

# Serviço de rede para o Sistema de Controle e Rastreo de Satélites da Estação Multimissão de Natal (EMMN)

Moisés Cirilo de B. Souto<sup>1</sup>, Helio Sousa Peres<sup>2</sup>, Manoel Jozeane M. de Carvalho<sup>3</sup>

<sup>1 2 3</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Centro Regional do Nordeste.

Rua Carlos Serrano, 2073, Lagoa Nova, 59076-740 - Natal, RN – Brasil

moises@crn.inpe.br, heliosp@crn.inpe.br, manoel@crn.inpe.br

**Abstract.** *This paper describes a network service to communicate between Graphical Supervisory Interface (IGS) and the Control and Supervision Software (SC) on antenna of Natal Multi-mission Station (EMMN). In this work, we change the previously monolithic architecture of the system for a new architecture in layers, based on the client/server paradigm. This new architecture is composed by a new structure where the client program (used by the operator, IGS), communicates using the Ethernet network and TCP / IP protocol with the server program. It has been developed with free software, distributed in Local Network over Server/client paradigm, using TCP/IP protocol. The server program then communicates directly to the hardware control module of the antenna using an AD / DA converter.*

**Resumo.** *Este trabalho descreve um serviço de rede para comunicação entre a Interface Gráfica Supervisória (IGS) e o Software de controle (SC) da antena da Estação Multimissão de Natal (EMMN). Neste trabalho, muda-se a arquitetura monolítica existente anteriormente, para uma arquitetura em camadas, baseada no paradigma cliente/servidor. Esta arquitetura é composta de estrutura onde o programa cliente (utilizado pelo operador, que é a IGS), comunica-se via rede Ethernet, através do protocolo TCP/IP, ao programa servidor. O programa servidor comunica-se então diretamente ao hardware do módulo de controle da antena através de um conversor AD/DA, executando o comando desejado.*

## 1. Introdução

Este trabalho tem por objetivo o desenvolvimento de um *software* de comunicação entre uma interface gráfica supervisória e o sistema de rastreo de satélites da Estação Multimissão de Natal (EMMN), localizada no Centro Regional Nordeste (CRN) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em Natal, RN.

A EMMN é um projeto de pesquisa e desenvolvimento tecnológico, com origem no reaproveitamento de uma estação francesa destinada aos Satélites de Aplicação Científica (SACI), desenvolvida pelo INPE. Está sendo projetada para agregar as funcionalidades do centro de controle e missão, com base em computadores interconectados através de rede Ethernet. Esta é composta por vários subsistemas, dentre eles, o sistema de controle de sua antena para o rastreo de satélites (Subsistema de Controle e Rastreo – SCR).

Este trabalho objetiva desenvolver um sistema capaz de conectar de forma ponto-a-ponto o controle de operação da estação, simplificando e tornando robusta a interface do usuário à EMMN. Através deste sistema o servidor conectado através de rede Ethernet recebe as requisições feitas pelo cliente em rede. Validadas as requisições estas são encaminhadas ao software controlador da antena que as executa.

## 2. Subsistema de Controle e Rastreo (SCR)

O SCR, Subsistema de Controle e Rastreo é responsável por fazer a automação da operação da antena da EMMN. Os módulos envolvidos e sua interação com a estação podem ser vistos na Figura 1.

O SCR é formado por quatro módulos, que embora sejam apresentados a seguir, foram desenvolvidos por [Queiroz e Carvalho 2006] e não serão discutidos em detalhes neste trabalho: o módulo posicionador (motores, engrenagens, sensores de posição, etc.), o módulo de potência (inversores, chave contactora, etc), o módulo de comando (relés, fontes, fusíveis, etc.) e o módulo de controle (computador e placa conversora AD/DA). Neste último encontra-se o Software de Controle (SC).

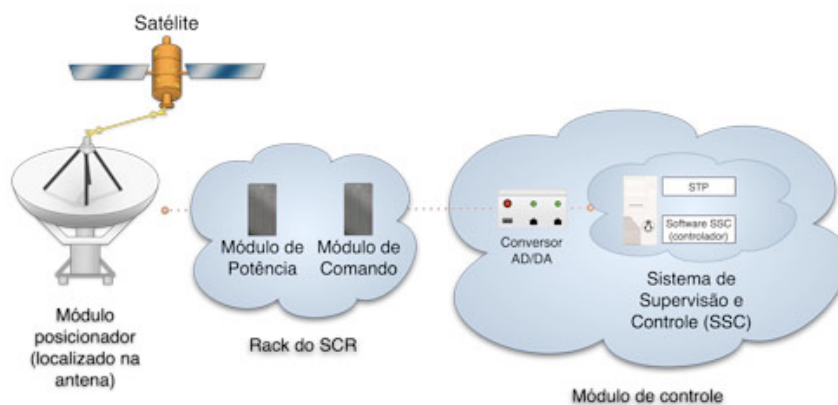


Figura 1. Estrutura de Hardware do Subsistema de Controle e Rastreo (SCR) da EMMN

### 2.1. Módulo Posicionador

O módulo posicionador da antena permite que a mesma se movimente nos dois eixos, azimute e elevação, de forma independente [Queiroz e Carvalho 2006] .

### 2.2. Módulo de Potência

O modulo de potência é responsável pelo acionamento e controle de velocidade dos motores que recebem sinais proveniente do módulo de controle [Queiroz e Carvalho 2006] .

### 2.3. Módulo de Comando

O módulo de comando suporta todos os circuitos que controlam a alimentação dos equipamentos que atuam sobre os motores, conhecidos como inversores [Queiroz e Carvalho 2006] .

Logo após as devidas configurações no módulo de controle (calibração da placa AD/DA, configuração e inicialização do sistema), a chave principal do módulo de

comando deve ser acionada, com isso, as fontes de alimentação são ligadas, e o *software* de rastreo poderá ser utilizado.

## 2.4. Módulo de Controle

O *software* que realiza o controle da estação EMMN (SC), pertence a este módulo que é composto ainda pelo servidor em rede *ethernet*, escopo deste trabalho, responsável por receber e encaminhar a requisições válidas ao Software de Controle (SC) (o mecanismo de validação das requisições será explicado adiante) e pela placa conversora AD/DA [Queiroz e Carvalho 2006] .

Os clientes operam o SCR e todos os seus módulos a partir do Software de Rastreo de Satélites (SRS).

## 3. Software de Rastreo de Satélites (SRS)

A principal função do Software de Rastreo de Satélites (SRS) é servir de interface entre as requisições do usuário na execução de um dado evento (posicionar a antena, por exemplo) e repassá-las para o *software de controle* (SC) que é responsável por processar as requisições recebidas controlando o *hardware*. O Software de Rastreo de Satélites (SRS) é composto de Interface Gráfica Supervisória (IGS), módulo cliente/servidor para comunicação em rede *Ethernet* e Sistema de Controle (SC). O Software de Rastreo de Satélites (SRS) deve apresentar ao usuário a situação atual da estação, bem como um sinal de sucesso ou fracasso ao término de cada evento solicitado. O *status* da EMMN é monitorado pelo *software de controle* (SC) e em seguida repassado para apresentação ao operador, que tem a visualização a partir da interface gráfica supervisória(IGS). A Figura 2, mostra o fluxo de comunicação e troca de informações no sistema.

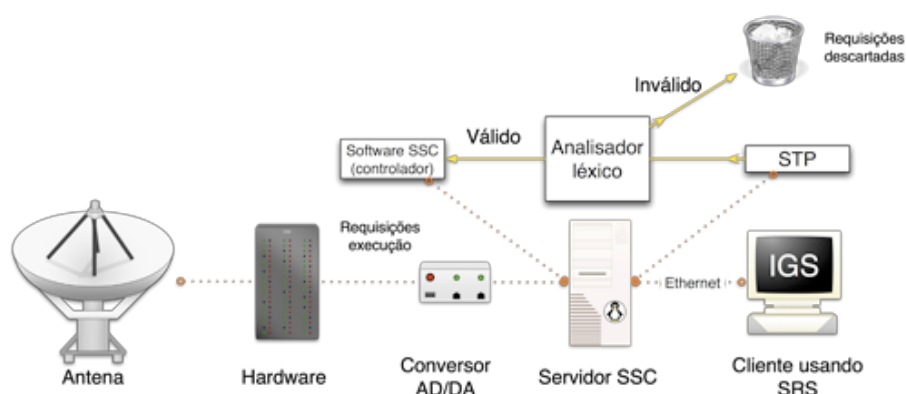


Figura 2. Fluxo de comunicação

O retorno de informação do Software Controle (SC) para a Interface Gráfica Supervisória (IGS) são feitos através de comunicação em rede *Ethernet*, usando o protocolo TCP/IP. O programa responsável pela filtragem e validação de requisições é o Servidor TCP/IP que será chamado de STP.

Existem três etapas até que a requisição que o usuário fez no SRS seja entregue e executada pelo SC. Quando o usuário executa a ação no SRS (computador cliente), através da IGS (interface gráfica supervisória), um requisição é criada, a IGS usando o cliente TCP/IP tenta conectar-se através da porta TCP 4950 ao STP, programa em

execução no Servidor do SC, que serve pra filtrar as requisições, como foi explicado anteriormente. Caso a conexão seja estabelecida a requisição é enviada a partir do SRS ao STP. Quando recebida no STP este submete a mensagem ao analisador léxico para verificar se a requisição recebida é válida e se deve ser repassado ao SC para execução. Sendo a requisição validada pelo analisador léxico contido no STP, a requisição pode então ser tratada pelo SC.

Esta separação de tratamento em etapas torna o processo de adaptação e recompilação do sistema mais rápida e simples.

### **3.1. A Interface (IGS) do Software de Rastreo de Satélites (SRS)**

A Interface Gráfica Supervisória do SRS (IGS) tem como objetivo promover uma camada de abstração entre o SC e os usuários da EMMN, permitindo a realização de tarefas de operação, manutenção, rastreo e posicionamento da antena, sem atuar diretamente no *Hardware* (HW) da estação. Toda a operação era feita a partir de uma interface em modo texto, usando a biblioteca *ncurses*. O operador necessariamente deve possuir familiaridade com o *GNU/Linux*, já que toda a aplicação de supervisão é executada sobre um terminal interpretador de comandos.

A EMMN agregará diversas funcionalidades e servirá principalmente como centro de controle para as diversas missões que serão realizadas para o Sistema Brasileiro de Coleta de Dados. Muitos operadores, com diferentes graus de conhecimento sobre o *GNU/Linux*, devem atuar sobre a mesma, portanto, é requisito que o sistema seja de fácil utilização e de rápido aprendizado. Definiu-se então o modelo de comunicação baseado em rede com interface gráfica.

Para tanto foi desenvolvida uma interface gráfica atendendo a tais requisitos, em [Peres e Carvalho 2007]. A interface gráfica foi criada utilizando a biblioteca de classes, sob licença GPL, para C++ e conjunto de ferramentas para construção de aplicações gráficas QT 3 [Blanchette e Summerfield 2004], como framework para a interface gráfica da aplicação. O modelo de comunicação em rede foi adicionado a partir deste trabalho, tendo sido utilizado BSD Sockets na criação dos sockets clientes e o GNU/Linux como sistema operacional usado no desenvolvimento e execução da aplicação.

### **3.2. Programa Servidor TCP/IP**

O principal componente do STP é um analisador léxico que tem como função determinar a estrutura léxica de um código fonte a partir dos *tokens* (marcas) produzidas pela varredura e construir, explícita ou implicitamente, uma árvore sintática, que represente essa estrutura [Louden, Kenneth C. 2004]. Neste trabalho o analisador léxico analisará não código fonte de um programa, mas sim requisições recebidas em formato de *string ASCII* enviadas através da rede utilizando *sockets* TCP/IP.

Para validar o comando o analisador léxico, localizado no STP, verifica nas expressões regulares que descrevem o protocolo desenvolvido para comunicação entre IGS e SC, se a requisição feita atende os requisitos previstos. Pode-se fazer analogia as regras gramaticais de uma gramática livre de contexto, estrutura a partir do qual o analisador fará a construção sintática supracitada. Uma mostra de um comando deste protocolo pode ser visto na Tabela 1.

**Tabela 1. Tabela com algumas das requisições válidas do protocolo as quais o STP deve permitir a execução.**

Comando	Parâmetro	Descrição	Valor de Retorno ao socket	Retorno ao IGS
MV	<valueAZ> <valueEL>	Movimenta a antena manualmente até a posição escolhida. Se um eixo não deve ser movido, usar "." no lugar do valor. Ex. MV .:120	0: OK 20: Erro 255: Erro	\$MSGBOX:<type>,'mensagem e'

Evitando que por exemplo alguém através da rede requisição que o conteúdo do disco rígido do servidor seja deletado, Isso porque o analisador léxico contido no STP irá descartar a requisição.

A comunicação com o hardware é feita através do SC, que utilizando-se do *comedi*, oferece drivers para uma variedade de dispositivos de aquisição de dados e da biblioteca *open source comedlib* que oferece facilidade para manipulação do dispositivo interfaceado [Scleef, Hess Mori e Abbott 2009]. Essas bibliotecas tem como função principal permitir a comunicação com o *hardware* através da placa conversora AD/DA, PCI 6025E da *National Instruments*.

#### 4. Resultados

Para que a comunicação através de rede do sistema de controle e rastreamento da antena da EMMN seja possível sem ocasionar falhas, o atraso inferido pela comunicação em rede acrescido do tempo de execução do posicionamento da antena não pode ser maior que 1 segundo, já que este é o tempo de amostragem e processamento quando um rastreamento está em execução. Esta é a métrica de tempo mais importante a ser garantida, uma vez que seria a única que poderia interferir (caso esse sistema fosse de tempo real) diretamente no correto funcionamento do sistema de controle, embora existam outras restrições não relevantes a este trabalho, tais como: atrasos induzidos por falhas nos inversores, desgaste nas engrenagens do módulo posicionador etc.

Apresentamos médias de resultados, uma vez que o sistema não utiliza um sistema operacional de tempo real e não são apresentadas medições em ambiente real, já que o sistema ainda não está em produção.

Em medições realizadas na execução de uma instrução de escrita no eixo de azimute e elevação, afim de posicionar a antena durante um rastreamento, constatou-se que a referida instrução contabiliza, em média, 16ns, quando executada de dentro do SSC, usando a interface em ncurses e conectado diretamente ao hardware, através do conversor AD/DA.

Inicialmente, este sistema funcionará em rede ponto-a-ponto do tipo Ethernet, com conectores RJ-45, cabo par trançado CAT-5e, a conexão ponto-a-ponto de 100mbps, portanto, o tempo de atraso induzido pela rede será praticamente irrelevante, em torno de 1ms.

Nos testes, a execução do socket com a filtragem do analisador léxico rendeu um tempo de execução, em média, de 800 ns. A passagem de parâmetros em um vetor através da execução (ARGC e ARGV) do STP para o SSC incrementou em 100ns a execução.

Portanto, mesmo somados os tempos de comunicação entre IGS e STP, com a filtragem por parte do analisador léxico (800ns), a passagem via parâmetro do comando recebido pelo STP e que será repassado ao SSC por ARGC e ARGV (100ns) somados ao tempo de execução pelo SSC (16ns) sequer chegam perto do patamar crítico de 1 segundo.

Ademais, mesmo que o atraso da rede somado com execução superasse o patamar crítico de 1 segundo, não haveria perdas para o sistema, já que a antena não é controlada manualmente durante um rastreamento. Um arquivo contendo as efemérides é previamente enviado através da IGS para o SC. Assim, quando este arquivo é transferido para o SSC o sistema não depende mais da rede.

## **5. Conclusões**

Realizadas simulações e avaliações de métricas, pode-se afirmar que a comunicação em rede do Sistema de Controle e Rastreamento de satélites da EMMN é possível. Além disso, que os impactos negativos como atrasos, são mínimos e que certamente estes são superados rapidamente pela quantidade de benefícios introduzidos pela proposta de arquitetura defendida neste trabalho

Uma das metas do projeto é que todo o desenvolvimento seja de baixo custo e utilize exclusivamente software livre. Essa meta é justificada pela necessidade de não haver dependência de fabricantes com padrões proprietários, seja de software ou hardware.

Dessa forma garante-se uma estação facilmente intercambiável, de fácil manutenção e que não ficará obsoleta por um padrão de software ou hardware ser descontinuado pelo fabricante. Ademais, o código escrito utilizando-se de software livre e integrado a hardware genérico, facilita o processo de portabilidade de arquitetura, permitindo a qualquer momento substituir um componente de hardware ou software sem a necessidade de reescrever toda a aplicação, sendo feito apenas ajustes.

O código fonte não está disponível na internet em razão de seus algoritmos serem direcionados ao hardware desenvolvido para a Estação. O que o torna de pouca utilidade para outros usuários que não possuam um hardware semelhante ao da EMMN. Entretanto, a disponibilização em um futuro próximo, mesmo apenas para fins didáticos, não está descartada.

## **Referências**

QUEIROZ, Kurios Iuri Pinheiro de Melo e CARVALHO, Manoel Jozeane Mafra de (2006). Descrição Funcional do Subsistema de Controle e Rastreamento da Estação Multimissão de Natal (EMMN).

PERES, Hélio Sousa e CARVALHO, Manoel Jozeane Mafra de. (2007). Desenvolvimento de aplicação para Linux utilizando Kdevelop e Qt.

Blanchette, Jasmin e Summerfield, Mark (2004) C++ GUI Programming with Qt 3, Prentice Hall, 1ª edição.

Scleef, David, Hess Mori, Frank e Abbott, Ian (2009) “Comedi: linux control and measurement device interface”, <http://www.comedi.org/> Acesso em: Abril de 2010.

Louden, Kenneth C. (2004) Compiladores: Princípios e práticas, Pioneira Thomson Learning, 1ª edição.