

REDES INDUSTRIAIS: Evolução, Motivação e Funcionamento.

Alexandre Baratella Lugli – Instituto Nacional de Telecomunicações - INATEL/MG e Max Mauro Dias Santos

Resumo: Os sistemas de controle e automação industriais atuais contemplam uma variedade de paradigmas, metodologias e tecnologias de computação, comunicação e controle, em que diversos fornecedores tendem garantir a interoperabilidade de seus componentes de forma conjunta entre eles. O nível de complexidade tende aumentar para especificação, projeto, implantação e manutenção. Como se trata de um sistema de computação distribuída, as redes de comunicação industriais estão presentes em todos os níveis de um sistema de automação industrial. Os mecanismos de padronização tendem beneficiar a integração de tecnologias de redes industriais e o comissionamento geral do sistema de automação industrial pode, assim, considerar o perfeito grau de integração entre as tecnologias de redes industriais. Entretanto, falhas ao nível de não atendimento das padronizações podem existir em todos os níveis, desde a concepção, projeto, instalação e manutenção das redes industriais. Assim, é necessário propor mecanismos de comissionamento para redes industriais, com o intuito de beneficiar os desenvolvedores e usuários finais, garantindo um bom desempenho para que o sistema de controle possa desempenhar sua função de acordo com as especificações de projeto. É interessante garantir, também, que a infraestrutura de distribuição de alimentação da rede seja realizada de forma satisfatória, conforme requisitos mínimos de carga, comportamento e controle para cada componente e subsistema.

Palavras chaves: Ethernet, Redes Industriais, Meio Físico.

1. Introdução

Os sistemas de automação industriais englobam uma variedade de tecnologias onde as áreas de computação, comunicação e controle co-existem entre si, elevando o grau de complexidade nas fases de concepção, projeto, implantação e manutenção.

Este cenário heterogêneo de tecnologias visa melhorar o desempenho da produtividade, qualidade e manutenção para a indústria de manufatura e processo, fazendo com que o usuário final possa melhorar sua capacidade de concorrência no dinâmico mercado nacional e internacional.

Um sistema de controle e automação atual para a indústria de manufatura e processos engloba diferentes paradigmas, metodologias e tecnologias, onde não existe mais apenas um fornecedor completo de soluções e sim,

diversos fornecedores que possuem conhecimento em determinado segmento tecnológico. Desta forma, têm-se mais um nível de complexidade, que se trata da integração e interoperabilidade entre as diversas tecnologias diferentes existentes no mercado.

Então, pode-se considerar que um sistema de controle e automação, consiste em uma arquitetura de computação distribuída onde diversos fornecedores devem garantir interfaces bem definidas para que diversos elementos de campo e suas funcionalidades possam operar de forma global, garantindo o correto funcionamento para o sistema de manufatura ou processo a controlar.

Os mecanismos de padronização visam facilitar a integração de componentes e subsistemas, a fim de beneficiar fornecedores, desenvolvedores e usuários finais dos sistemas de controle e automação industriais.

O processo de comissionamento para sistemas de controle e automação industrial visa assegurar que elementos de campo e suas funcionalidades sejam projetados, instalados, testados, operados e mantidos de acordo com as necessidades operacionais do usuário final. Entretanto, este processo tende a ser realizado de forma segmentada ao nível de elementos de campo e suas funcionalidades.

Como se tem uma arquitetura de computação distribuída, onde barramentos de comunicação são necessários para interligação de diferentes unidades de controle, deve-se considerar que um sistema de controle e automação industrial possui diferentes tecnologias de redes de comunicação com fio e sem fio (*wired/wireless*), denominados redes industriais, as quais são aplicadas em todos os níveis de uma instalação industrial.

A padronização de uma rede industrial traz benefícios em todos os níveis de desenvolvimento desde a concepção, projeto, instalação e manutenção do processo industrial.

Entretanto, é possível existir etapas do processo de comissionamento para automação industrial em que os requisitos de padronização não sejam satisfeitos. Desta forma, é interessante realizar o comissionamento de tecnologias de redes industriais, em um ambiente de controle e automação industrial, onde se aplica diferentes tecnologias de redes industriais. Isto garante aos desenvolvedores e usuários uma garantia a mais no processo de comissionamento geral do sistema.

Este artigo tem como objetivo apresentar mecanismos de comissionamento para serem aplicados às redes

industriais em um ambiente de controle e automação distribuído.

2. Motivação para Redes Industriais

Diversos fornecedores possuem soluções de redes de campo proprietárias, fazendo com que o cliente se torne dependente de produtos, serviços e manutenção de um único fabricante.

Com o objetivo principal da interoperabilidade e flexibilidade de operação, grupos de desenvolvedores definem normas para padronização dos protocolos, a fim de realizar o desenvolvimento comum dos diversos padrões de redes de campo. Com isto, todos levam vantagens: os desenvolvedores têm a flexibilidade de desenvolvimento de linhas de produtos em função da demanda, e o cliente não ficando totalmente preso à apenas um fornecedor. Atualmente, diversas redes de campo padronizadas estão disponíveis no mercado.

Definir uma solução de redes industriais para estabelecer comunicação em uma empresa é uma decisão importante. Os profissionais devem desenvolver e manter a integridade e funcionalidade das redes industriais, otimizar o desempenho e torná-las mais confiáveis, escaláveis e seguras.

As arquiteturas de redes industriais devem fazer com que os sinais trafeguem desde chão de fábrica até o nível de informação gerencial.

O conhecimento em redes industriais permitirá ao usuário final realizar as seguintes tarefas:

- Facilidade e segurança na aquisição dos dados, através da escolha da melhor e mais segura opção de rede.
- Produzir e comunicar com eficiência, através da correta aplicação das tecnologias exigidas pelas redes.
- Melhorar o desempenho da produção, através da adequação dos tempos de resposta das redes de chão de fábrica.
- Melhorar o desempenho na execução, através da correta especificação da rede.
- Retorno do investimento em redes, através da melhor utilização das redes de chão de fábrica.

O primeiro passo ao se conceber uma solução qualquer de automação é desenhar a arquitetura do sistema, organizando seus elementos vitais: módulos de campo para aquisição de dados, CLP's (Controladores Lógicos Programáveis), instrumentos e sistema de supervisão, em torno de redes de comunicação de dados apropriadas. A escolha da arquitetura irá determinar o sucesso de um sistema em termos de alcançar os seus objetivos de desempenho, modularidade, expansibilidade e funcionamento.

As soluções irão depender das limitações de cada projeto. Existem vários pontos que o projetista deve verificar ao iniciar o projeto. O melhor é estabelecer uma lista de pontos importantes a serem verificados. A seguir há algumas recomendações na definição de um determinado protocolo na implantação do sistema:

- Quantas são as áreas de processo envolvidas? Quais as distâncias entre as áreas? Qual o *layout* da instalação industrial?

- Haverá uma sala de controle centralizada ou apenas ilhas de comando locais?
- Existe necessidade de um sistema de *backup*? A que nível?
- Quais são as condições ambientais? Existe campo magnético intenso nas proximidades? Existe interferência eletromagnética externa?
- O cliente está familiarizado com novas tecnologias de redes de campo para instrumentação, sensores e acionamentos?
- Existem sites fora da área industrial que devam ser conectados à planta?
- Quais as necessidades dos dispositivos em termos da velocidade de transmissão de dados?
- Qual a capacidade de expansão prevista para os próximos anos?
- Existe preferência quanto ao atendimento aos padrões internacionais ou por alguma rede proprietária?
- Existe um bom suporte técnico nacional?
- Existe compatibilidade entre as famílias de produtos?

Dentre possíveis topologias para interconexão de dispositivos de automação em rede, a mais utilizada é a de barramento. A conexão utilizando a topologia em barramento traz uma série de vantagens, tais como:

- Flexibilidade para estender a rede e adicionar módulos na mesma linha.
- Permite atingir maiores distâncias do que com outros tipos de conexões.
- Redução substancial de cabeamento.
- Redução dos custos globais.
- Simplificação da instalação e operação.
- Disponibilidade de ferramentas para instalação e diagnóstico.
- Possibilidade de conectar dispositivos de diferentes fornecedores.

Contudo, a substituição de um sistema existente ponto a ponto (com CLP) por um barramento industrial possui algumas desvantagens aparentes:

- Necessidade de adquirir know-how.
- Elevado investimento inicial.
- Interoperabilidade nem sempre garantida.

3. A Evolução das Redes Industriais

O termo *fieldbus*, mencionado anteriormente, é um termo genérico que descreve as redes digitais de comunicação com a finalidade de substituir os antigos padrões 4-20mA existentes.^[i]

Nos anos 40, a instrumentação de processo confiava em sinais de pressão físicos de 3–15psi para monitorar os dispositivos de controle no chão-de-fábrica.^[i]

Já nos anos 60, os sinais analógicos de 4-20mA foram introduzidos na indústria para monitorar dispositivos de campo.^[i]

Com o desenvolvimento de processadores nos anos 70, surgiu a idéia de se utilizar computadores para monitoração de processos e se fazer o controle de um

ponto central. Com os computadores, várias etapas do controle poderiam ser feitas de forma diferentes de modo a se adaptar mais precisamente as necessidades de cada processo. ^[i]

Nos anos 80, começou-se a desenvolver os primeiros sensores inteligentes, assim como os controles digitais associados a esses sensores. Com o desenvolvimento dos instrumentos digitais era necessário algo que pudesse interligá-los. Aqui, nasce a idéia de criação de uma rede que ligaria todos os dispositivos e disponibilizaria todos os sinais do processo num mesmo meio físico. A partir daí, a necessidade de uma rede (*fieldbus*) era clara, assim como um padrão que pudesse deixá-lo padronizado para o controle de instrumentos inteligentes. ^[i]

A busca pela definição de um padrão internacional levou vários grupos a se unirem. Entre eles: a *International Society of Automation* (ISA) ^[iii], a *International Electrotechnical Commission* (IEC) ^[iii], o comitê de padronização do PROFIBUS (norma alemã) ^[iv] e o comitê de padronização do FIP (norma francesa). ^[v] Esses comitês formaram o comitê internacional IEC/ISA SP50 *Fieldbus*.

O desenvolvimento deste padrão internacional demorou muitos anos. Em 2000, todas as organizações interessadas convergiram para criar o *fieldbus* padrão IEC, que foi denominado IEC 61158 ^[vi] com oito protocolos distintos listados a seguir:

- Tipo 1 — FOUNDATION Fieldbus H1
- Tipo 2 — ControlNet
- Tipo 3 — PROFIBUS
- Tipo 4 — P-Net
- Tipo 5 — FOUNDATION Fieldbus HSE (*High Speed Ethernet*)
- Tipo 6 — Interbus
- Tipo 7 — SwiftNet
- Tipo 8 — WorldFIP

Mesmo com estes padrões, não foi possível abranger todas as aplicações na indústria. Mais tarde, então, foi criada a IEC 61784, como uma definição dos chamados “*profiles*” e ao mesmo tempo foram corrigidas as especificações de IEC 61158. A tabela 1 mostra os padrões com os seus respectivos “*profiles*”.

IEC 61784	IEC 61158 - PROTOCOLOS		
	MEIO FÍSICO	DATA LINK LAYER	
CPF-1/1	TIPO 1	TIPO 1	FOUNDATION FIELDBUS (H1)
CPF-1/2	ETHERNET	TCP/UDP/IP	FOUNDATION FIELDBUS (HSE)
CPF-1/3	TIPO 1	TIPO 1	FOUNDATION FIELDBUS (H2)
CPF-2/1	TIPO 2	TIPO 2	CONTROLNET
CPF-2/2	ETHERNET	TCP/UDP/IP	ETHERNET/IP
CPF-3/1	TIPO 3	TIPO 3	PROFIBUS-DP
CPF-3/2	TIPO 1	TIPO 3	PROFIBUS-PA
CPF-3/3	ETHERNET	TCP/UDP/IP	PROFINET
CPF-4/1	TIPO 4	TIPO 4	P-NET RS-485
CPF-4/1	TIPO 4	TIPO 4	P-NET RS-232
CPF-5/1	TIPO 1	TIPO 7	WORLDIFIP(MPS,MCS)
CPF-5/2	TIPO 1	TIPO 7	WORLDIFIP(MPS,MCS,SubMMS)
CPF-5/3	TIPO 1	TIPO 7	WORLDIFIP(MPS)
CPF-6/1	TIPO 8	TIPO 8	INTERBUS
CPF-6/2	TIPO 8	TIPO 8	INTERBUS TCP/IP
CPF-6/3	TIPO 8	TIPO 8	INTERBUS SUBSET
CPF-7/1	TIPO 6	TIPO 6	SWIFNET TRANSPORT
CPF-7/2	TIPO 6	TIPO 6	SWIFNET FULL STACK

Tabela 1: Padrões e protocolos de acordo com a IEC 61784 e IEC 61158 ^[vi]

Como pode ser observado na tabela 1, os padrões para vários protocolos de Ethernet já foram incluídos. Estes padrões utilizam o meio físico da Ethernet bem como os protocolos IP, TCP e UDP.

Há vários *fieldbuses* no ambiente industrial. As redes DeviceNet, PROFIBUS, Interbus, Fieldbus Foundation e outros são utilizados em muitas aplicações. Todos podem ser utilizados de acordo com a preferência e, às vezes, com a aplicação. O que era necessário era que estes *fieldbuses*, de fabricantes diferentes, pudessem ser adaptados à tecnologia Ethernet e desta forma pudessem interagir uns com os outros. ^[vii]

Atualmente, cada fabricante já tem sua solução para o ambiente industrial em Ethernet: o PROFINET, ^[viii] da associação PROFIBUS, (que é uma evolução do PROFIBUS), o Ethernet/IP, da associação ODVA ^[ix] ^[vii] (onde IP quer dizer *Industrial Protocol*) e cuja proposta é uma evolução do Devicenet e Controlnet, e o HSE (*High Speed Ethernet*) da associação Fieldbus Foundation (que interconecta as redes H1 – Foundation Fieldbus) são exemplo e padrões, conforme apresentados na tabela 1. ^[vii]

Com a existência de uma grande quantidade de soluções para Ethernet Industrial, acabou-se por não ter a interoperabilidade desejada. Isto porque cada fabricante ou grupo desenvolveu suas soluções incompatíveis com os demais, por exemplo, PROFINET da associação PROFIBUS não se comunica com o Ethernet/IP da ODVA. ^[vii]

De uma forma ou outra a Ethernet conseguiu sua penetração no ambiente industrial, porém alguns problemas começaram a surgir nesta fase inicial.

No princípio, a Ethernet não foi considerada ideal para a indústria por não ser determinística. No meio de acesso ao sistema CSMA/CD ^[x] as colisões são detectadas e, em seguida, há uma contagem de tempo aleatória para uma nova transmissão. Este método não parecia uma solução muito atraente para a indústria porque não se garantia realmente que os dados fossem realmente transmitidos. Podem ocorrer várias colisões sucessivas e algumas informações podem perder sua importância durante este tempo em que ocorrem os conflitos. O uso do *switch* industrial amenizou este problema. ^[xi]

O *switch* industrial é composto de várias portas, com *buffer*, mantendo o controle de colisão, especificada no método CSMA/CD. Se houver duas transmissões simultâneas, como o *switch* tem portas independentes, pode-se transmitir a informação de uma porta e reter a informação da outra, em um *buffer*, para ser transmitida posteriormente. Assim, assegura-se que sempre que uma informação for transmitida na rede ela chegará ao seu destino. Desta forma, a Ethernet teve realmente uma chance mais concreta de penetrar no chão-de-fábrica e, se havia alguma dúvida da sua participação na indústria ^[xi], hoje sua presença no chão-de-fábrica é um fato concreto. Assim, a Ethernet pode ser considerada mais aplicável ao ambiente industrial. ^[xii]

4. Redes Industriais: Gerando Complexidade em um Sistema de Controle e Automação Industrial

Os sistemas de controle e automação industrial podem ser definidos como sistemas de computação distribuída, onde paradigmas e metodologias de comunicação, controle e computação são amplamente aplicados. A

interoperabilidade entre os elementos e sistemas computacionais de diferentes fornecedores faz como que as entidades de software e hardware possam ser integradas de forma transparente de acordo com o desempenho esperado pelo usuário final.

Em face de este cenário, a complexidade de um sistema de controle e automação industrial com tecnologias de hardware e software disponíveis atualmente, pode ser verificada nas fases de concepção, desenvolvimento, implantação e manutenção.

Desta forma, é interessante definir métodos, processos e ferramentas adequadas para um sistema de controle e automação de forma que o desenvolvedor possa se beneficiar no desenvolvimento e manutenção da rede e o usuário final possa se beneficiar no nível de melhoria de qualidade e desempenho dos seus produtos e processos.

- Métodos: Mecanismos e metodologias aplicadas no desenvolvimento de um sistema;
- Processos: Escalonamento de ações para projeto e desenvolvimento;
- Ferramentas: Mecanismos utilizados para desenvolvimento e manutenção de um determinado sistema.

Um sistema de controle e automação industrial é uma coletânea de componentes micro processados, tais como, sensores, atuadores, CLP's, IHM, SDCD, *switches*, inversores de frequência, entre outros, onde possuem limitado poder de processamento e processos que executam tarefas específicas para controlar ou regular grandezas físicas como temperatura, pressão, vazão entre outras.

Como consiste em um ambiente de computação distribuída, as unidades computacionais possuem tarefas (ao nível de software) que se comunicam entre si no mesmo sistema computacional, ou em diferentes, através de uma rede de comunicação.

Entretanto, o ciclo de vida de um sinal que representa uma grandeza física, pode variar dependendo do tipo de rede a ser instalada e configurada.

Um fato interessante consiste que as unidades computacionais distribuídas sejam sincronizadas, de forma que os instrumentos de campo possam ter um registro do processo, em tempo real, fazendo com que o sistema de controle e automação, opere de forma coordenada, ao nível de consistência de dados e temporais, com o processo.

As redes industriais são constituídas por protocolos de comunicação (padronizados ou não) com a finalidade de transportar sinais que trafegam sob um barramento de comunicação comum, para a interligação de tarefas, com objetivo de controlar processos industriais.

Diferentes tecnologias de redes industriais são empregadas em um sistema de controle e automação industrial, onde cada uma possui diferentes propriedades em relação ao protocolo, mecanismos de acesso ao meio, propagação, taxa de transmissão entre outras. As redes industriais são especificadas de acordo com os requisitos das aplicações e o transporte de sinais, através de mensagens, podem influenciar no desempenho temporal da aplicação final.

Os mecanismos de padronização auxiliam na interoperabilidade entre diferentes tecnologias de redes industriais em um único ambiente de controle e automação industrial, entretanto, alguns requisitos de padronização podem não ser satisfeitos, levando uma degradação no desempenho da rede e, conseqüentemente, no controle do sistema de manufatura ou processo.

O processo de comissionamento para as redes industriais pode ser realizado de acordo com os requisitos de padronização ao nível protocolos de comunicação e especificações elétricas. Vale salientar que a verificação e validação da comunicação em uma rede industrial não são suficientes para tolerar falhas elétricas.

Outro fato interessante a ser destacado, é que as tecnologias de redes industriais são concebidas em barramentos de comunicação com fio (*wired*) ou, mais atualmente, sem fio (*wireless*). Isto dificulta o comissionamento de um sistema de controle e automação para médio e grande porte, pois se tem uma grande variedade de sinais e condições a serem verificadas e validadas.

A figura 1 apresenta um cenário de uma rede industrial onde os elementos de campo como sensores e atuadores comunicam-se através de controladores *wireless*. Esta tecnologia esta atualmente num grau de maturidade elevado, visto que no ambiente industrial há muitas interferências eletromagnéticas geradas pelos dispositivos eletroeletrônicos.

Entretanto, os protocolos de comunicação para redes industriais *wireless* devem fornecer serviços de comunicação que atendam os requisitos das aplicações de controle de campo. Os mecanismos de comissionamento para estes tipos de redes devem considerar os diferentes estados operacionais em face às características do ambiente em que estão inseridos. Desta forma, as perturbações eletromagnéticas entre segmentos industriais podem ser diferentes entre si e, conseqüentemente, os mecanismos de comissionamento utilizados.



Figura 1: Rede Industrial sem Fio (*Wireless*) ^[iv]

A figura 2 apresenta uma estrutura de rede industrial com interfaces de comunicação para Internet. Este tipo de serviço facilita no monitoramento, diagnóstico e manutenção remota, visto que se utiliza uma infraestrutura de comunicação da Internet para se realizar estas atividades.

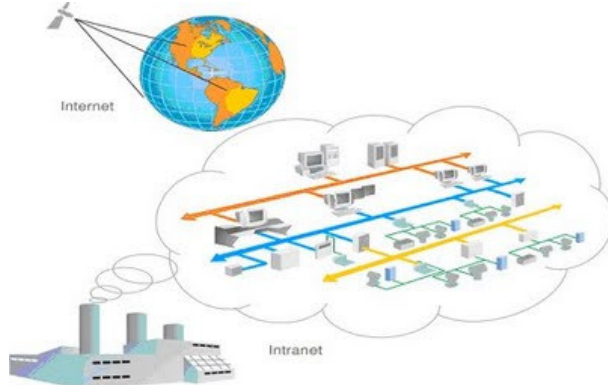


Figura 2: Rede Industrial conectada a Internet ^[iv]

5. Considerações Finais

O artigo evidencia as tecnologias inovadoras do mercado de automação em redes industriais, mostrando a sua evolução, motivação para desenvolvimento e a padronização dos diversos protocolos, além de evidenciar o funcionamento e as características desses protocolos. Também tem como objetivo fornecer visões de aplicação aos usuários finais de automação e controle, citando possíveis topologias, conexões, tamanho de segmentos e funcionamento dos *switches* industriais.

Referências

- ^[i] LUGLI, Alexandre B. e SANTOS, Max M. D. **Sistemas de Fieldbus para Automação Industrial: Devicenet, CANOpen, SDS e Ethernet**. Editora Érica, São Paulo, 2009.
- ^[ii] www.isa.org/ **International Society of Automation**. Acesso em Agosto de 2011.
- ^[iii] www.iec.org/ **International Engineering Consortium**. Acesso em Agosto de 2011.
- ^[iv] www.profibus.com/ **Profibus: The Industrial Communications Community Delivering Greater Enterprise Advantage**. Acesso em Agosto de 2011.
- ^[v] FRENCH ASSOCIATION FOR STANDARDIZATION. FIP. Bus for Exchange of Information Between Transmitters, Actuators and Programmable Controllers, NF C46 601-607, Março de 1990.
- ^[vi] FELSER, Max, SAUTER, Thilo. **The Fieldbus War: History or Short Break Between Battles?** 4th IEEE International Workshop on Factory Communication System, Sweden, 2002.
- ^[vii] LUGLI, Alexandre B. e SANTOS, Max M. D. **Redes Industriais para Automação Industrial: AS-I, Profibus e Profinet**. Editora Érica, São Paulo, 2010.
- ^[viii] POSCHMANN, A.; NEUMANN, P. **Institut fur Automation und Kommunikation Magdeburg Architecture and Model of Profinet**. Germany, IEEE transaction, 2004.
- ^[ix] BROOKS, Paul. **Ethernet/IP – Industrial Protocol–Logix/NetLinx Technology Adoption**, Rockwell Automation’s European Marketing Manager, Belgium, IEEE transaction, 2001.
- ^[x] 802.3 IEEE Standard for Information technology Telecommunications and information exchange between systems. **Local and metropolitan area networks — Specific requirements Part 3: Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications**. IEEE, 2002.
- ^[xi] DECOTIGNIE, Jean Dominique. **A perspective on Ethernet-TCP/IP as a fieldbus**. IFAC International Conference on Fieldbus Systems and their Applications, 2001.
- ^[xii] CRWKETT, Neil. **Connecting the Factory Floor**. Cisco Systems EMEA, IEEE Manufacturing Engineer, 2003.