ciclos de carga y descarga.
- Pruebas de verificación de control térmico.
- Pruebas de verificación de control de carga útil.

3.2 SISTEMA GENERAL DE VERIFICACIÓN SATELITAL

Los sistemas generales de verificación satelital (SGVS) se encargan de proveer las funciones de control de secuencias de prueba a través de la consola de control, el monitoreo de datos y resultados de pruebas que permitan analizar y visualizar todos los parámetros que se de los equipos a bordo del satélite (TM) como desde los equipos especiales de verificación (SCOE), además de proveer los registros de las pruebas realizadas en un servidor de almacenamiento de datos (telecomandos, paquetes de telemetría y parámetros provenientes de los SCOE) [2]. Entre los sistemas de verificación satelital más resaltantes pueden listarse los siguientes:

- SCOS 2000: Sistema de operaciones y control satelital. ESA y Roving [4].

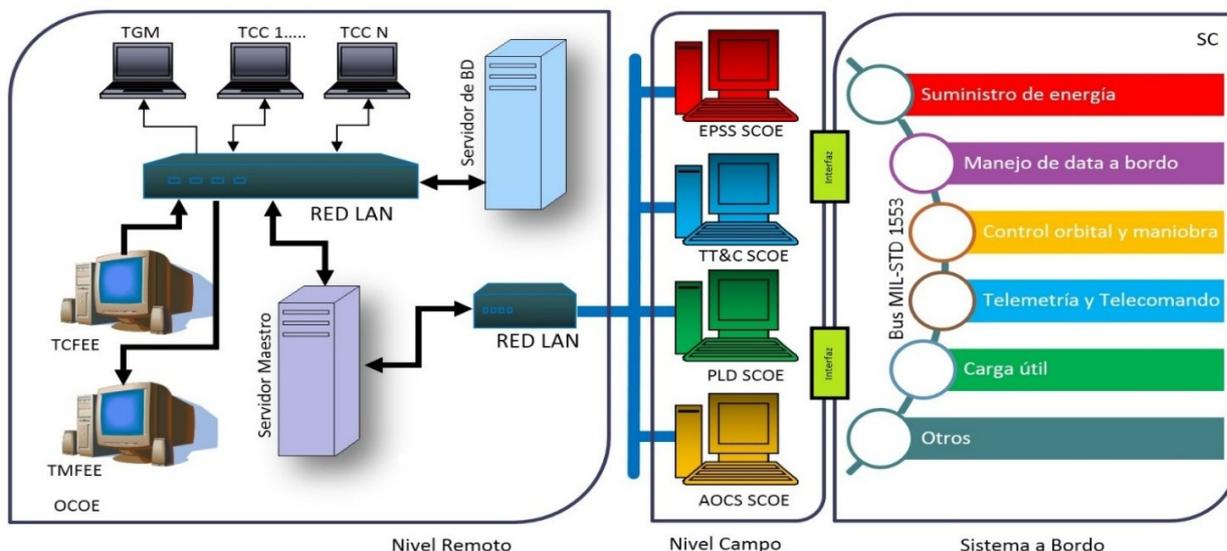


Figura 1. Sistema Jerárquico de EGSE – Nivel de Campo/Nivel Remoto.

- CCS/CGS: Sistema de verificación central. Astrium GmbH [5].
- OpenCenter: Consola de control. Astrium S.A.S.
- OCOE/MTP: Equipo general de verificación. CAST [1].
- OCOE-6: Thales Alenia Space - Francia [6].

Las actividades en el proceso de validación deben ser ejecutadas a diferentes niveles y en diferentes etapas, aplicando un profundo análisis, utilizando combinaciones y aplicando diferentes métodos [5]. Para un proceso de verificación deben cumplirse al menos los siguientes pasos:

- Identificar y clasificar todos los requerimientos a ser verificados.
- Seleccionar los criterios de verificación (métodos, nivel, etapas) en relación a los requerimientos identificados.
- Establecer la planificación para las actividades de verificación asociadas.
- Obtener la aprobación del cliente.
- Ejecutar y controlar las actividades de verificación.
- Finalizar el control de verificación y hacer constar que ha concluido.

Finalmente se realiza la revisión por parte del cliente y la aprobación final del producto.

4 ESTRUCTURA DEL SCOE

El SCOE es un sistema que simula parte esencial del satélite durante las actividades de ensamblaje, integración y pruebas [7], entre las que cabe mencionar:

- Pruebas de desempeño de un subsistema o unidad del satélite, por ejemplo: energía, simulación de estímulos o señales de comunicación.
- Soporte en actividades de integración o pruebas de integración por medio de la simulación (parcial o total) de las funciones del subsistema (simulador de paneles solares, simulador de baterías, simulador de pirotecnia).

Generalmente está constituido por un controlador, el cual representa la interfaz entre los equipos de simulación con el núcleo del EGSE (OCOE) y con varios equipos terminales de soporte al subsistema durante las actividades de integración y pruebas. Estas interfaces son de varios tipos y dependen directamente del tipo de SCOE [7], algunas de las más relevantes se listan a continuación:

- Energía: Suministro de energía, carga electrónica, dispositivos de protección.
- Comunicación: MIL-STD-1553 Bus, CAN bus, comunicación serial.

- Medición: Analogía, temperatura, adquisición de pulsos.
- Señales/Interfaces: IO digitales, relés, comandos de potencia.

Algunas de las actividades que se pueden realizar con soporte de los SCOE son las siguientes:

- Simular el consumo de energía en el satélite.
- Conmutar la carga eléctrica en el satélite y los dispositivos de protección.
- Simular los datos que se generan en la computadora a bordo del satélite.
- Simular la comunicación del satélite.
- Simular fallas.

Los SCOE están a nivel de campo y proveen las interfaces de prueba para cada uno de los subsistemas a bordo y pueden ser operados desde el OCOE por medio de instrucciones de control del computador de control local de cada subsistema (FEE). Cada equipo especial de verificación es único y propio de cada subsistema (ej. SCOE de EPS es para el subsistema de EPS del satélite), en consecuencia su tamaño, composición y funciones son acordes al satélite bajo prueba (ver Fig. 1). Algunos de los subsistemas con soporte eléctrico en tierra se listan a continuación:

- SCOE de suministro de energía eléctrica.
- SCOE de control de órbita y actitud.
- SCOE de Manejo de dato a bordo.
- SCOE de Rastreo, telemetría y comando.
- SCOE de Carga útil.
- SCOE de Control térmico.

4.1 SUBSISTEMA DE SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA SCOE

El SCOE de EPS simula la fuente de energía eléctrica del subsistema a bordo a través de la fuente de energía en tierra (SAS: *solar array simulator*) [8]. Además, de poseer una interfaz eléctrica con el satélite y otras con su terminal local EPS-FEE (recolección de parámetros eléctricos) y una interfaz LAN para la transferencia de datos a OCOE para su análisis.

El objetivo fundamental del SCOE de EPSS consiste, en primer lugar, demostrar la validez y compatibilidad para todo el subsistema EPS del satélite, en segundo lugar comprobar si el subsistema cumple los requerimientos de diseño en condiciones de suministro de energía para cada componente eléctrico a bordo, además de su adaptabilidad al ambiente espacial [9] y, en tercer lugar, verificar a cabalidad las interfaces cableadas y de comunicación entre satélite y el sistema general de verificación [5].

4.2 SCOE DEL SUBSISTEMA DE CONTROL DE ÓRBITA Y ACTITUD

El SCOE de AOCS consiste principalmente en una computadora de pruebas, que permite estimular los sensores del satélite y recoger la información de los

actuadores a bordo. Se clasifican básicamente en dos grupos: equipos de prueba general y equipos de pruebas especiales. Los generales son comunes para todos los satélites y los especiales son configurados según el satélite bajo prueba.

Como se dijo con anterioridad, los equipos especiales se configuran de acuerdo al satélite y éste se realiza con la finalidad de implementar el cómputo de la dinámica y órbita del satélite por medio del intercambio de datos entre la fuente del estímulo y los equipos de recolección de señales, es decir, se crean vectores espaciales (matemáticamente generados) y se envía la señal eléctrica al sensor o al sistema de control a bordo (sensores o computador) y se recolectan las señales provenientes de los actuadores o del cómputo del CPU del subsistema de AOCS a bordo para su análisis.

4.3 SCOE DE RASTREO, TELEMETRÍA Y COMANDO

El SCOE de TT&C es responsable de la verificación funcional del subsistema de TT&C y OBDH, además de establecer el enlace ascendente de TC y canales de enlace descendente de Telemetrías. Los Telecomandos contienen señales de control y son enviadas a través del enlace ascendente y recibido por el subsistema a bordo, para luego ser enviados al OBDH para su análisis y procesamiento. También se encarga de la recopilación paramétrica de los subsistemas y el empaquetamiento de los datos en la telemetría descendente. El equipo especial de verificación de TT&C está destinado a la verificación del sistema de comunicación del satélite con la estaciones terrenas (antenas y transpondedores). Sus funciones están enfocadas al control, estimulación, medición, modulación de datos para el satélite y demodulación de los datos provenientes del mismo.

5 ESTRUCTURA DE OCOE

En el Nivel Remoto se tiene el sistema general de verificación satelital, uno de ellos, el OCOE de CAST [1]), el cual es un equipo general que puede ser conectado a los SCOE a través de una red LAN o cables de fibra óptica. La distancia entre ambos niveles es ilimitada, lo cual permite situar los equipos especiales de verificación cercanos al satélite bajo prueba (SUT) mientras el OCOE se encuentra situado remotamente (ej. centro de control del sitio de lanzamiento).

5.1 FUNCIONES DE OCOE

- Preparar los procesos de pruebas.
- Organizar, programar y gestionar las aplicaciones de cada SCOE.
- Vincular la transferencia de datos ascendentes y descendentes entre el satélite y las consolas de control y monitoreo de parámetros.

- Procesar y monitorear los datos archivados o en repetición (modo de operatividad).
- Organizar de acuerdo con la estrategia de programación, las secuencias de pruebas.
- Recibir datos del satélite en formato de telemetría demodulada y datos SCOE en pro de procesar el código original de los datos.
- Mostrar y almacenar los Telecomandos enviados al satélite y datos de telemetría recibidos.
- Monitorear y verificar el comportamiento de los parámetros durante la prueba en tiempo real.

Lo anterior se puede resumir como sigue [6]:

- Gestión de configuración de prueba: configuración de procedimientos y matrices de pruebas.
- Preparación de la prueba: Se escriben los procedimientos de prueba para establecer los archivos necesarios para la ejecución.
- Ejecución de la prueba: Se ejecutan los procedimientos de prueba escritos.
- Verificación de telemetría en tiempo real: Se verifica los valores de los parámetros de TM durante la ejecución de la prueba.
- Análisis de ejecución de la prueba: Se generan los reportes de la ejecución para la verificación fuera de línea.

5.2 CONSTITUCIÓN DE OCOE

El procesador de pruebas maestro constituye el punto clave de OCOE en el sistema jerárquico, siendo implementado actualmente en el EGSE de algunas agencias espaciales a nivel mundial. Además está constituido por el equipo terminal de Telemetría (TMFEE), el equipo terminal de Telecomando (TCFEE), la consola de control de prueba (TCC), el terminal gráfico de monitoreo (TGM), los terminales periféricos (DBQ, DJS, BDM) y el servidor de base de datos (DBS).

Operativamente, OCOE envía todo tipo de comandos (directos, indirectos o paquetes de secuencias) para los SCOE e inicia su programa de verificación sobre los subsistemas. En un principio, para la activación de componentes, carga de datos y medición de parámetros correlativos, es decir, verificación funcional de los subsistemas a bordo, y sucesivamente la verificación integral del sistema satelital. Una vez procesada y ejecutada la señal de control proveniente de OCOE, los SCOE deben enviar los datos de medición, el estado del subsistema, la respuesta de control y otros resultados medidos al servidor de base de datos de OCOE con el fin de almacenar las secuencias de pruebas ejecutadas (o en su defecto los TC directos o indirectos), para analizarlas y compararlas con los datos recibidos. Este flujo de procesos dentro del sistema ESGE se denomina sistema de verificación satelital y permite desarrollar el proceso de verificación funcional del satélite dentro de AIT y el sitio de lanzamiento (SL).

Durante las pruebas del satélite, MTP cumple el rol de administración central de OCOE, es decir, recibe y procesa

los datos de TM y los datos de SCOE, se archivan y repiten los datos del proceso de prueba y además, registra y depura los errores. El TCC constituye el cliente de operaciones de MTP, pudiéndose conectar de 1 a 99 usuarios a la red del OCOE y su principal función consiste en enviar Telecomandos y ejecutar comandos de secuencia de prueba. Por su parte, la TCFEE es la interfaz directa de OCOE con TT&C SCOE, y es responsable de recibir el código de Telecomandos de MTP y transmitirlo al satélite después de la codificación y modulación. La TMFEE es la interfaz de OCOE que recibe la información y los datos del sistema a bordo, es decir, recibe la Telemetría del satélite y la envía al MTP después de la demodulación y sincronización. Finalmente, la TGM es el terminal que permite monitorear el satélite a través de la recolección de parámetros contenidos en la telemetría recibida por MTP proveniente del SCOE de TT&C [1].

5.3 SERVICIO MTP DE OCOE

El programa fue desarrollado originalmente por CRI para la ESA / ESTEC a finales de 1970. Desde entonces, se ha utilizado en numerosas misiones de la ESA y otras agencias. Durante su curso, ha sido objeto de numerosas mejoras, tanto funcionales como tecnológicas, siendo actualmente disponible en ordenadores VAX bajo el sistema operativo VMS. Una de las principales características de OCOE-MTP/ETOL consiste en eliminar la necesidad de hardware especializado y es utilizado para el desarrollo de las pruebas de verificación a nivel de sistema. La adquisición de Telemetría y los Telecomandos se envían desde el terminal TM/TC por medio de una interfaz Ethernet-TCP/IP y de igual manera con los datos de los SCOE. El programa que se ejecuta en MS-DOS o en un PC compatible con IBM. Por tanto, el OCOE se compone de un ordenador VAX estándar y de computadores compatibles con IBM con interfaces Ethernet TCP/IP [10].

MTP es el sistema de servicio (servidor) que permite desarrollar el control de pruebas y operaciones de todos los SCOE durante la verificación del satélite en el AIT/EIP y el SL. Es el componente central y más importante de OCOE y es el que permite garantizar el éxito de una misión satelital a través de exámenes confiables, exhaustivos y detallados del sistema de equipos a bordo [11]. Sus principales funciones se describen a continuación:

- Gestionar la consola de control de prueba.
- Gestionar la Telemetría y los Telecomandos de los terminales SCOE (FEE).
- Gestionar las secuencias de prueba.
- Administrar los archivos y repetición de datos.
- Gestionar la transferencia de datos entre el SATÉLITE, SCOE y la base de datos de OCOE.
- Gestionar la transferencia de información a través de los terminales periféricos.

Dado el peso que posee MTP durante el desarrollo de las actividades de verificación del satélite, y para mayor entendimiento del sistema, se clasifica a OCOE en tres (3) subsistemas. El subsistema de servicio, ya antes mencionado como MTP, el subsistema de almacenamiento de datos, constituidos por dos (2) bases de datos, una robustas (DBS) y una básica (BDM), esto con el fin de facilitar la gestión del sistema y transferencia de datos entre las aplicaciones. Y finalmente por el subsistema de aplicaciones, conformado por todas las aplicaciones de interfaz gráfica de control, administración y monitoreo de datos.

5.4 SUBSISTEMA ACAM DE OCOE

El subsistema de aplicaciones de control, administración y monitoreo (ACAM) cumple la función de interfaz entre el servidor MTP y los operadores de pruebas que pertenecen al equipo de verificación. Entre las aplicaciones dentro del subsistema ACAM se tienen: las consolas de control de prueba (TCC), los clientes gráficos de monitoreo (TGM), el servicio de consulta de datos (DBQ) y la terminal de juicio de datos (DJS).

5.4.1 SERVICIO TCC

La consola de control está diseñada para operar tanto los equipos a bordo como los SCOE, esto se logra a través de una interfaz de comunicación TCP/IP con el servidor MTP. Entre las capacidades del servicio se tiene: envío de comando a los SCOE (ej. control sobre los terminales de control local EPS/TC/TM - FEE), comandos para el estímulo de sensores (simuladores), programación de secuencias de pruebas para los subsistemas a bordo y eventualmente recolección de datos de los estados de los SCOE [2].

MTP dispone de 1 a 99 clientes TCC para ejecutar sus operaciones y comandos de ejecución. Básicamente se encarga de establecer los comandos o Telecomandos para los FEE (creación de secuencias de verificación para el sistema y los subsistema a bordo), además de la configuración de los equipos especiales de verificación (SCOE) y la recepción de los mensajes de confirmación, datos de telemetría y datos de estado (paramentos) de los equipos, tanto en tierra como a bordo. Sus principales funciones se describen a continuación:

- Gestionar la interfaz de control de comandos y secuencias de pruebas.
- Gestionar la validación de comandos, órdenes permitidas y órdenes restringidas.
- Administrar la información enviada y los datos de la prueba ejecutada (comandos y secuencias generadas).
- Monitorear la información y los estados de conexión LAN entre los distintos terminales (TCC, FEE, SCOE).

5.4.2 PROCESAMIENTO DE DATOS

MTP recibe los datos de telemetría desde el equipo terminal de Telemetría (TMFEE) y los datos de prueba de

los diferentes SCOE y se encarga de decidir si los parámetros se encuentran dentro del rango de aceptación. Los métodos de procesamiento de datos son definidos con un formato específico dentro del archivo de configuración de parámetros y filtrados con ayuda del servicio de juicio de datos (DJS).

5.4.3 GESTIÓN DE TELECOMANDOS

La terminal de Telecomandos (TCFEE) es una de las interfaces de MTP cuya función e importancia es trascendental durante el desarrollo del proceso de verificación, en consecuencia, los Telecomandos permiten gestionar órdenes que directamente afectan los estados del satélite, es decir MTP puede autorizar, habilitar e impedir algunos TC o en algunos casos enviar comandos definidos automáticamente para casos de emergencia.

5.4.4 GESTIÓN DE SECUENCIAS DE PRUEBA

El Proceso de verificación para sistemas satelitales puede ser elaborado por los operadores de la TCC (personal de verificación) de manera manual (tipiando líneas de comandos o seleccionando los comandos predefinidos en la lista activa de Telecomandos). Las actividades de verificación son repetitivas pero de mucha relevancia. En modo normal el servidor MTP se define como secuencia de prueba (ejecutada e interpretada automáticamente), instrucciones y Telecomandos de control.

En consecuencia el MTP posee mucha relevancia al momento de ejecutar la secuencia de pruebas (TS), por lo tanto, su continua evaluación sigue en estudio para mejorar las capacidades del sistema, la velocidad y veracidad en las comunicaciones, intercambio de información entre equipos, capacidad de gestión de secuencias de pruebas y el rendimiento durante el procesamiento de datos en el proceso de verificación. En sus inicios la capacidad del servidor MTP está basada en el procesamiento de 2500 parámetros por cada segundo, en comparación con otros sistemas como el ETOL, el cual soporta hasta 16 secuencias de prueba a una velocidad de transmisión de 625-2500 bits/s el SCOS-2000 con una capacidad de procesamiento de 10.000 parámetros a 100 Mbit/s [10].

5.4.5 GESTIÓN DE ARCHIVO Y REPETICIÓN DE DATOS

MTP archiva todos los datos de telemetría y los TC enviados, los datos de prueba de los SCOE, los comandos tecleados, datos de monitoreo de prueba, las secuencias de pruebas ejecutadas, entre otros. De igual forma MTP, tiene la capacidad de reproducir los datos archivados, reconstruir los datos de prueba y los procesos de pruebas en operación fuera de línea (off-line), para evitar negligencias durante las pruebas, especialmente cuando el proceso de verificación no es repetible.

5.5 SERVICIO DE ALMACENAMIENTO DE DATOS DE OCOE

El servicio de almacenamiento de datos es la representación de los servidores de base de datos para el correcto funcionamiento de los servicios y aplicaciones del sistema general de verificación satelital, están bajo la estructura de una base de datos robusta en ORACLE o SQL para el servicio general y otra para el servicio de aplicaciones bajo el formato de SQLite.

5.5.1 GESTION DEL FLUJO DE DATOS ENTRE SATÉLITE/SCOE/DBS.

MTP se encarga de recibir datos del satélite en formato de telemetría demodulada y datos SCOE para procesar el código original de los datos y transferirlo por medio del protocolo UDP al servidor de base de datos (DBS) en donde se almacenan todos los datos generados durante la verificación, al servidor de pruebas remoto (RTS) y al servidor de juicio de datos (DJS).

5.5.2 GESTIÓN DE DATOS A TRAVÉS DE LOS TERMINALES PERIFÉRICOS.

MTP es el administrado de toda la data generada a partir de las secuencias de pruebas y con ayuda de una base de datos básica (BDM), MTP puede gestionar la transferencia de información al compendio de aplicaciones asociadas a OCOE, tales como: terminal gráfico de monitoreo (TGM), aplicación de consulta de datos (DBQ), servicio de juicio de dato (DJS) e incluso a la consola de control de pruebas (TCC), todo a través de una LAN. La información que MTP puede almacenar y procesar se resume a continuación:

- Valor original de TM.
- Información de los equipos de soporte en tierra (SCOE).
- Información del estado de los equipos.
- Información de los comandos de control y los comandos de respuesta.
- Resultado del juicio de los comandos o instrucciones.
- Resultado del juicio de datos.
- Datos de subida y bajada con la TCC.
- Datos y valores de la telemetría a la TGM.

5.5.3 GESTIÓN DE DATOS BÁSICOS

Dada la inmensa cantidad de información que maneja OCOE, se han desarrollado tecnologías que permiten la optimización del procesamiento de datos durante las pruebas de verificación del sistema satelital, para esto, actualmente se dispone de una base de datos básica (BD) que permite optimizar los dato relevantes almacenados en la base de datos robusta (DBS) para uso por parte de un operador de prueba durante el uso de la MTP o en las ACAM.

La utilidad de la BD radica fundamentalmente en la administración de la información del satélite, del SCOE (EPS, AOC, TT&C, entre otros.), de las terminales de

campo (TMFEE y TCFEE), de la secuencia de pruebas y demás información relevante. Además de la función anteriormente planteada, la BD proporciona soporte para las distintas aplicaciones que conforma el subsistema de aplicaciones de OCOE. Entre las funciones se tiene las siguientes:

- Cargar la información de la BD para que MTP prueba procesar la telemetría y enviar comandos.
- Leer la información de los comandos y las secuencias de la BD para que la TCC pueda ejecutar sus funciones.
- Leer la información de la BD durante el proceso de consulta gestionado por la aplicación DBQ.
- Leer la información de la BD para monitorear los parámetros y la información de la prueba de verificación en tiempo real.
- Leer la información de la BD para gestionar el proceso de juicio de datos según las instrucciones desarrollada en la aplicación DJS

6 ORGANIZACIÓN DEL PROGRAMA MTP

El servidor MTP posee un alto nivel de complejidad debido a sus funciones exclusivas. Por lo tanto, su desarrollo y evolución están orientados a cumplir los requisitos en cuanto a rendimiento durante el proceso de ejecución en tiempo real y a su factibilidad de transporte. Actualmente está conformado por una memoria de datos compartida y por un modo de consulta de mensajes para satisfacer los procesos de comunicación, además de una arquitectura modulada sobre el núcleo del programa que le permite cumplir con los requisitos de generalidad y capacidad de expansión que puedan satisfacer los tiempos de ejecución requeridos por las funciones de MTP. Esta conformación está estructurada en cuatro (4) niveles: el sistema de gestión, el servicio de tiempo de ejecución, la librería de funciones y por el sistema de información [1].

6.1 SISTEMA DE GESTIÓN

El sistema de gestión y administración es la interfaz hombre-máquina (HMI), estructurada en forma de menú contextual con la cual se administra el sistema de control de ejecución por parte del operador de prueba. Este menú está conformado por al menos seis (6) opciones, las cuales se listan a continuación:

- Activar / Desactivar MTP: Esta opción permite activar o desactivar el servicio de ejecución de MTP y todos los módulos asociados al sistema.
- Información de las listas MTP: La opción permite visualizar la información de los procesos de MTP, así como el nombre del proceso, el nombre del módulo, el apuntador

del proceso, el estado del módulo y la información de las TCC acopladas al servidor.

- Acoplamiento y extracción de módulo: esta opción permite acoplar y desacoplar los módulos programados intrínsecamente (TCC, SCOE, FEE, entre otros.).
- Enlistar y limpiar los mensajes de consulta: Permite mostrar la lista de mensajes o limpiar la congestión de mensajes.
- Actualización de la tabla de parámetros: La opción permite actualizar el archivo de configuración de parámetros en la memoria.
- Salida del MTP: Permite salir y cerrar la consola de gestión MTP.

6.2 GESTIÓN DE TIEMPO DE EJECUCIÓN

El Servicio de tiempo de ejecución es la parte más importante en la estructura del MTP y se encarga de administrar la cola de mensajes, la memoria compartida con los servicios externos de base de datos [1] y el servicio de administración de procesos que permite enmarcar el sistema en una arquitectura abierta y configurable para la ejecución las funciones de cada uno de los módulos programados a través de uno o más procesos de instancias con nombres diferentes. En la Fig. 2 se muestra la estructura del sistema de ejecución.

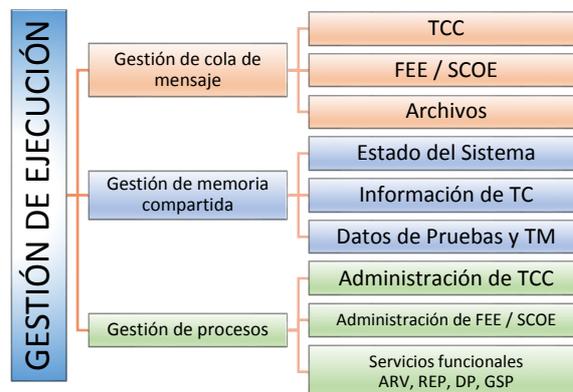


Figura 2. Gestión en tiempo de ejecución.

6.2.1 GESTIÓN DE COLA DE MENSAJES

Dentro del proceso de comunicación entre las interfaces con MTP, la gestión de cola de mensajes (MQM) se encarga de administrar la serie de mensajes generados por cada proceso y nombrarlo según el proceso al que pertenece, cada proceso puede entrar más de una vez en la cola, y a su vez MQM puede enviar o responder el proceso, mientras se recibe un homónimo del proceso recientemente generado. Existen actualmente dos modos de MQM: con bloqueo y sin bloqueo. En el modo de bloqueo, el envío de llamada de mensajes puede ser bloqueado mientras el mensaje en cola se libera, es decir, si la cola está llena, la cola de llamada se bloquea hasta que la cola de mensaje se vacíe. el modo de no bloqueado, el envío de llamada de mensajes crea un error

inmediatamente cuando la cola de destino de envío está llena.

6.2.2 GESTIÓN DE MEMORIA COMPARTIDA

Debido a la gran cantidad de datos que se intercambian en tiempo real entre los procesos, se desarrolló el servicio para compartir la memoria en el servidor MTP. La memoria compartida se clasifica en tres (3) áreas: el área de estado del sistema, la cual almacena la información de estado del proceso, la cola de mensaje y la información de configuración de la memoria compartida. El área de estado de comandos para almacenar la información de los telecomandos y el área de estado de los datos de prueba para almacenar los datos de telemetría de TMFEE y datos de ensayos de SCOE.

6.2.3 GESTIÓN DE PROCESOS

En el proceso de iniciación modular de cada uno de los componentes de MTP, primeramente se inicia la gestión modular de procesos, donde se cargan los módulos de ejecución correspondiente asociados por el operador. Durante esta actividad, se genera el lazo de mensajes repetitivo para las interfaces funcionales, tales como: la iniciación, traducción y el despacho de mensajes. La ejecución de los procesos modulares se muestra en la Fig. 3 y el paso final consiste en terminar la ejecución del proceso cuando se seleccione la opción de desactivar la MTP o la de salida de la MTP.

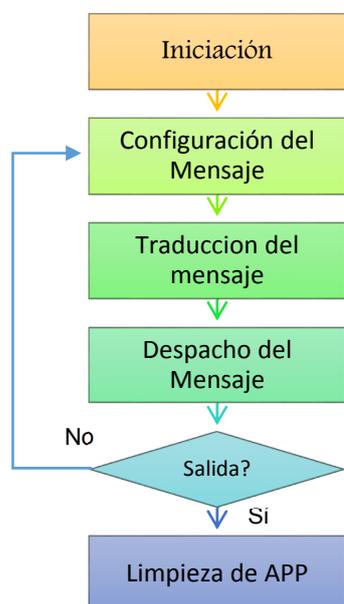


Figura 3. Ejecución de proceso modula [1].

6.2.4 ESTRUCTURA DE LA INTERFAZ MODULAR DE EJECUCIÓN DE MTP

La estructura de la interfaz modular del proceso de ejecución de MTP se muestra a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1: Estructura de ejecución de MTP [1].

Variabes	Descripción
Apuntador	Apuntador al módulo de interfaz
Tipo	Tipo de satélite
Nombre	Nombre del proceso
ID	Identificador del proceso
Registro	Apuntador para la estructura de registro de información
Configuración	Apuntador al módulo de configuración con la información de la estructura
Ejecución	Apuntador al servicio de tiempo de ejecución
Enlace	Enlace con la tabla de un modulo
Apuntadores	Apuntadores a tabla de mensajes de un modulo
Iniciación	Iniciación del proceso de mensaje
Preparación	Iniciación del mensaje
Traducción	Traducción del mensaje
Despacho	Despacho del mensaje
Finalización	Limpieza modular y salida de la interfaz

6.3 LIBRERÍA DE FUNCIONES

La librería de componente es la interfaz directa durante el desarrollo de nuevos módulos, además, contiene el gestor de procesos, el gestor de enlace, el administrador de archivos, el administrador de base de datos, el gestor de red y el gestor de cola de mensajes. En la Fig. 4 se muestra la estructura de la librería de funciones.

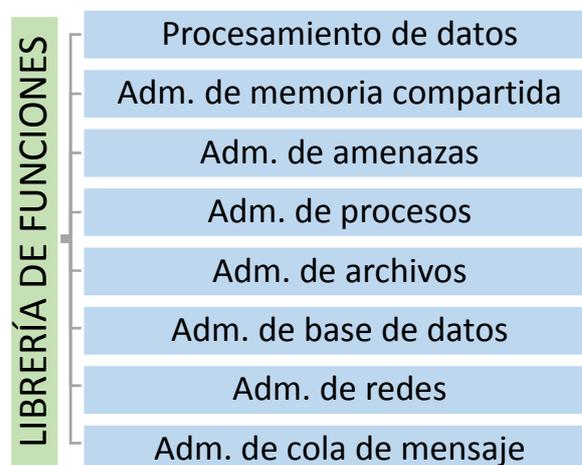


Figura 4. Librería de funciones básicas.

6.4 SISTEMA DE INFORMACIÓN

Una de las cualidades más importantes de OCOE – MTP es el concepto de generalidad, el cual permite configurar al MTP para probar/verificar cualquier tipo de satélite (satélites de comunicación, observación remota, científicos, entre otros.). Esta configuración es utilizada durante el tiempo de ejecución en el núcleo del MTP, así como la información del proceso, la memoria compartida y la cola de mensaje. En consecuencia es necesaria la

posibilidad de crear los archivos de configuración durante la preparación del programa. Los más importantes son: el índice de control (TC), el índice de parámetros (TM) y la información del sistema satélite, todas almacenadas en la base de datos básica "SQLite", los demás archivos se almacenan en forma de archivos "ASCII". Estas actividades son concebidas durante el tiempo de ejecución del MTP, en donde se archivan los datos y los registros. En la Fig. 5 se muestra la estructura del nivel de información.

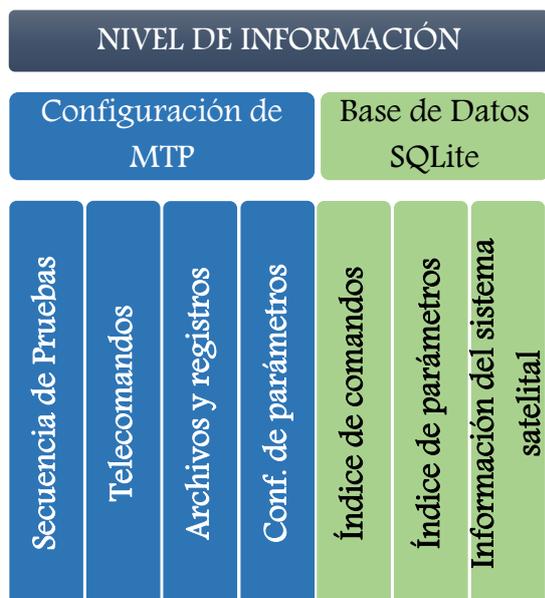


Figura 5. Estructura del nivel de Información de MTP.

7 PLATAFORMA Y RENDIMIENTO DE MTP

Durante la verificación funcional del sistema a bordo, el rendimiento del servidor MTP representa uno de los puntos claves para la aceptación y calificación del satélite. En efecto, para lograr dicha meta, la estructura del sistema de verificación se computa de acuerdo al rendimiento del servidor MTP, principalmente por el tiempo de respuesta de la red de trabajo y la capacidad de procesamiento de datos y ejecución de secuencias de pruebas, en donde la capacidad de procesamiento de datos e interpretación posee inmersos los datos de telemetría a bordo y las tablas paramétricas de los equipos del SCOE, de tal manera se pueden maximizar el rendimiento del MTP (tiempo de ejecución) y del número de las secuencias de verificación a través de 99 clientes de control (TCC). Por otro lado el tiempo de respuesta de la red de trabajo también es de mucha importancia, esto se logra asignando un ancho de banda acorde a la red y usando el adaptador correcto, de tal manera que se pueda maximizar el rendimiento de la plataforma del sistema de verificación y que los tiempos de respuesta sean acordes a las actividades de intercambio de datos que se estén realizando en tiempo real entre el nivel de campo (SCOE) y el nivel remoto (OCOE).

La estrategia para validar el programa se fundamenta a través de pruebas funcionales, de rendimiento, usabilidad y seguridad del sistema. Valiéndose de estas pruebas, se descartan defectos a través de la detección de errores. Entre los métodos de prueba de programa se tiene: el método de prueba de encriptación manual, donde la revisión es por parte del equipo y el método de prueba automática, donde el proceso de prueba se realiza por parte o modulando el programa a través de ciclos de ejecución para la búsqueda de errores o defectos. Algunos tipos de pruebas para el programa son [12]:

- Pruebas funcionales.
- Pruebas de rendimiento.
- Pruebas de usabilidad.
- Pruebas de compatibilidad.
- Pruebas de configuración.
- Pruebas de recuperación.
- Pruebas de regresión.

La validación es el proceso en el cual, el programa se comprueba para determinar si satisface todos los requerimientos funcionales definidos por el usuario, pero previamente se debe realizar el proceso de verificación funcional para la corrección de fallas y problemas. Entre la terminología utilizada durante el proceso de validación del programa, se destacan las pruebas del código (validación del código único o modular), las pruebas de integración (validación de las interfaces entre módulos), las pruebas funcionales (comportamiento funcional y verificación del sistema según las expectativas), y las pruebas de aceptación o del sistema (pruebas en tiempo real y con escenarios reales) [13].

Los casos de prueba permiten verificar la operatividad del programa a través de un escenario de condiciones y variables, con el fin de justificar la respuesta del programa ante dichas condiciones, comparando una condición previa con la actual. La estructura formal de un caso de prueba es, en primer lugar, la información, la cual contempla propósitos y dependencias del caso, en segundo lugar, las actividades, las cuales contemplan las acciones durante las pruebas y en tercer lugar, los resultados, los cuales contemplan el rendimiento del caso de prueba y la comparación de los resultados esperados con la data obtenida [14]. En la Tabla 2 se muestra el formato estructurado para ejecutar un caso de prueba.

Tabla 2. Formato de caso de prueba [14].

ID Caso de prueba	Serial del CP
Propósito	Beneficios
Creador	Nombre del creador
Entorno de prueba	Programa o implemento
Prerrequisitos	Condiciones previas al CP
Procedimiento	Pasos a ejecutar en CP
Datos de prueba	Entradas, variables y datos
Resultados Esperados	Cómo debe reaccionar el programa
Resultados actuales	Resultados obtenidos durante el caso de prueba
Veredicto	Estado de la prueba Y/N

Comentarios

Aceptación o no del código

7.1 ENTORNO DE OPERACIÓN

El entorno de operación para el servidor MTP, dispone de una serie de requerimientos mínimos, con los cuales se puede explotar el máximo rendimiento del sistema bajo el cual, actualmente se han fundamentado los procesos evolutivos del sistema general de verificación satelital "OCOE". Estos requerimientos son: Procesador P4 2.4 GHz, 2 G de memoria, capacidad de almacenamiento de 320 G en un disco duro SATA, tarjeta de red de 100/1000 Mbps Ethernet, programa MTP bajo la codificación en lenguaje C y ejecutado sobre el sistema operativo de Linux "Red Hat Enterprise 4 AS" [1].

7.2 OPTIMIZACIÓN DEL MTP EN OCOE

Durante las pruebas de rendimiento para MTP se utiliza un simulador satelital que permite emular SCOE y TMFEE/TCFEE y el intercambio de datos, generando Telecomandos para recibir datos simulados de telemetría y parámetros de SCOE, con el fin de analizar el funcionamiento del tiempo de ejecución. Para esto se definen múltiples casos de prueba que permitan juzgar la capacidad y características de un conjunto de condiciones o variables del sistema a través de herramientas que faciliten simular las múltiples cargas de terminales de control (TCC) y monitoreo de parámetros (TGM) y así poder medir el rendimiento del MTP.

Para determinar el rendimiento del sistema de transmisión y el tiempo de respuesta de las redes OCOE/SCOE, las pruebas se clasifican en internas (entre MTP y TCC) y externas (entre TCC y FEE/SCOE). Para ejecutar estas pruebas se utiliza un método de incorporación de secuencias de prueba a través de la integración consecutiva de TCC durante la ejecución de los servicios del MTP, logrando así medir el tiempo de ejecución y el porcentaje (%) de uso del procesador del servidor. En cuanto a la capacidad de procesamiento de datos, se utiliza la función de repetición o reproducción de MTP para medir la eficacia del sistema de verificación, utilizando básicamente un número variables de parámetros (datos) procesados por segundo y aumentado o disminuyendo la tasa de repetición, permitiendo de esta manera, generar resultados medibles que permitan producir nuevas tecnologías que mejoren continuamente los sistemas generales para verificación satelital sin que el tipo de satélite genere mucha alteración en EGSE.

8 CONCLUSIONES

Este informe describió el sistema general de verificación satelital actual de algunas agencias espaciales mundiales bajo topología de sistema jerárquico, constituidos por todos aquellos equipos que permiten verificar el sistema, subsistemas y equipos a bordo de un satélite, abarcando tanto el módulo de servicio como el de de carga útil, considerando

ampliamente la capacidad de rendimiento de servidor MTP y su versatilidad durante los procedimientos generales de verificación satelital debido a su adaptabilidad y generalidad para utilizarse con cualquier tipo de satélite. Durante el desarrollo del informe se puede concluir que los aspectos más importantes del sistema general de verificación están establecidos sobre el programa MTP, en especial sobre el tiempo de ejecución, la capacidad de procesamiento de datos y en el número de secuencias ejecutadas, además de la estructura y el tiempo de respuesta de la red de trabajo, las cuales generan gran influencia durante el proceso de verificación satelital, tanto en el área de ensamblaje, integración y prueba AIT como en el sitio de lanzamiento (ST y TL).

9 REFERENCIAS

- [1] Yan Cui, Shou Wang, Xiaofeng Meng Gouhua Wang, "Design and performance test of spacecraft test and operation software," Beijing, China, 2011.
- [2] Jens Eickhoff, *Simulation Spscecraft System*. Stuttgart: Springer, 2009.
- [3] AT Siemens. (2008) Central Check-Out System. [Online]. <https://www.cee.siemens.com/web/austria/en/csb/spacebusiness/solutions/satellite/platform/Pages/centralcheckoutsystem1.aspx>
- [4] SSBV-Rovsing A/S. Satellite Check-Out Systems (EGSE). [Online]. <http://www.rovsing.dk/index.php?page=space-systems>
- [5] ESA/EADS Astrium, "Power SCOE Requirement Specification GAIA," EADS Astrium, England, 2007.
- [6] Christophe J., Anthony M., "IRIDIUM NEXT Simulators & EGSE," Noordwijk, 2012.
- [7] Pascal C. Cristian A., "SCOE Simulation," Noordwijk, 2012.
- [8] KEYSIGHT_Technologies. (2009, August) Modular Solar Array Simulators. Models: E4360-62A, E4366-68A. [Online]. <http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5989-8485EN.pdf>
- [9] Clemessy. EGSE. [Online]. <http://www.clemessy.ch/egse/>
- [10] ESA-ESRIN ID/D. (1996, Feb.) ESA Bulletin Nr 85. [Online]. <http://www.esa.int/esapub/bulletin/bullet85/melt85.htm>
- [11] SSBV_Rovsing A/S. On-board and Ground Support Software. [Online]. <http://www.rovsing.dk/index.php?page=space-systems>
- [12] Harshada Kekare. (2011, Sep.) Types of Software Testing. [Online]. <http://www.buzzle.com/articles/software-testing/>
- [13] Parekh Nilesh. (2005, Apr.) Software Verification & Validation Model - An Introduction. [Online]. <http://www.buzzle.com/articles/software-testing/>
- [14] Amol Vyavhare. (2012, Mar.) Software Testing - Test Cases. [Online]. <http://www.buzzle.com/articles/software-testing/>