

# SPICE - Space Internetworking Center

Hugo Gomes, Beatriz Monteiro, and Carlos Costa

Universidade do Minho, Departamento de Informática, 4710-057, Braga, Portugal  
E-mail: {a96842,a95437,a88551}@alunos.uminho.pt

**Resumo** À medida que a quantidade e a complexidade das missões espaciais aumenta, a comunicação de dados no espaço também evolui e a ligação entre redes substitui ou complementa os protocolos tradicionais de telecomunicações. Este artigo apresenta o Space Internetworking Center (SPICE), um centro de investigação europeu cuja missão assenta no desenvolvimento de novas tecnologias de telecomunicação que permitam uma melhor comunicação de dados em missões espaciais, onde a latência e a conectividade são imprevisíveis.

## 1 Introdução

O SPICE (Space Internetworking Center) foi fundado no dia 1 de setembro de 2010 em Xanthi, na Grécia. Este é um centro de pesquisa e de investigação que tem como objetivo desenvolver tecnologias avançadas de comunicação para missões espaciais, focando-se, por isso, na área de redes espaciais.

O laboratório de Sistemas Interconectado do Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação da Universidade Democrática de Trácia localizado na Grécia foi a que mais contribuiu para os requerimentos arquiteturais, a standardização dos objetivos e projetando o futuro da SPICE.

## 2 Objetivos

O grande objetivo do SPICE é liderar no campo de pesquisa nesta comunidade, de modo a desenvolver o conhecimento na área das DTN (*Delay-Tolerant Networking*), isto é, uma arquitetura de redes de computadores que visa os problemas técnicos em redes heterogêneas, nas quais pode haver falta de conectividade de rede contínua (queda de ligação).

E, desta forma, criar atenção de volta deste tema e estimular a exploração de conhecimento até a variadas organizações europeias.

## 3 Impacto

Até há uns anos acreditava-se que as capacidades do SPICE seriam apenas aplicadas a missões espaciais, porém, este pode constituir uma solução vital para o futuro das comunicações.

Dada a grande quantidade de telemóveis inteligentes e disponíveis em todo o mundo, juntando a possibilidade de haver pequenos satélites que oferecem serviços de internet no futuro, o espaço poderá vir a ter uma papel fundamental para ligar pessoas e dispositivos no futuro.

Como existe a capacidade de aplicar o poder da tecnologia da internet na órbita da Terra, na Lua ou até mesmo no Universo, o SPICE irá unificar a conexão à internet e às tecnologias em voos espaciais. Sendo assim:

- Missões espaciais poderão chegar a locais mais distantes no espaço, uma vez que a partilha de recursos de diferentes agências permitem o seu maior alcance;
- Dados espaciais não serão desperdiçados, mas sim explorados e disseminados para outras agências espaciais, algo que hoje em dia isso não acontece;
- Políticas sociais serão implementadas, visto que o espaço pode suportar acesso global de baixo custo de internet.

## 4 Banco de testes do SPICE

O banco de testes do SPICE foi melhorado com mais nodos e componentes especializados que simulam com grande precisão a funcionalidade de estações terrestres, ligações espaciais e satélites. O objetivo deste banco de testes seria desenvolver e avaliar uma grande variedade de arquiteturas e protocolos para comunicações espaciais. Em destaque, o banco de testes do SPICE apresenta as seguintes características:

- Uma simulação realista de comunicações espaciais, ao contrário de outros bancos de testes DTN que focavam-se em comunicações terrestres. Por exemplo, o SPICE tinha uma ligação com o satélite geoestacionário HellasSat 2, para avaliar e implementar os mecanismos e protocolos criados;
- Conformidade com equipamento de agências espaciais mais conhecidas, em particular o Simulador Portátil de Satélite (PSS) foi construído em conformidade com as especificações da ESA (Agência Espacial Europeia), o 'Cortex CRT' é usado pelas maiores agências espaciais nas suas estações terrestres em ajuda às suas missões espaciais;
- Provisão de interface para vários protocolos subjacentes. O banco de testes do SPICE não só suporta a maior variedade de camadas de convergência para protocolos subjacentes que cumprem com os padrões CCSDS (Comité Consultivo para Sistemas de Dados Espaciais) e as principais agências espaciais como também facilitam o desenvolvimento de novo *routing*, transporte e gerenciamento de esquemas;
- Escalabilidade. O banco de testes do SPICE inclui inúmeros nodos para avaliação da complexidade de cenários de comunicação que envolve imensos ativos espaciais e pode ser mais reforçada com nodos virtuais instalados num servidor de alta *performance*. Portanto, cenários complexos envolvendo constelações de satélites e vários usuários finais podem ser modelados de forma realista. Também deve ser mencionado que essa escalabilidade não adiciona nenhuma complexidade, já que o banco de testes é facilmente configurado e controlado através de estações de trabalho dedicadas.

### 4.1 Constituição do Banco de testes do SPICE

Em detalhe, o banco de testes do SPICE abaixo especificado:

- **15 nodos de emulação:** Estes nós montados em 'rack' são máquinas computacionais poderosas que conseguem correr vários testes pesados computacionalmente em simultâneo. Para este propósito, os nodos são guardados em salas muito bem ventiladas com ar condicionados, bem como a maioria dos outros componentes da mesa de testes;
- **20 nodos DTN móveis:** Estes nodos DTN são usados para emular testes DTN terrestres. Estes nodos fazem parte de computadores que correm sistemas operativos Unix e suportam a maioria das implementações disponíveis, como também telemóveis Maemo e Android para avaliação e experimentação das implementações DTN correspondentes, bem como DTN2 e IBR-DTN;
- **Equipamento de redes (switches, firewall, router):** O equipamento de redes adquirido foi usado para conectar os mais variados componentes do banco de testes, ligar o próprio banco de testes pela 'internet' e protegê-lo de ataques externos;
- **Aparelhos de armazenamento de dados:** Estes aparelhos tem capacidade de armazenamento dos nodos de emulação, para que no futuro se possa destruir esses dados guardados;
- **Equipamento de comunicação por satélite:** Este equipamento juntamente com a ligação ao satélite 'HellasSat' é usado para experimentos, na qual interliga o banco de testes localizado em Xanthi, às premissas de 'Hellenic Aerospace Industry (HAI)', perto de Atenas;
- **Simulador Portátil de Satélite da ESA:** O simulador portátil de satélite está integrado no banco de testes DTN para representar a existência de ligações usadas pela

ESA. Em particular, o simulador suporta o protocolo de telemetria (TM) para o 'down-link' e o protocolo de telecomando (TC) para o 'uplink'. Deve ser notado que este simulador portátil de satélite da ESA é a forma mais eficaz para avaliar a *performance* do protocolo de satélite. Uma vez testado no simulador, então pode ser automaticamente aplicado a uma ligação real de um satélite a uma estação terrestre;

- **Sistema CORTEX CRT:** O sistema CORTEX CRT-XL permite uma melhoria contínua do processo de sinal e suporta futuras standardizações através do processamento da telemetria e processamento de telecomandos CCSDS;
- **Satellite Tool Kit (STK):** STK é um *software* de análise e modelagem de missão pronto para espaço, defesa e sistema de inteligência. STK é usado para modelar complexos sistemas (satélites, instalações terrestres), juntamente com os seus sensores e comunicações, no contexto de ambiente de missão. Através da visualização integrada, o *software* STK traz um claro entendimento através do comportamento do sistema e *performance* medida em relação aos objetivos da missão;
- **Sensores:** A compra de sensores foi usado em testes terrestres DTN, onde o ambiente de dados dos quais são reunidos de fontes externas numa forma *delay-tolerant* (através de uma abordagem de transferência de dados). Tais dados podem ser combinados com informação vinda de satélites, em ordem de providenciar novas aplicações em imensos domínios como observação da Terra.

## 5 Conclusão

Nesta última década, o SPICE mostrou estar na vanguarda da investigação no que se trata de comunicação de dados em ambientes difíceis, e a sua missão permitiu a transversalidade das tecnologias e protocolos de telecomunicação espacial para redes terrestres.

O seu banco de testes revelou ser dos mais fidedignos e habilitados para o desenvolvimento de protocolos e arquiteturas DTN, com uma escalabilidade que permite acompanhar os cenários mais complexos utilizando tecnologia de ponta.

Assim, é bastante fácil reconhecer o contributo do SPICE para a comunicação espacial, e também o seu potencial para o futuro da ligação entre redes no nosso planeta.

## References

1. <http://www.spice-center.org/activity-summary/>
2. [http://www.spice-center.org/files/final-event/booklet\\_final.pdf](http://www.spice-center.org/files/final-event/booklet_final.pdf)