

**V SEMINÁRIO NACIONAL DE  
CONTROLE E AUTOMAÇÃO**  
INDUSTRIAL, ELÉTRICA E DE TELECOMUNICAÇÕES

Promoção:



## Proposta de uma arquitetura de comunicação em ondas curtas

**Roque J. J. Carmo\*, Eduard M. M. Costa\*\***

\* UFBA/EP/DEM/PPGM

\*\* Faculdade ÁREA1

**GRUPO:** ☐ A ☐ B ☐ C ☒ D ☐ E

**PALAVRAS CHAVE:** protocolo, sistemas distribuídos, rádio frequência, automação de sistemas, redes de Petri.

**RESUMO** - O presente trabalho faz uma abordagem sobre uma arquitetura para comunicação em rádio frequência entre nós de um sistema automatizado. De forma concisa são levantados aspectos da criação de um protocolo para se trabalhar em ondas curtas na faixa de 3 a 30 MHz. A validação do protocolo será através do uso de redes de Petri. A necessidade de desenvolver uma nova tecnologia que propicie uma interação inteligente e eficiente entre os nós e o sistema supervisorio é um dos motivos que retrata a importância deste trabalho.

**ABSTRACT** - This work is about an architecture for communication using frequency radio between nodes in a automation systems. In a concise way some aspects are raised from the creation of a protocol to work on shortwaves, from 3 to 30 MHz. The validation of the protocol will be through using Petri networks. The necessity of developing a new technology that allows an intelligent and efficient interaction between nodes and a supervisory system is one of the reasons that shows the importance of this work.

### INTRODUÇÃO

Atualmente os protocolos de comunicação utilizados para monitoração dos processos de automação são de caráter meramente informativo para uma central de monitoramento e supervisão. Não existe a preocupação de um monitoramento temporal de forma regular e tolerante a falhas para o processo produtivo. A perspectiva de criar um mecanismo de comunicação que trabalhe em rádio frequência faz-se como um diferencial das tecnologias abordadas para a arquitetura. Criar um protocolo, com tais especificações, em cima da tecnologia de rádio frequência torna-se um desafio e a sua criação impacta numa redução de custo, confiabilidade, funcionalidade e eficiência do processo produtivo das unidades do sistema. Apesar do objeto de escopo do produto está voltado para o gerenciamento e produção de um

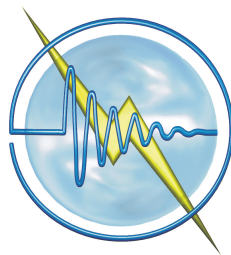
sistema automatizado, este protocolo pode alcançar uma utilização vasta em outras áreas. A proposta visa oferecer ao projeto um meio de comunicação que assegure aos nós da rede uma comunicação interativa, segura, distribuída e de certa maneira um monitoramento temporal do funcionamento do mesmo.

O presente trabalho além de poder permitir a central a supervisão temporal da produtividade dos nós, visa:

- Disponibilizar uma arquitetura onde os nós se comuniquem entre si para poderem tomar suas próprias decisões;
- Uma possível alteração dos parâmetros dos nós na central reduzindo a necessidade de um operador está indo sempre ao campo.

As decisões tomadas por cada nó podem mudar desde os parâmetros de sua produção ou até mesmo desabilitá-lo. Em regiões de caráter inóspitas, onde o acesso humano seja praticamente nulo, esta estrutura apresenta-se como uma alternativa viável e de grande importância. Isto reduzirá a necessidade que um operador vá ao campo todas as vezes e altere os parâmetros dos nós. Assim a ida do operador ao campo se resumirá somente em intervenções de manutenções corretivas ou preditivas das unidades, já que os parâmetros podem ser mudados de forma autônoma por cada nó ou até mesmo através da central. Este processo tenderá a um menor tempo de correções e detecções de falhas no processo de produção.

O trabalho aborda a concepção de um protocolo que seja eficiente e propicie o funcionamento da arquitetura pretendida. Características como evitar as colisões no meio podem ser atenuadas com o uso do RTS/CTS (Request To Send/Clear To Send) onde antes de o transmissor enviar um



## V SEMINÁRIO NACIONAL DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

INDUSTRIAL, ELÉTRICA E DE TELECOMUNICAÇÕES

RTS ele aguarda um CTS do receptor. A recepção de um CTS indica que o receptor está apto a receber o RTS, [Maker 1998]. A figura 1 abaixo mostra o funcionamento do RTS/CTS.

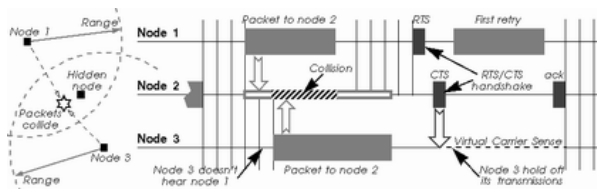


Figure 1. RTS/CTS e nós escondidos em CSMA/CA

Outra característica a qual se pretende acoplar ao protocolo é a prioridade de níveis de mensagens. Mensagens oriundas da central ou como um pedido de reconfiguração do meio possuem prioridade superior às mensagens tidas como dados enviados dos nós para formarem a base conhecimento dos outros nós.

Outro fator importante do protocolo está na capacidade de o mesmo encriptar o conteúdo e o cabeçalho de destino com o objetivo de dificultar a captura e decodificação correta do conteúdo da mensagem por estações e intrusos indevidos. As informações trocadas pelos nós e o sistema são de extremo sigilo e segurança.

A modelagem do funcionamento de comportamento do protocolo será dada através do uso de redes de Petri. A estrutura do trabalho em questão está estruturada da seguinte maneira: Introdução, Redes de Petri, Rádio Frequência, Arquitetura Proposta e Conclusão.

### REDES DE PETRI

Como citado em [Zuberek 1985], uma rede de Petri é conhecida com um modelo formal e abstrato de comunicação entre componentes assíncronos de um sistema. O maior uso de redes de Petri tem sido na modelagem de sistemas de eventos que podem ocorrer de maneira concorrente, mas existem condições para a concorrência, precedência, ou frequência destas ocorrências.

Os sistemas de comunicação e automação são do tipo eventos discretos e, portanto requerem linguagens e ferramentas de modelagem específicas para o seu tratamento. A complexidade da maioria dos sistemas torna quase fundamental a adoção de métodos de especificação rigorosos, que possibilite a

validação e o teste de especificações ainda durante uma fase inicial.

Métodos formais são linguagens, técnicas e ferramentas baseadas na lógica e na matemática discreta, usados para especificação e verificação de sistemas. O uso de métodos formais é, sem dúvida, indicado na especificação de sistemas críticos, mesmo que não estejam presentes em todas as etapas da especificação do projeto. Dentre as vantagens da utilização de métodos formais, destacamos as que se seguem:

- Reduzem a dependência da intuição e julgamento humanos;
- Possuem grande poder de abstração;
- Aumentam a compreensão do sistema, detectam inconsistências e ambigüidades na especificação.

### RÁDIO FREQUÊNCIA

As ondas eletromagnéticas propagam no vácuo com a velocidade da luz  $c = 299,792,458$  m/s. As ondas eletromagnéticas abrangem várias faixas de frequências ou extensões de onda, como mostra a figura 2 abaixo segundo [Raisanen and Lehto 2003].

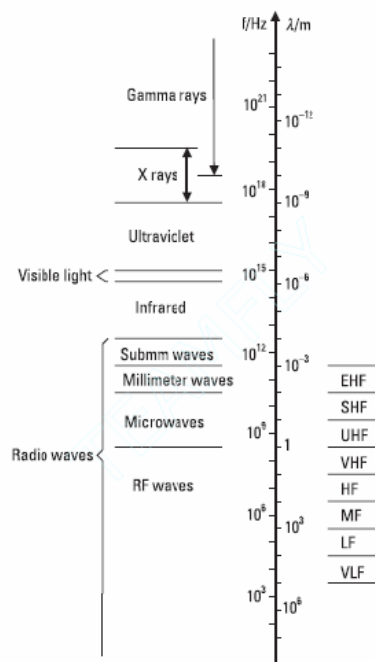
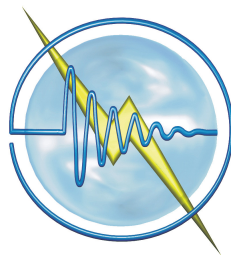


Figure 2. Espectro Eletromagnético

Ondas de rádio têm muitas aplicações e muitos usuários. Entretanto, o espectro de rádio frequência é limitado por natureza. Diversos



## V SEMINÁRIO NACIONAL DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

INDUSTRIAL, ELÉTRICA E DE TELECOMUNICAÇÕES

aspectos de propagação das ondas de rádio ainda não são completamente entendidos. Pelo contrário, descobertas relativamente recentes em física quântica tornaram mais difícil ainda descrever exatamente de que consiste a onda de rádio. As ondas curtas referem-se à parte do espectro eletromagnético que corresponde às frequências compreendidas entre 3 e 30 MHz. Sua principal característica é a propagação a longas distâncias, tornando possíveis comunicações tais como emissões radiofônicas internacionais (international shortwave broadcasting), radioamadorismo e coordenação de viagens a longa distância por estações móveis marítimas.

Conforme [Campos 2005], as definições das ondas eletromagnéticas e em especial das ondas curtas, o espectro das Altas Frequências (HF), está organizado em bandas, que são padronizadas internacionalmente, girando em torno da frequência central correspondente ao seu comprimento de onda. A padronização das faixas e sua utilização, é efetuada pelo ITU - International Telecommunications Union. Desta forma, poderemos sintetizar quais bandas em metros são mais propícias a escuta dependendo das condições de propagação. Assim é possível sintetizar quais bandas em metros são mais propícias a escuta dependendo das condições de propagação.

A propagação das ondas de rádio na faixa de HF - Ondas Curtas - depende de diversos fatores. Para compreendê-la é necessário conhecer um pouco sobre a ionosfera e como as condições atuais do Sol a afetam. O sol possibilita a propagação em longa distância das ondas de rádio. Agora caso a ionosfera esteja com distúrbios, a mesma irá absorver mais sinais de rádio em HF do que propagá-los. O tempo é outro fator que afeta a propagação. Dependendo do clima, as ondas de rádio podem ser transmitidas a distâncias maiores, ou atenuadas substancialmente.

### ARQUITETURA PROPOSTA

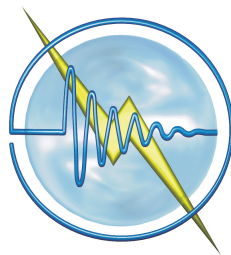
A imposição da maximização da produção e do gerenciamento dos nós além da geração de um produto de baixo custo e desenvolvimento local são fatores que motivam a criação deste trabalho. Existem muitos trabalhos na área que visam somente coletar informações dos sistemas e mandar para uma central, e nesta central

operadores tomam as decisões que acham convenientes a situação encontrada e encaminham alguma equipe para o campo em caso de necessidade. Um exemplo desta arquitetura pode ser observado em [A J Branch and Larsen 2001], onde é alocado um canal de satélite para poder fazer a conexão entre os poços de petróleo e a central. Outro meio de comunicação bastante utilizado para transmitir os dados dos poços de petróleo é a utilização de modems de tecnologia GPRS.

Os nós se comunicarão entre si utilizando a técnica de broadcasting. Sendo que nem sempre todas as mensagens enviadas serão absorvidas por todos os nós necessariamente. Existirá um padrão de prioridade nas mensagens enviadas e em caso de disputa de acesso ao meio, a que tiver maior grau de prioridade obterá o direito de comunicar. Caso a prioridade das mensagens seja idêntica descarta-se as mensagens e os nós de origem receberão um mensagem de retorno sinalizando que a mensagem enviada não foi processada.

Se em determinado tempo algum nó não for capaz de obter qualquer tipo de mensagem da zona a qual ele pertence, este nó executará um algoritmo de varredura para tentar se ajustar no meio. Caso esta tentativa seja frustrada o mesmo nó será considerado como um nó com problema na parte de comunicação. O supervisor sinalizará este problema e este nó será impossibilitado de se comunicar até que seja solucionado o problema. A característica de mudanças dos parâmetros da transmissão de sinal da proposta trabalhará de forma análoga ao protocolo RSX.25 [Greiner 1999], onde vários parâmetros podem ser usados para medir a qualidade do canal durante a transmissão.

Um exemplo da arquitetura de comunicação pretendida pode ser visualizado na figura 3 a seguir.



## V SEMINÁRIO NACIONAL DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

INDUSTRIAL, ELÉTRICA E DE TELECOMUNICAÇÕES

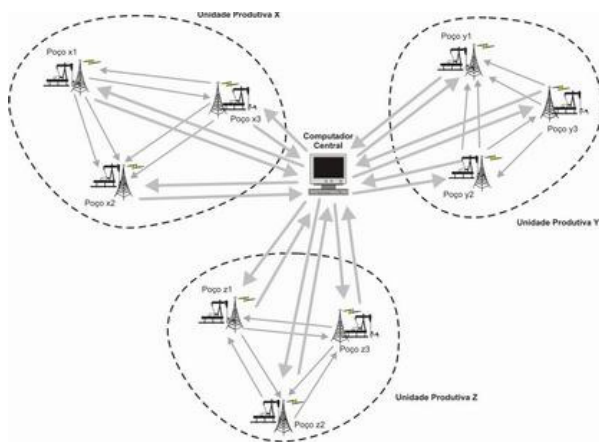


Figure 3. Arquitetura Proposta

A seguir se encontram algumas das principais características do protocolo proposto:

- Método de acesso ao meio com priorização de mensagens;
- Garantia do tempo de latência para verificação de funcionamento dos nós;
- Recepção broadcast;
- Técnicas para manter consistência de dados e sinalização de erros;
- Técnicas de detecção e sinalização de erros;
- Desligamento automático de nós com defeitos;
- Campo de tipo de mensagem etc.

Outro fator relevante na arquitetura é a criptografia dos dados para que impossibilite a captura e a interpretação dos dados por estações indevidas. Usar as técnicas de encriptação possibilitará que somente o destinatário tenha acesso ao correto conteúdo da mensagem. Além disso, antes que determinado nó venha a se comunicar com o supervisor central e os demais nós de uma unidade produtiva, será necessário que ele se autentique primeiro no meio. Ou seja, haverá uma espécie de segurança semelhante a um canal de transmissão seguro por reconhecimento tipo endereçamento MAC.

A concepção da estrutura visa criar um padrão que dificulte a ação de intrusos na rede e aquisição de dados indevidos. A encriptação do campo identificador do cabeçalho do nó de destino e origem tem este propósito. Isto cria um overhead de processamento por parte de um nó da rede, pois fará com que o mesmo descripte o cabeçalho para toda mensagem que chegar.

Contudo, tal procedimento torna-se necessário para segurança dos dados.

Cada nó terá uma identificação única não podendo coexistir dois nós como a mesma identificação e para que este nó estabeleça uma comunicação será necessário que seja checada o padrão de mensagem que está sendo enviada e se não existe qualquer outro nó com a mesma identificação no meio.

Para poder comunicar-se em uma rede com infraestrutura um nó deve antes associar-se a unidade produtiva a que pertence e o supervisor central. Este processo envolve três fases:

- Fase de avaliação.
- Fase de autenticação.
- Fase de associação.

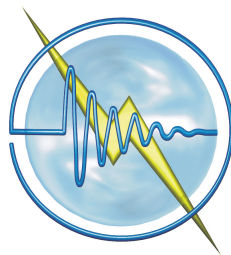
O nó envia uma requisição de avaliação no meio. Cada nó recebe uma requisição e retorna uma resposta de avaliação, contendo sua identificação. Os nós e supervisor devem estar configurados previamente para utilizar o mesmo esquema de autenticação. Uma forma de criptografia que pode ser pensada pode ser na inclusão da característica do algoritmo AES no sistema. O algoritmo de encriptação AES é dito ser um "bloco" de cifragem à medida que as mensagens são encriptadas em blocos inteiros, com unidades de 128-bits. Existem múltiplas idéias que propõem a utilização de chaves com 128, 192, 256 bits. O AES pode ser implementado tanto em hardware como em software.

Inicialmente a estrutura do frame do protocolo que se pretende utilizar no projeto segue na figura 4 abaixo:

Flag	Timestamp	Endereço	Tipo de Mensagem	Dados	Comando Específico	Controle de Erro	Flag
------	-----------	----------	------------------	-------	--------------------	------------------	------

Figure 4. Frame do Protocolo Proposto

- Flag delimita o início e fim do frame;
- Timestamp informa o momento no qual foi enviada a mensagem;



## V SEMINÁRIO NACIONAL DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

INDUSTRIAL, ELÉTRICA E DE TELECOMUNICAÇÕES

- Endereço informa para qual nó é destinado a mensagem;
- Tipo de Mensagem informa o nível de prioridade que os dados enviados possuem;
- Dados referenciam as informações propriamente ditas;
- Comando específico reserva um espaço para que seja enviado um comando específico para determinado nó da rede mediante operação do supervisor ou por um operador.
- Controle de erro verifica se a o frame possui algum erro e se este mesmo frame será descartado.

### CONCLUSÃO

Por se tratar de uma proposta de trabalho em andamento, algumas características do protocolo podem ser mudadas. Tais como o algoritmo de detecção de colisão e o algoritmo de criptografia de dados. Pode-se também pensar como uma alternativa o uso do algoritmo CDSM/CA como forma de atenuar as colisões no meio, semelhante como no protocolo 802.11. O padrão de criptografia estudado ainda pode ser ajustado mediante a capacidade de processamento dos transceptores e receptores do sistema.

A implementação do protocolo proporcionará uma economia, gerenciamento e maior agilidade na produção das unidades do sistema. O monitoramento da produção permitirá que possa acompanhar mais de perto e de maneira mais fidedigna os dados oriundos de tais unidades.

### AGRADECIMENTOS

Referenciar e/ou homenagear colaboradores ou outros que tenham contribuído significativamente para a consecução do trabalho, se assim o desejar.

### REFERÊNCIAS

Seguindo as normas da ABNT:

Autores. (ano publicação) Título, *veículo*, volume (número) página inicial-página final

Por exemplo:

- [1] H.Itoh, A. Miyamoto e Y. Murakami, (1980) The Organic Chemistry of Tin. *J. Catal.*, 34, (125) 284-303.