

PROPOSTA DE UM SIMULADOR DE ESTAÇÃO TERRENA PARA SUPORTE CRUZADO “PLUG AND PLAY” A MISSÕES ESPACIAIS

Simone Cunha Léo, sicleo@dss.inpe.br

Ana Maria Ambrosio, ana@dss.inpe.br

Walter Abrahão dos Santos, walter@dss.inpe.br

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE

Av. dos Astronautas, 1758 CEP 12227-010, S. José dos Campos – SP – Brasil

Resumo. *Este artigo apresenta a proposta de uma arquitetura “plug and play” de suporte cruzado para um simulador de estação terrena. A utilização da arquitetura permite o teste de sistemas de solo que possam interoperar com diversas agências espaciais na solicitação e execução de serviços TTC (telemetria, rastreio e telecomando) entre outros) para suas espaçonaves. Tanto as estações terrenas do INPE quanto o atual simulador de estação terrena empregam o sistema CORTEX. Esta característica permitiu o suporte cruzado bem sucedido à missão lunar indiana Chandrayaan-1 aqui brevemente descrita. A proposta de arquitetura é mais estendida englobando vários cenários de topologias para outros centros de controle de satélite para provisão de maior versatilidade. O emprego deste simulador será vital para a verificação das necessidades operacionais em fases iniciais de projetos e mitigação de riscos operacionais de missões que exijam capacidades de SLE (Space Link Extension).*

Palavras-chaves: *CCSDS, Redes de Computadores, Suporte Cruzado, Sistemas de Dados Espaciais, SLE.*

Abstract. *This paper outlines a proposal for a “plug and play” architecture for cross support on a ground station simulator. The employment of this architecture allows testing of ground systems that may interoperate with a variety of space agencies on the request and execution of TTC services (telemetry, tracking and, comand among others) for their spacecrafts. INPE’s ground stations as well as the current ground station simulator, both are based on the Cortexsystem. This feature allowed the successfull cross support for the Indian Lunar mission Chandrayaan-1 which is here briefly described. The architecture proposal is further extended to embody various topological scenarios for other satellite control centers towards greater versatility. The use of simulation shall be vital for the verification of the operational needs on the initial project phases and for operational risk mitigation on missions that require SLE (Space Link Extension) capabilities.*

Keywords: *CCSDS, Computer Networks, Cross Support, Space Data Systems, SLE.*

1. INTRODUÇÃO

Em um alto grau de abstração, um sistema de dados espaciais genérico requer: transporte de dados, interpretação de dados e alocação bem como gerenciamento de recursos de sistemas espaciais (CCS 1990). O transporte de dados, primeira necessidade, é tratada por uma série de subsistemas agregados em solo bem como no espaço para comporem o Sistema de Transporte de Dados (DTS). Este sistema é bi-direcional movendo dados de uma fonte para um destino de acordo com os requisitos operacionais e de pesquisa. O sistema DTS recebe esta denominação porque transporta dados sem envolvimento qualquer com seu conteúdo e formato de mensagem sendo trafegada. Vale ressaltar que sistemas de redes de solo incluem tanto funções operacionais como não-operacionais. Neste contexto há o importante papel de Estações Terrenas e dos Centros de Controle de Satélites.

Estações Terrenas (ETs) são sistemas que mantêm, a todo o instante, o enlace radioelétrico com um satélite. Uma estação terrena permite rastrear o satélite, receber e datar dados de telemetria, enviar num instante determinado Telecomandos, fazer e datar medidas de localização (ângulos, distância e velocidade).

O Centro de Controle de Satélites (CCS) é um meio para controlar o satélite. Um CCS recebe das Estações Terrenas os dados de telemetria e de localização, processa e arquiva os mesmos, gera e encaminha às Estações Terrenas os telecomandos. Além disto, um CCS determina e propaga órbita e atitude do satélite, prepara e executa as manobras, acompanha a evolução do comportamento dos equipamentos de bordo, gera os dados de apontamento das antenas das Estações Terrenas e planeja as atividades das mesmas.

Em operações de missões, assume-se que a informação deve ser trocada em tempo real ou mesmo em tempo quase-real. Entretanto, há cenários em que, na fase de colocação em órbita e mesmo de operação de uma espaçonave, necessita-se da capacidade de contato com a mesma ainda que fora de visibilidade. Uma solução é o emprego de serviços de extensão do enlace espacial ou SLE como são conhecidos na terminologia CCSDS (CCS 1990).

Formalmente, serviços SLE provêm uma maneira padronizada de uso de serviços CCSDS de telecomandos e telemetrias através do Segmento de Solo. Através da implementação de serviços SLE, provedores de serviços TTC podem prover uma interface padrão para o fornecimento dos serviços de TTC para missões genéricas de uma maneira simples, rápida e confiável. Isto irá reduzir os custos de obtenção de serviços de suporte cruzado para missões de

espaçonaves uma vez que o emprego de um padrão é largamente difundido. Adicionalmente, o suporte cruzado potencializa oportunidades de cooperação entre as diversas agências espaciais de nações com esta capacidade.

Este artigo apresenta a proposta de uma arquitetura “*plug and play*” de suporte cruzado para um simulador de Estação Terrena e resalta sua importância na verificação das necessidades operacionais e mitigação de riscos operacionais de missões que exijam capacidades de SLE. Adicionalmente, a metodologia de simulação adotada pode prover subsídios para outras questões mais complexas e críticas para sucesso de missões.

Este artigo é estruturado da seguinte maneira: a Seção 2 brevemente introduz o CCSDS e áreas relevantes. A Seção 3 apresenta o protocolo CORTEX e seu emprego em Estações Terrenas. A Seção 4 ilustra o suporte cruzado à missão indiana Chandrayaan-1. A Seção 5 apresenta os requisitos do simulador da Estação Terrena. A Seção 6 propõe a extensão do simulador de Estação Terrena para suporte cruzado “*plug and play*”. Finalmente, a Seção 7 conclui este trabalho.

2. CCSDS E SERVIÇO DE SUPORTE CRUZADO

O Comitê Consultivo para Sistemas de Dados Espaciais (CCSDS - *Consultative Committee for Space Data Systems*) é uma organização internacional criada em 1983 e composta pelas maiores agências espaciais (CCSDS, 2009). CCSDS visa prover um fórum de discussão para os problemas comumente encontrados no desenvolvimento e na operação de sistemas de dados espaciais. A atuação do CCSDS divide-se em três domínios abstratos, tal como ilustrado na Figura 1, que incluem as disciplinas técnicas da organização.

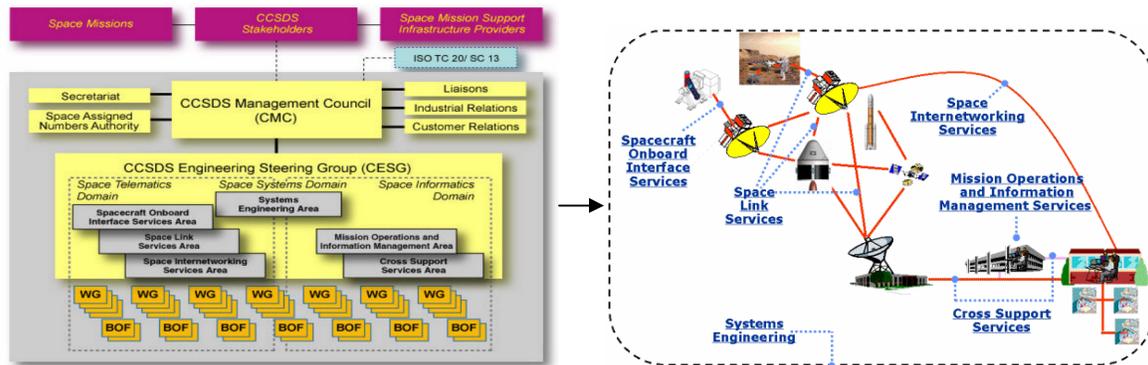


Figura 1. Organização do comitê CCSDS, adaptado de (CCSDS, 2009)

Este trabalho atua no domínio da Informática Espacial, o equivalente espacial do conjunto diverso e complexo de aplicações que compõem a *World Wide Web* terrestre. Este domínio enfoca duas áreas: (1) MOINS - Serviços de Gerenciamento de Informações e Operações de Missões (MOINS, 2009) e (2) CSS - Serviços de Suporte Cruzado que será detalhada a seguir.

A área CSS determina como os recursos de rede são disponibilizados de uma organização para outra com o objetivo de fornecimento de suporte cruzado. O fluxo genérico de dados dentro do sistema de dados de uma dada agência e o conjunto de pontos principais (CSPs) no qual troca de informação entre agências poderá ocorrer é mostrado na Figura 2 como ilustração.

Portanto, o objetivo desta área é definir quais serviços são requeridos em vários pontos de interface de suporte cruzado e como esses serviços estão expostos, agendados e utilizados pelas organizações que querem confederar suas infra-estruturas, a fim de executar uma missão.

Dentro da área CSS estão sendo realizadas atividades de normalização nos campos a seguir:

- Gerenciamento de Serviço
- Serviço de Transferência
- Arquitetura de Comunicação Espacial de Suporte Cruzado

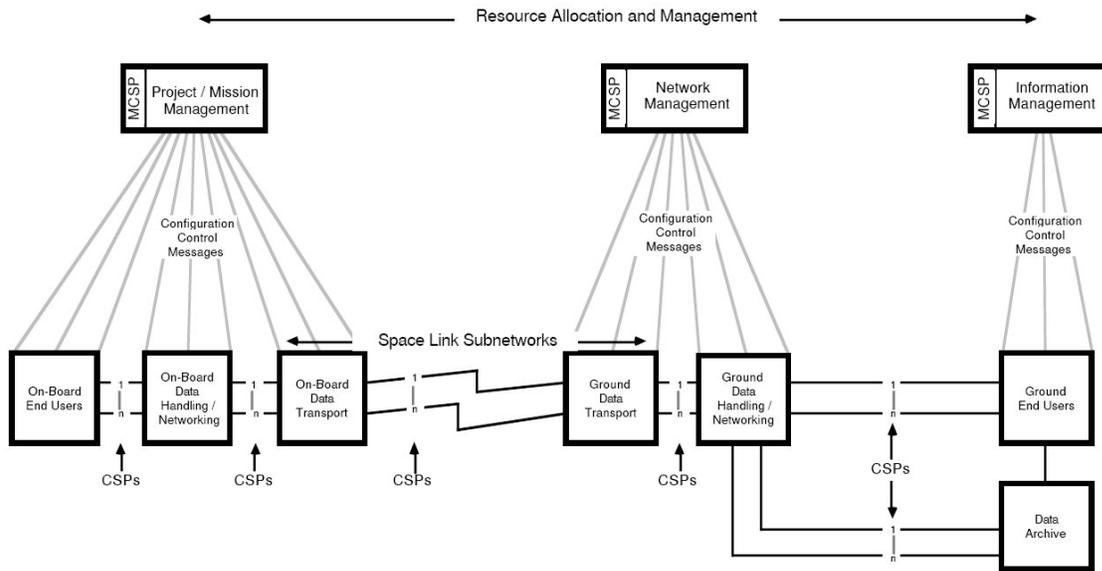


Figura 2. Modelo do Sistema de Dados Espaciais e seus pontos de suporte cruzado (CCS 1990)

3. O PROTOCOLO CORTEX E SUA UTILIZAÇÃO EM ESTAÇÕES TERRENAS

Para cumprir as responsabilidades de Estações Terrenas anteriormente mencionadas, existem os seguintes recursos entre outros: (i) um software denominado Software de Controle de Satélite que é utilizada pelos Operadores do Centro de Controle de Satélites (CCS) e (ii) Plano de Operação de Voo que é um cronograma de atividades que operadores do CCS devem seguir durante todas as fases de vida do satélite em órbita.

A comunicação solo-solo do CCS do INPE, situado em São José dos Campos, com as Estações Terrenas de Cuiabá e Alcântara, se dá por um protocolo de comunicação específico sobre a pilha TCP/IP. Atualmente este protocolo utilizado é CORTEX (Cortex, 2006). Esse protocolo é utilizado nos serviços de Telemetria, Telecomando, *Ranging*, *Range-Rate*, bem como Monitoração e Comando Remoto das estações.

3.1 O Protocolo CORTEX

O protocolo CORTEX lida com todos os tipos de missões e padrões TT&C, a saber:

- Montagem, integração e testes de Satélites bem como testes pré-lançamento;
- Manutenção em Órbita, Suporte a Operações de Lançamento e Órbita Inicial (LEOP);
- GEO ou LEO, Satélites estabilizados por spin e três eixos;
- Processamento de baixa taxa de dados (operações de rotina) e de alta taxa de dados.

Idealmente, este protocolo é fornecido com os seguintes aplicativos de software opcionais de protocolo CCSDS:

- Procedimento de Operação de Comando (COP - *Command Operation Procedure*): o software permite a recepção de mensagens TC compatíveis com CCSDS no nível de segmento, quadro de transferência ou ao nível de CLTU (*Command Link Transfer Unit*), para verificar, reformatar, e retransmiti-los no nível de CLTU para o aplicativo de processamento de sinais. Este software opcional também se comunica com o aplicativo de processamento de sinais através de soquetes TCP-IP.
- CORTEX SLE Gateway (CSGW) – é totalmente integrado na unidade CORTEX e adiciona serviços SLE ao sistema CORTEX. Os seguintes serviços são providos pelo CSGW, para detalhes confira (Cortex, 2006):
 - Serviço RAF (*SLE Return All Frames*) - com os modos de entrega «online timely», «online complete» e «offline» e
 - Serviço RCF (*SLE Return Channel Frame*) - com os modos de entrega «online timely», «online complete» e «offline»
 - Serviço F-CLTU (*SLE Forward CLTU*).

3.2. CORTEX SLE Gateway

O CORTEX SLE Gateway (CSGW) realiza a interface de um lado com o sistema CORTEX, via interface CORTEX TCP/IP, e no outro lado com o centro de controle de missão via as interfaces SLE RCF e CLTU (Laroque and Claus, 2006). CSGW toma como entrada operações SLE, formata um pedido CORTEX específico e passa este pedido ao sistema CORTEX. Por outro lado, o gateway toma mensagens do sistema CORTEX e formata operações SLE específicas que por sua vez são enviadas ao usuário SLE. O CSGW foi criado para ser um gateway em execução em um computador separado rodando Microsoft Windows. A metodologia técnica de mapeamento entre a interface SLE e as interfaces CORTEX são ilustradas na Figura 2. O sistema CORTEX provê acesso a fluxos de dados específicos via TCP/IP usando um simples protocolo de mensagens. Para cada tipo de fluxo de dados é alocado um número específico de porta TCP.

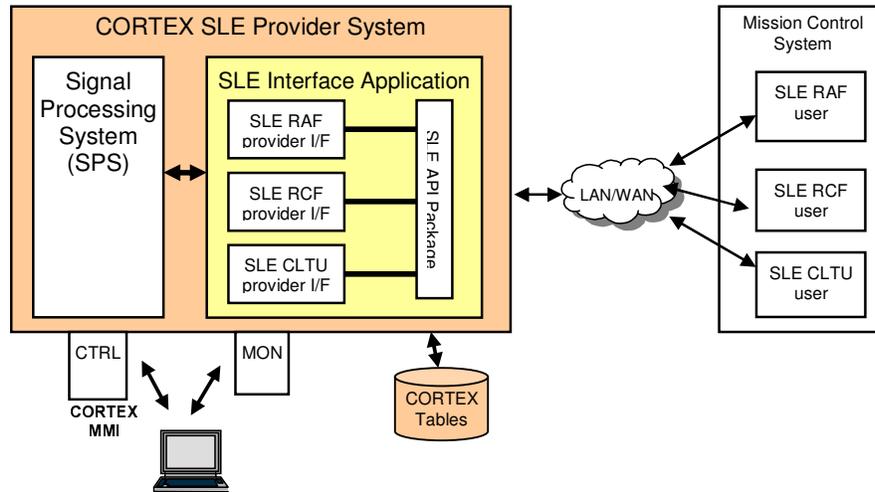


Figura 2. Visão Geral do Sistema provedor de CORTEX SLE, adaptado de (Laroque and Claus, 2006)

4. O SUPORTE CRUZADO BRASILEIRO À MISSÃO CHANDRAYAAN-1

A espaçonave Chandrayaan-1 é uma missão espacial lunar não-tripulada organizada pela Agência Espacial Indiana (ISRO, 2008). A espaçonave foi lançada em direção à órbita da Lua em 22 de outubro de 2008, do Centro Espacial Satish Dhawan, no interior da Índia. A sonda, vide Figura 3 para detalhes, inclui um equipamento de controle remoto de alta definição, em frequências normais, infravermelho e de raios-X. Sua missão consiste em passar dois anos em órbita da Lua fazendo um mapeamento da superfície do satélite, para produzir um mapa completo de suas características químicas e de topografia em 3D. As regiões polares são de interesse especial, já que se acredita que elas possam conter algum tipo de gelo.

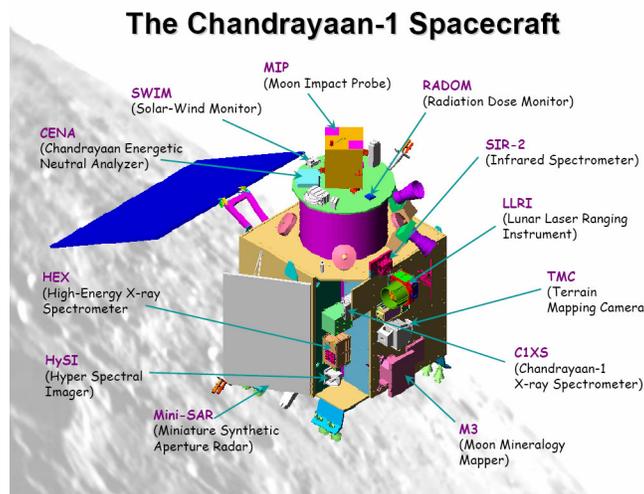


Figura 3. A espaçonave Chandrayaan-1 (ISRO, 2008)

Após atingir a órbita de transferência lunar, a espaçonave levou cinco dias e meio em seu caminho até o satélite. O custo da missão é estimado em US\$ 80 milhões e seu diretor é o cientista Mylswamy Annadurai.

Durante todo o tempo em que realizou manobras espaciais, a missão Chandrayaan-1 contou com o apoio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, que auxiliou a agência indiana com a recepção de dados de telemetria, envio de telecomandos e execução de medidas de distância e de velocidade. O INPE utilizou as estações localizadas em Cuiabá (MT) e Alcântara (MA), que durante a missão passaram a integrar a Rede Indiana de Controle e Telemetria, que acompanhou a sonda Chandrayaan-1 desde o seu lançamento. Esta categoria de suporte cruzado foi apenas possível pelo fato da aderência a normas CCSDS a seguir apresentado.

A missão lunar indiana Chandrayaan-1 fez uso de um tipo de suporte cruzado “*plug & play*” entre as estações terrenas do INPE (Cuiabá, MT, e Alcântara, MA) durante a fase do levantamento orbital do Chandrayaan-1. A Figura 4 mostra a arquitetura de Suporte Cruzado utilizada na missão Chandrayaan-1 entre as estações terrenas do INPE e CCS indiano, graças ao equipamento de banda base existente nas estações terrenas do INPE.

Neste caso, a operação do equipamento das estações terrenas do INPE foi realizada na configuração do suporte cruzado do Centro de Controle de Satélites ISRO-ISTRAC em Bangalore (CCSDS Link, 2008). Os serviços baseados nos protocolos das normas CCSDS utilizados na configuração de suporte cruzado, foram os relacionados com: a recepção de telemetria; telecomando, com o uso do protocolo COP, além daqueles utilizados para medidas de Distância e Medidas de Velocidade.

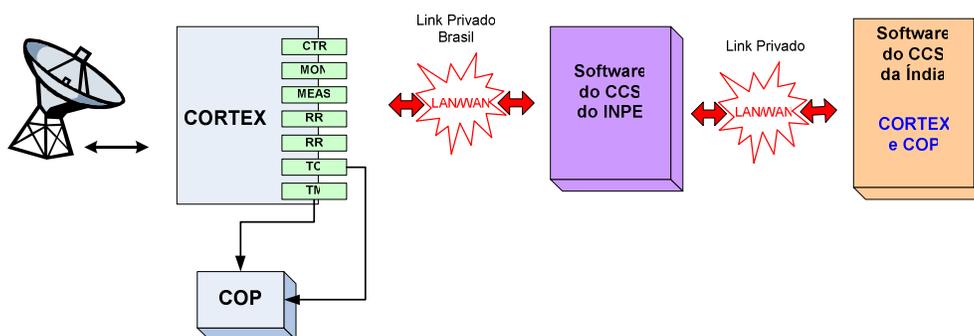


Figura 4. Arquitetura de suporte cruzado entre CCS da Índia e as estações terrenas do INPE

5. REQUISITOS PARA O SIMULADOR DE ESTAÇÃO TERRENA

O emprego de simuladores de satélite e de Estação Terrena é vital para a verificação das necessidades operacionais em fases iniciais de projetos e mitigação de riscos operacionais de missões. O simulador de satélite é um software que simula, de maneira mais real possível, o comportamento do satélite em órbita, em todos os modos de operação, inclusive as possíveis falhas dos subsistemas de bordo. O simulador da Estação Terrena é o software que simula de maneira real possível a comunicação do CCS com a ET e a obtenção dos dados de TM, medidas de *Ranging* e *Range Rate* e envio de TC para o satélite.

Os softwares Simulador de Satélite e o Simulador de Estação Terrena baseado no protocolo CORTEX, conforme ilustrado na Figura 5, estão sendo desenvolvidos pelo grupo da Divisão de Desenvolvimento e Sistemas de Solo (DSS) do INPE. Estes dois simuladores integrados, tem por objetivo principal treinar a operadores do CCS antes do lançamento do satélite, nas operações de controle nominais e de contingências.

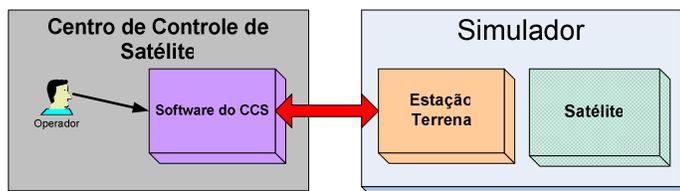


Figura 5. Integração entre os simuladores (Satélite e ET) e a comunicação com CCS

Majoritariamente, os requisitos funcionais do simulador da Estação Terrena são focados na comunicação dos diferentes fluxos de dados entre o CCS e a Estação Terrena. Cada um dos fluxos de dados flui por conexões TCP/IP distintas, a saber: (i) Telemetria (TM), (ii) Telecomando (TC), (iii) *Ranging* (RA), (iv) Range Rate (RR).

Portanto, os principais requisitos funcionais de comunicação do simulador da estação terrena com o CCS são:

- o simulador da Estação deve implementar o protocolo TCP/IP para a comunicação com CCS;
- o simulador da Estação deve implementar o protocolo CORTEX para a comunicação com CCS;
- o simulador da Estação Terrena deve aguardar solicitação de conexão do CCS para cada fluxo de dados: TM, TC, *Ranging* e *Range Rate*;
- o simulador da Estação Terrena deve aguardar solicitação de desconexão do CCS para cada fluxo de dados: TM, TC, *Ranging* e *Range Rate*;
- o simulador da Estação Terrena deve permitir que o CCS realize uma ou mais conexões simultâneas de TM;
- o simulador deve receber e processar todas as mensagens recebidas do software do Centro de Controle.

Os principais requisitos funcionais de comunicação do simulador com o satélite são:

- o simulador da Estação Terrena deve, durante o período de visibilidade do satélite, obter os quadros de TM enviados pelo simulador do satélite, empacotá-los nos protocolos CORTEX e TCP/IP e enviá-los para o CCS;
- o simulador deve, durante o período de visibilidade, receber e desempacotar os TC recebidos do CCS nos protocolos CORTEX e TCP/IP e repassá-los ao simulador de satélite para serem executados;
- o simulador da Estação Terrena deve, durante o período de visibilidade, responder aos pedidos de *ranging* recebidos do CCS com medidas de *ranging* obtidas do simulador de satélite;
- o simulador da Estação Terrena deve, durante o período de visibilidade, responder aos pedidos de *range-rate* recebidos do CCS com medidas de *range-rate* obtidas do simulador de satélite.

6. PROPOSTA DE SUPORTE CRUZADO “PLUG AND PLAY” NO SIMULADOR DE ESTAÇÃO TERRENA

Para que o simulador da Estação Terrena possa prover interoperabilidade com diferentes CCS's, o projeto atualmente desenvolvido com base no uso do protocolo CORTEX deverá ser estendido. Para este fim, o simulador poderá ser utilizado para facilitar a conexão com diferentes Centros de Controle de Satélite que possuem diferentes protocolos, sem a necessidade de modificações no software de controle de satélite destes CCS. Para este fim será necessário acrescentar gateway ou conversor entre o simulador de Estação Terrena e o software de Controle de Satélite do CCS.

Atualmente o software de Controle de Satélite do INPE opera utilizando o protocolo SDID e o Simulador de Estação Terrena utiliza o protocolo CORTEX, conforme o protocolo utilizado nas Estações Terrenas de Cuiabá e Alcântara. Para haver a comunicação entre as duas partes foi criado um conversor de protocolo denominado CTX, para que não houvesse atualizações no software de Controle de Satélite do CCS.

Conforme mostrado na Figura 6, o protocolo CORTEX possui quatro fluxos de informações: Telemetria (TM), Range Rate (RR), Ranging (RA) e Telecomando (TC). Porém este protocolo necessita de mais três portas de comunicação, além destas de TM, RR, RA e TC, que são as portas de medidas (MEAS), controle (CTR) e monitoração (MON). Já o protocolo SDID utiliza apenas as portas de TM, RR, RA e TC.

Em uma visão sistêmica, este conversor é considerado um componente do simulador da Estação Terrena. Cabe observar que esta agregação se deu por uma LAN/MAN, porque quatro fluxos de dados e mais as três outras portas de comunicação estão disponíveis ao mundo exterior através do protocolo TCP/IP pelo simulador da ET.

Para se obter a interoperabilidade desejada, a proposta é permitir que o simulador da ET possa ser usado com os Centros de Controle de Satélite que utilizam protocolos baseados nas normas CCSDS. Entretanto, será necessário criar um conversor de protocolo específico para todos os outros CCS que utilizam protocolos particulares e diferentes dos protocolos aqui previamente mencionados (CORTEX, SDID, entre outros). A proposta é detalhada a seguir. Uma visão sumária de arquitetura de “*plug em play*” do simulador da Estação Terrena também é apresentada.

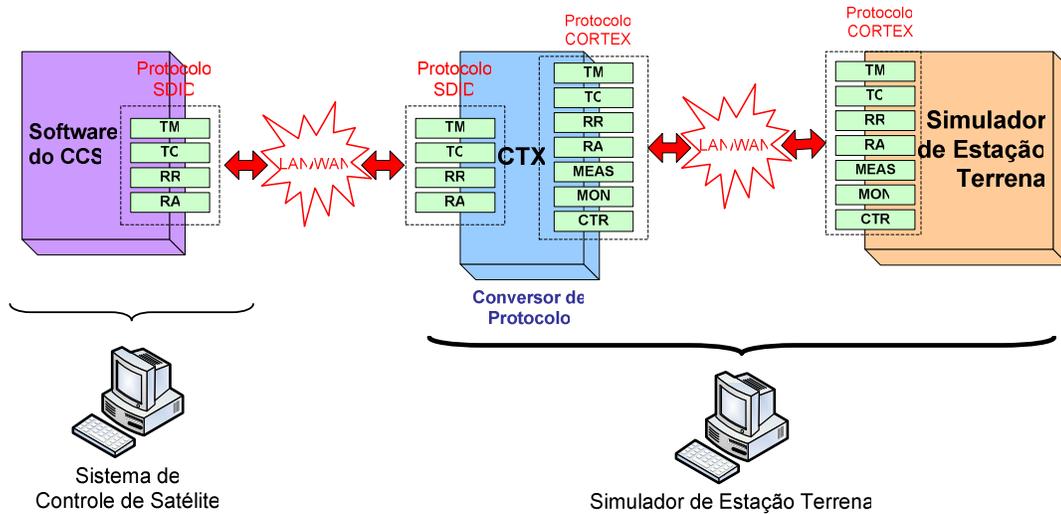


Figura 6. CTX - Conversor de protocolo CORTEX/SDID

A comunicação entre o simulador de Estação Terrena, que utiliza o protocolo CORTEX, com Software do CCS, que utiliza um protocolo baseado CCSDS SLE, é realizada agregando-se a API SLE ao simulador de Estação Terrena. Porém, uma adaptação do protocolo CORTEX ao SLE deverá ser desenvolvida e integrada a API SLE para formar um *gateway* como mostrado na Figura 7.

É válido ressaltar que, fluxos de dados do protocolo CORTEX do Simulador de Estação Terrena são fornecidos pelo Protocolo TCP/IP, por isso a comunicação entre o Gateway e o Simulador de Estação Terrena é realizada por uma LAN/WAN.

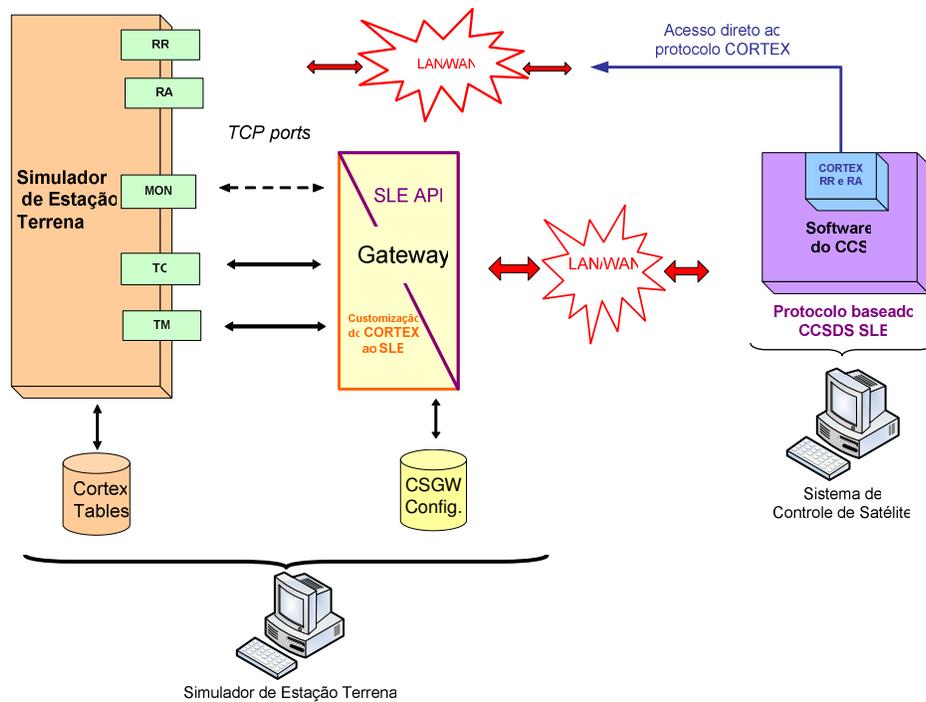


Figura 7. Comunicação do Simulador de Estação Terrena com CCS baseado do protocolo SLE

Semelhantemente, o *gateway* fornece ao CCS SLE recepção de dados de TM e envio de TC. Caso o CCS deseje realizar medidas de distância e medidas de velocidade, este terá que se comunicar diretamente com o protocolo CORTEX do Simulador de Estação Terrena, já que, o *gateway* disponibiliza para o CCS somente as interfaces SLE dos fluxos de TM e TC.

Para os aplicativos do CCS que já utilizam o CORTEX e o COP, como o do CCS indiano mencionado anteriormente, não será necessária a utilização do gateway, como mostrado na Figura 8. O envio de TC poderá ser realizado diretamente pelo software COP integrado ao Simulador de Estação Terrena. Assim, os dados de TM, as mediadas de distancia e as medidas de TM poderão ser adquiridos diretamente pelos fluxos de TM, RR, RA e MEAS do protocolo CORTEX do Simulador de Estação Terrena.

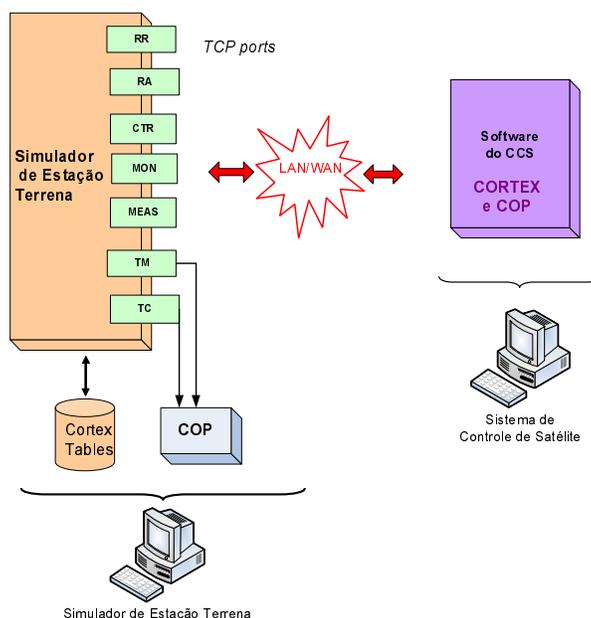


Figura 8. Comunicação do Simulador de Estação Terrena com CCS baseado no protocolo CORTEX e COP

A proposta de interoperabilidade com CCS's não-aderentes a CCSDS requer um conversor específico do protocolo CORTEX para um protocolo particular. Isto é necessário para a comunicação entre o simulador de Estação Terrena, que utiliza o protocolo CORTEX, com Software do CCS que utiliza protocolo particular, diferente dos protocolos SDID, CORTEX, e outros baseados ou não nas normas CCSDS. Este conversor deverá ser integrado ao Simulador de Estação Terrena, da mesma maneira que o conversor CTX como mencionado anteriormente.

Uma visão sumária da proposta de uma arquitetura de "plug em play" do simulador da Estação Terrena é ilustrada na Figura 9. Esta arquitetura viabiliza a comunicações entre diferentes tipos de CCS com o Simulador de Estação Terrena.

A utilização da arquitetura "plug and play" permitirá a interoperabilidade entre CCS que utilizam diferentes protocolos com o simulador de ET, bem como, o emprego simultâneo do simulador de ET para vários softwares de CCS's com diferentes protocolos. Um limitante na utilização do simulador de Estação Terrena com mais de um CCS está relacionado aos limites de banda nas conexões e restrições de uso permitidas pelo protocolo CORTEX.

A utilização de simulação nestes cenários permitirá a obtenção de respostas iniciais a questões chaves ainda mais complexas e críticas para o sucesso do sistema de apoio a missões espaciais, tais como:

- O sistema pode ser confiável o bastante e fornecer desempenho desejável?
- O sistema permite modernização a custo aceitável dos equipamentos terminais das estações terrenas?
- As interfaces SLE com suas limitações intrínsecas podem demonstrar que os mapeamentos de interface SLE para uma interface Córtes são possíveis e podem ser empregadas operacionalmente?

Esta solução possibilita os Centros de Controle de Satélite, além do CCS do INPE, fazerem uso de Estações Terrenas, como as de Cuiabá e Alcântara. Desta forma, agências espaciais podem aumentar o poder de visada de seus satélites, principalmente em fases críticas da missão, já que podem fazer uso de Estações Terrenas distintas. Aumentando, desta maneira, o suporte cruzado em diferentes missões.

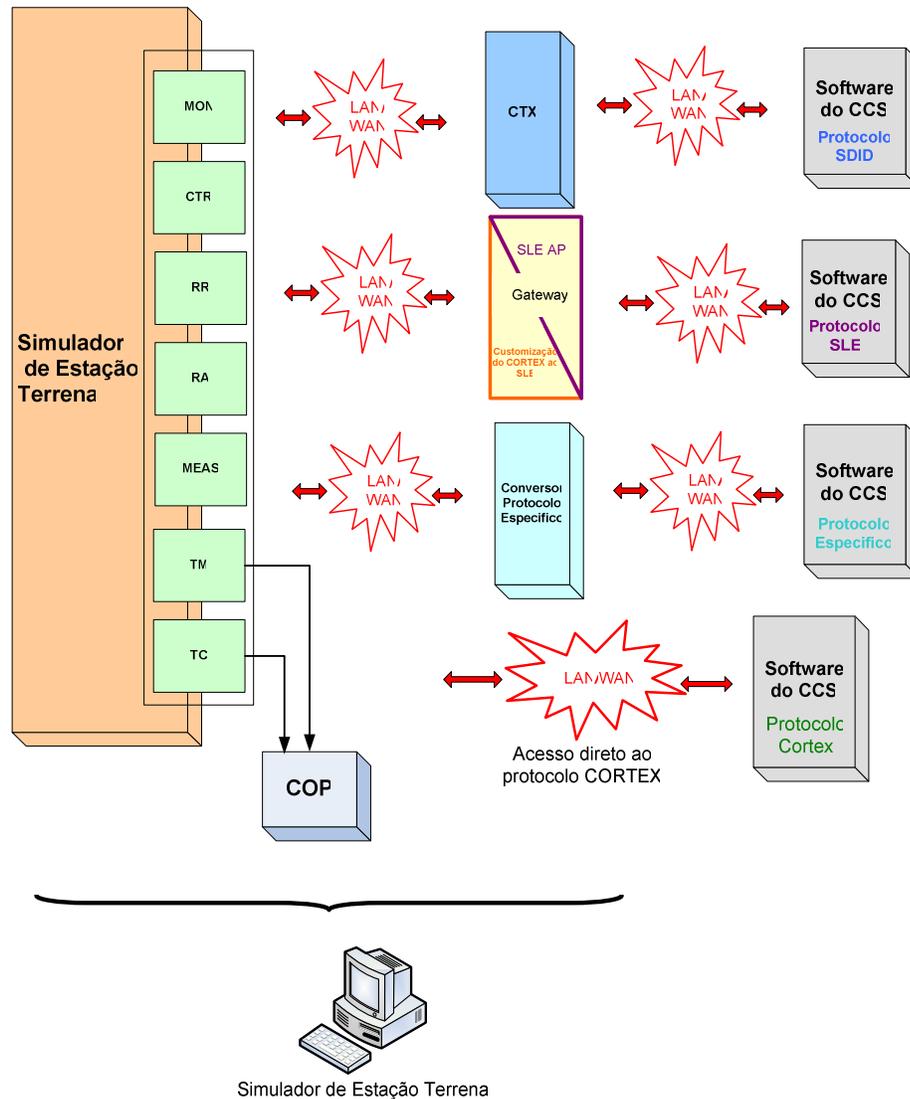


Figura 9. Arquitetura “Plug and Play” de suporte cruzado para um Simulador de Estação Terrena

7. CONCLUSÕES

Este artigo descreve brevemente a área de Serviços a Suporte Cruzado do CCSDS através da proposta de uma arquitetura “*plug and play*” de suporte cruzado para um simulador de estação terrena. Para fins de testes prévios de cenários onde, Estações Terrenas possam interoperar com diversas agências espaciais na solicitação e execução de serviços de telemetria, rastreio e telecomando.. Usando o exemplo de suporte cruzado à missão indiana Chandrayaan-1, o sistema CORTEX-SLE foi mostrado como a base para as atuais estações terrenas do INPE e sua simulação. O uso desta topologia bem sucedida foi possível devido à aderência a alguns padrões CCSDS. Para obtenção de maior interoperabilidade uma proposta foi apresentada para permitir que o simulador da estação terrena possa ser usado com Centros de Controle de Satélite que utilizam protocolos conhecidos baseados em CORTEX, SDID ou outros aderentes a CCSDS. Adicionalmente, um conversor de protocolo específico será necessário para todos os outros CCS’s que utilizem protocolos particulares. Uma visão sumária de arquitetura de “*plug and play*” do simulador da Estação Terrena para provisão de maior versatilidade foi apresentada esquematicamente. A metodologia de simulação a ser adotada contribuirá positivamente nas fases iniciais de projetos de missões espaciais e na mitigação de seus riscos operacionais caso funcionalidades de SLE sejam necessárias.

8. REFERÊNCIAS BIBLIGRÁFICAS

- CCS 1990, CCS, “*Introduction to CCSDS Cross Support*”, CCSDS 910.0-G-1 GREEN BOOK.
CCSDS Link, 2008 – *CCSDS Link*, Vol. 3 Issue 3 — December 2008.
CCSDS, 2009, CWE – *CCSDS Collaborative Environment*, disponível online <http://cwe.ccsds.org/css/default.aspx>
Cortex, 2006, *CRT-XL User's Manual* DTU 100042, IN-SNEC, France.
ISRO, 2008, Chandrayaan-1 – *India's First Scientific Mission to the Moon*, disponível online <http://www.isro.org/chandrayaan/htmls/home.htm>.
Laroque, C. and Clauss, P., 2006, “*Cortex SLE Provider System – From prototype, to product, to successful Operations*”, Proceedings of the SpaceOps 2006 Conference.
MOIMS, 2009, MOIMS-CCSDS – *Mission Operations and Information Management Systems*, disponível online <http://cwe.ccsds.org/css/default.aspx>.

8. OBSERVAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluso neste artigo.