



**XXI SNPTTE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0
23 a 26 de Outubro de 2011
Florianópolis - SC

GRUPO XV

**GRUPO DE ESTUDO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E TELECOMUNICAÇÃO PARA SISTEMAS
ELÉTRICOS - GTL**

ETHERNET COMO SOLUÇÃO CONFIÁVEL PARA O SEGMENTO DE UTILITIES

**Eduardo Langrafe (*)
NETCON Ltda.**

**Cristiano H. Ferraz
NETCON Ltda.**

**Eduardo V. Lopes
NETCON Ltda.**

RESUMO

Como parte de um esforço permanente para tornar suas organizações mais eficientes e flexíveis, o segmento industrial, incluindo as companhias do setor de Utilities, está migrando rapidamente para a adoção da tecnologia Ethernet Industrial para suas redes de automação e controle.

Este Informe Técnico fornece uma visão geral da tecnologia Ethernet e diretrizes para a implementação em ambas as redes (a) de automação e controle e (b) ambiente corporativo, bem como, apresenta os requisitos e considerações para a implementação da arquitetura Ethernet em ambientes de redes industriais.

PALAVRAS-CHAVE

Ethernet, Industrial, Utilities, Fieldbus, QoS.

1.0 - INTRODUÇÃO

À medida que os fabricantes procuram melhorar processos, aumentar a produtividade e integrar as redes de produção e negócios, muitos estão se voltando para a tecnologia Ethernet em sua planta. Esta migração está rapidamente ganhando impulso. Uma vez considerada uma solução que se limitou a ambientes de rede corporativa, a tecnologia Ethernet tem se mostrado uma alternativa robusta que pode satisfazer as necessidades específicas do ambiente de produção.

O uso de tecnologia padrão Ethernet proporciona às organizações um baixo custo de implementação, facilidade de operação, gerenciamento dinâmico do uso da largura de banda disponível, bem como recursos avançados de qualidade de serviço (QoS), proteção e segurança, atendendo plenamente às exigências de tráfego em tempo real.

A migração das redes proprietárias de alto custo para uma tecnologia padronizada e comprovada fornece também uma maior simplicidade para as integrações e maior facilidade para operação e manutenção por requerer habilidades amplamente disponíveis no mercado. O Ethernet Industrial aplica o conjunto de padrões Ethernet e IP, desenvolvidos para comunicação de dados, para as redes de automação e controle. Através da implementação de uma solução Ethernet Industrial, as companhias podem construir uma infraestrutura de produção que proporciona a resiliência e segurança das soluções tradicionais de Fieldbus, bem como maior largura de banda, conectividade aberta e a padronização que o Ethernet oferece.

Ao oferecer uma plataforma escalável, que pode acomodar diversas aplicações, sistemas de automação baseados em Ethernet podem aumentar a flexibilidade e acelerar a implantação de novas aplicações no futuro. Ao mesmo tempo, Ethernet fornece a segurança de rede, desempenho e disponibilidade necessárias para suportar aplicações

críticas dos processos industriais. A utilização de tecnologia padrão Ethernet também reduz o risco global e provê proteção de investimento, uma vez que os fabricantes e fornecedores de soluções para automação estão direcionando altos investimentos para essa tecnologia.

Para implantar esta tecnologia, os engenheiros do setor devem estar familiarizados com alguns conceitos importantes sobre Ethernet Industrial. Este informe técnico visa fornecer uma visão geral das mais importantes tecnologias relativas ao padrão Ethernet em uso atualmente. Ele também irá discutir como a arquitetura Ethernet Industrial substitui as redes industriais proprietárias e tradicionais para uma arquitetura de menor custo, segura, de alta performance e escalável. Finalmente, este artigo irá introduzir algumas das características avançadas que tornam o Ethernet Industrial uma opção atraente para o setor industrial, incluindo o segmento de Utilities.

2.0 - CENÁRIO TRADICIONAL (REDES ISOLADAS)

Atualmente, muitas indústrias mantêm redes separadas para oferecer suporte aos sistemas de automação e controle, e às operações administrativas e comerciais, conforme apresentado na Figura 1. Ao longo dos anos, essas redes foram desenvolvidas para responder a diferentes fluxos de informações e requisitos de controle envolvidos com os processos industriais.

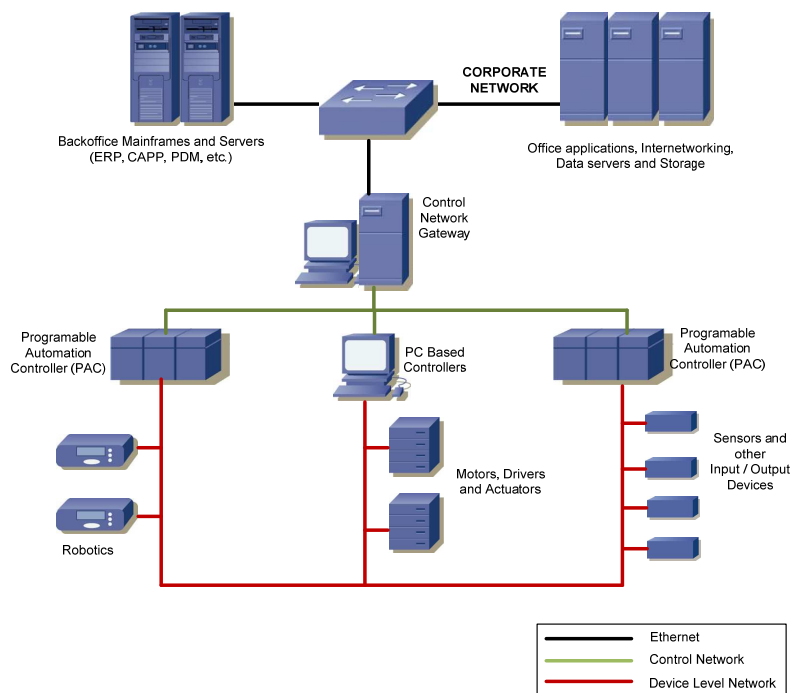


Figura 1 - Arquitetura Proprietária Fieldbus Tradicional

A rede corporativa de TI oferece suporte às funções administrativas tradicionais e aplicações corporativas, tais como recursos humanos, contabilidade e compras, bem como as conexões através da WAN entre as diversas localidades e a conectividade com a Internet. Esta rede baseia-se geralmente no conjunto de padrões Ethernet e IP.

A rede do nível de controle conecta os dispositivos de controle e monitoramento, incluindo controladores programáveis para automação, controladores baseados em PC, racks de E/S, drivers e interfaces homem-máquina (IHM). Esta rede, que não foi baseada em Ethernet e IP no passado, requer um roteador ou, na maioria dos casos, um gateway para traduzir os protocolos de aplicações específicas para protocolos baseados em Ethernet. Esta tradução permite a interconexão entre a rede de controle industrial e infraestrutura de rede corporativa, mas apresentam funcionalidades e largura de banda limitadas, e exige um esforço significativo para se manter atualizado.

A rede em nível de dispositivo liga os controladores com os dispositivos de E/S do ambiente industrial, incluindo sensores, transdutores, sensores fotônicos, medidores de vazão e outros dispositivos de automação e movimento, como robôs, atuadores, etc. A interconectividade entre estes dispositivos tem sido alcançada através de uma variedade de redes dedicadas, tais como DeviceNet, Profibus e Modbus. Cada bus apresenta características específicas, como alimentação, cabeamento e requisitos de comunicação, dependendo do aplicativo de fábrica que ele suporta. Isto levou a uma replicação de múltiplas redes em um mesmo espaço e à necessidade de existirem vários conjuntos de peças sobressalentes, profissionais capacitados e programas de suporte.

Em vez de utilizar arquiteturas compostas de múltiplas redes separadas, o Ethernet Industrial pode unir as redes administrativas, de automação e controle e redes a nível de dispositivos para uma infraestrutura única de rede. Em uma rede Ethernet Industrial, informações específicas de Fieldbus utilizadas para controlar os dispositivos de E/S e outros componentes de fabricação são incorporados em quadros Ethernet. Como a tecnologia é baseada em padrões da indústria, ao invés de padrões personalizados ou proprietários, torna-se mais interoperável com outros tipos de equipamentos e redes.

3.0 - DEFINIÇÃO DE ETHERNET INDUSTRIAL

Considerando que Ethernet é a solução atualmente mais utilizada para interconectividade de redes, muitas organizações do setor estão migrando as arquiteturas tradicionais do Fieldbus para Ethernet Industrial. Ethernet Industrial utiliza as normas Ethernet desenvolvidas para comunicação de dados em redes de automação e controle, conforme demonstrado na Figura 2. Através da utilização de equipamentos baseado em padrões IEEE, as organizações podem migrar toda ou parte das operações industriais para um ambiente Ethernet conforme suas prioridades.

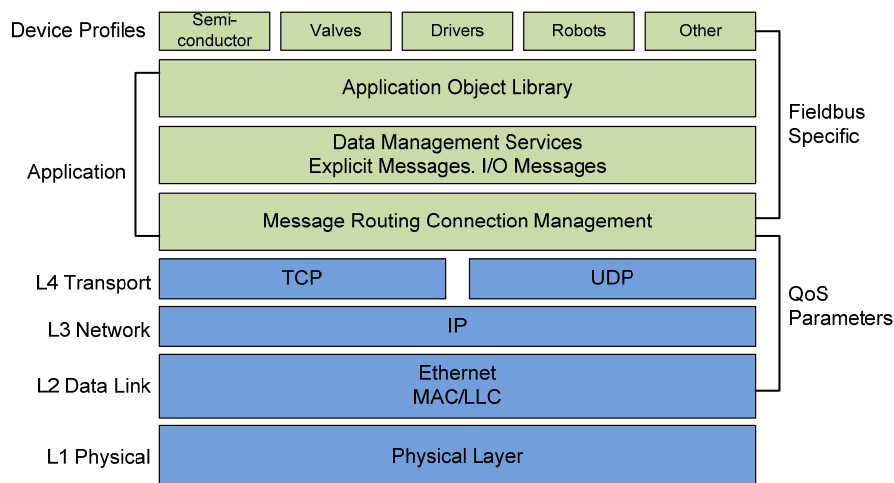


Figura 2 - Uso do Ethernet para Automação e Controle

A grande vantagem proporcionada pelo Ethernet Industrial é o fato das organizações preservarem os dispositivos, aplicativos e ferramentas tradicionais existentes rodando sobre uma rede com infraestrutura muito mais eficiente. Ethernet Industrial não apenas proporciona uma forma dos dispositivos industriais se comunicarem de maneira muito mais rápida, como também fornece aos usuários uma melhor conectividade e transparência, permitindo aos usuários a conexão dos dispositivos desejados sem a necessidade da aplicação de gateways separados.

3.1 Tecnologia sobre Medida para Setor Industrial

Embora Ethernet Industrial utilize como arcabouço os padrões da indústria para a tecnologia Ethernet tradicional, a implementação das duas soluções possuem características diferentes. Equipamentos projetados para aplicações industriais devem operar em condições ambientais mais severas, apresentar flexibilidade para diferentes topologias, variedades de mídia, tráfego de informações de performance em tempo real, e um aumento dos níveis de segmentação em comparação à tecnologia Ethernet tradicional.

A principal diferença entre Ethernet Industrial e Ethernet tradicional é o tipo de hardware utilizado. Equipamentos industriais para Ethernet são projetados para operar em ambientes adversos. Eles devem incluir componentes de classe industrial, sistema de ventilação especial e, geralmente, saída para relés de sinalização. Os switches Ethernet Industrial também são projetados para operar em temperaturas extremas e sob intensa vibração e choque. Os requisitos de alimentação para ambientes industriais diferem das redes corporativas, dessa forma, o equipamento industrial deve operar com tensão DC. Para maximizar a disponibilidade da rede, equipamentos industriais Ethernet também incluem recursos de tolerância a falhas, tais como fontes de alimentação redundantes.

Outras diferenças também são importantes. Os próprios protocolos de Ethernet Industrial para automação e controle e suas utilizações das tecnologias disponíveis dentro do conjunto de normas Ethernet e IP geralmente diferem significativamente das implementações padrões de Ethernet. Por exemplo, na maioria das aplicações de automação e controle, 80 por cento do tráfego da rede é local - um dispositivo local conversando com outro dispositivo local, muitas vezes usando pacotes multicast (um remetente, muitos receptores). Na maioria das instalações de TI, o inverso é verdadeiro, onde 80 por cento do tráfego da rede é encaminhado para locais externos (como o centro de dados ou a Internet) utilizando pacotes unicast (um transmissor, um receptor). Sistemas de automação e controle também diferem de outras aplicações em seus requisitos especiais de determinismo e de

rede em tempo real - a transmissão rápida e consistente dos dados. As redes Ethernet Industriais devem ser concebidas e implementadas com essas diferenças em mente.

Ethernet e o conjunto de protocolos IP desenvolveram uma série de tecnologias e recursos que oferecem suporte a esses requisitos. Para ajudar a otimizar o acesso a dados síncronos, equipamentos industriais Ethernet devem incluir a inteligência para oferecer suporte a recursos como controle de multicast (IGMP Snooping), QoS (qualidade de serviço) e LANs virtuais (VLANs). Outros requisitos são alta disponibilidade, segurança e funções de gerenciamento que também devem ser considerados em função das aplicações específicas de controle e automação.

3.2 Apoio e Suporte Crescente da Indústria

A tecnologia Ethernet Industrial vem sendo desenvolvida e padronizada por várias organizações e fornecedores, incluindo a Industrial Ethernet Association (IEA), a Open DeviceNet Vendor Association (ODVA), Modbus.org, Fieldbus Foundation, e Profinet and Profibus International (PI).

A adoção de Ethernet industrial pelos usuários finais também tem crescido significativamente ao longo dos últimos anos. A instituição ARC Research prevê cerca de 30 por cento de taxa composta de crescimento anual (CAGR) para dispositivos Ethernet industriais comercializados em 2011, e a ODVA anunciou recentemente que mais de 1 milhão de nós Ethernet / IP tenham sido comercializados até o presente.

4.0 - BENEFÍCIOS DE UMA ARQUITETURA BASEADA EM ETHERNET

Switches geralmente trabalham na camada 2 (enlace) do modelo de referência OSI usando endereços MAC, e fornecem uma série de vantagens importantes com relação a outros dispositivos de redes locais. Algumas dessas vantagens são apresentadas a seguir:

- a. Desempenho previsível: a capacidade de garantir que um pacote é enviado e recebido em um determinado período de tempo é uma meta importante do projeto para redes industriais.
- b. Latência: Switches normalmente têm latências muito baixas, o que se refere ao tempo que um determinado pacote leva para transitar entre uma origem e um destino. A maioria das operações de controle em aplicações industriais pode tolerar latência de 10 a 50 milissegundos (ms). Como os quadros de tráfego de controle em aplicações industriais são geralmente abaixo de 500 bytes, a latência introduzida por um switch de 100 Mbps é de apenas 30 microssegundos, com um cenário mais pessimista de cerca de 100 microssegundos - bem abaixo do limite e 100 vezes mais rápido que a maioria das aplicações exige.
- c. Padronização: Um dos principais motivos para o uso de Ethernet Industrial é a necessidade de padronização em torno de uma infraestrutura comum.

Switches gerenciados fornecem recursos de desempenho, gerenciamento, diagnóstico e segurança que não são suportados em switches não-gerenciados. Esses tipos de recursos permitem que o administrador da rede aplique configurações no switch para fornecer priorização de tráfego, recursos de segurança básicos e avançados, controle de tráfego multicast, capacidades de diagnóstico, e uma série de outras funcionalidades que são importantes para a maioria dos ambientes de redes industriais e administrativas. Algumas das características mais importantes de switches gerenciados em um ambiente industrial incluem:

- a. A perda de pacotes em congestionamento: Atualmente os switches oferecem avançados recursos de QoS que tornam possível priorizar o tráfego crítico para que ele seja tratado com prioridade e não seja descartado em casos de congestionamento.
- b. Broadcast e Multicast: Aplicações industriais muitas vezes dependem de comunicações broadcast ou multicast. Esse recurso reduz a carga de tráfego que atravessa a rede e alivia os dispositivos de cliente do processamento de frames desnecessários.
- c. Analisadores de Rede: Switches inteligentes permitem que analisadores de tráfego monitorem remotamente qualquer porta numa rede.
- d. Segurança: Switches gerenciados desempenham um papel importante em uma abordagem de segurança, sendo o primeiro ponto de acesso a uma rede e seus dispositivos.
- e. Diagnóstico: Um fator crítico na resolução de um problema nas organizações é a obtenção das informações de forma precisa. Switches gerenciáveis oferecem um conjunto de informações de

diagnóstico que pode ser útil para resolver problemas de rede e dispositivos que ocorrem nos sistemas de automação e controle.

5.0 - REQUISITOS DE UMA REDE ETHERNET INDUSTRIAL – RECURSOS AVANÇADOS

Ao implementar uma solução Ethernet Industrial, as empresas devem ter o cuidado de selecionar os equipamentos que oferecem os recursos avançados necessários para suportar as aplicações das indústrias.

5.1 Segurança de Rede

A tecnologia Ethernet pode oferecer não só o desempenho excelente para aplicações industriais, mas uma ampla gama de medidas de segurança de rede para manter a disponibilidade, integridade e confidencialidade dos sistemas de automação e controle. Disponibilidade é frequentemente citada como a exigência-chave de segurança de um ponto de vista de um ambiente de produção: manter os sistemas de automação e controle operacionais. A integridade protege os dados e sistemas de alterações intencionais ou acidentais. Confidencialidade ajuda a garantir que os dados não possam ser acessados por usuários não autorizados. Essas vantagens na segurança da rede possibilitam a proteção dos dispositivos de fábrica, tais como controladores programáveis para automação (PACs), bem como computadores, e se aplicam a segurança de ambos, os equipamentos e as informações da rede. As políticas de segurança e administração são um alicerce fundamental para o desenvolvimento de um ambiente de rede seguro. Uma política de segurança deverá, logicamente, segmentar os equipamentos e dispositivos de rede do ambiente industrial em grupos ou zonas, nas quais as diferentes políticas de segurança possam ser aplicadas. Uma vez que a política de segurança é definida, há um certo número de técnicas disponíveis para a implementação da política:

- a. Configuração de VLAN: As VLANs permitem a segregação lógica de um segmento LAN em diversas redes virtuais, atendendo às necessidades de comunicação individuais de cada sistema. O uso de VLAN permite a otimização de tráfego na rede, a implementação de segurança, e recursos de qualidade de serviço.
- b. Controle de acesso e autenticação: o controle de acesso é comumente implementado utilizando-se firewalls ou controles baseados em rede, protegendo o acesso de usuários não autorizados às aplicações, dispositivos e dados, de modo que somente usuários legítimos possam acessar os recursos da rede. Contudo, a tecnologia de controle de acesso atualmente está disponível também em switches inteligentes, por exemplo, a utilização de métodos de autenticação baseados no padrão IEEE 802.1x.
- c. Firewalls: A função dos dispositivos Firewalls consiste em regular o tráfego de dados entre redes distintas e impedir a transmissão e/ou recepção de acessos nocivos ou não autorizados de uma rede para outra.

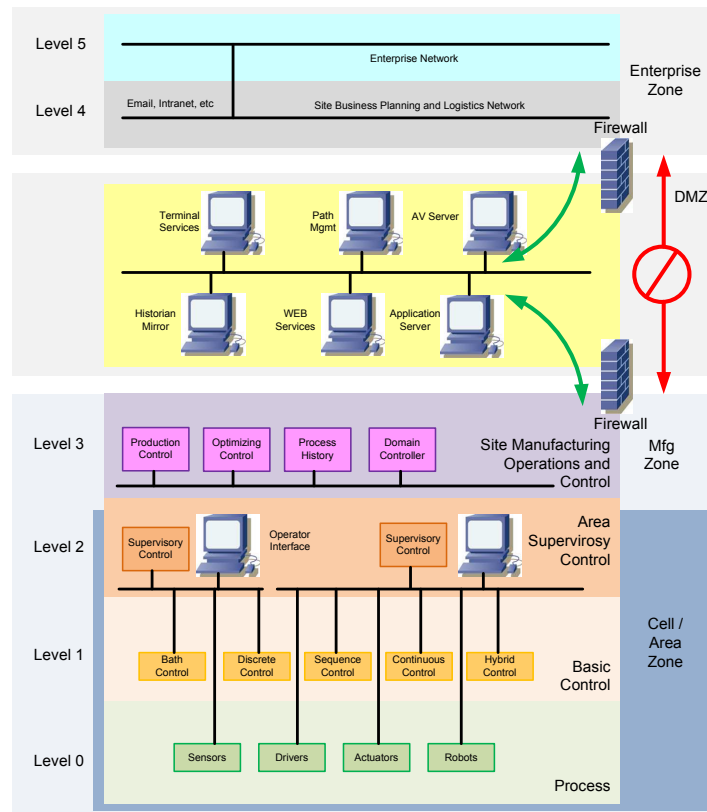


Figura 3 - Framework de Seis Níveis com DMZ

- d. Zona desmilitarizada (DMZ): Uma DMZ é uma zona segura entre várias áreas de uma rede, e possibilita compartilhamento de dados e serviços entre as zonas da rede. A DMZ possibilita um rigoroso controle do tráfego entre as diferentes zonas da rede, pois seus recursos são acessíveis apenas através dos firewalls.
- e. Conectividade segura e gerenciamento: Para fornecer proteção adicional para as redes industriais, as organizações podem ter várias abordagens para autenticar e criptografar o tráfego de rede. Usando a tecnologia VPN, Secure Sockets Layer (SSL) pode ser aplicada a camada de aplicação de dados em uma rede IP. As organizações também podem usar a tecnologia IP Security (IPSec) para criptografar e autenticar os pacotes de rede para evitar ataques de rede.

5.2 Disponibilidade

Como as aplicações em ambientes industriais são executadas em tempo real, a rede deve estar disponível para os usuários de forma contínua, com pouco ou nenhum tempo de inatividade. Os engenheiros podem ajudar a garantir a disponibilidade da rede usando princípios e recursos eficazes durante a etapa de planejamento da rede. A disponibilidade deve ser considerada em cada camada do modelo OSI, porém, as camadas que requerem mais atenção, do ponto de vista de infraestrutura de rede, são as camadas 1-3.

Tabela 1- Considerações no Projeto da Rede

Camada OSI	Considerações
Física	<ul style="list-style-type: none"> - Componentes redundantes (fontes de alimentação, módulos de supervisão, etc.) - Dispositivos redundantes (switches e roteadores)
Enlace	Topologia da Rede: <ul style="list-style-type: none"> - Links redundantes - Caminhos Redundantes
Rede	<ul style="list-style-type: none"> - Roteamento IP

5.2.1 Disponibilidade na Camada Física

Na camada física uma série de técnicas pode ser aplicada para ajudar a alcançar uma rede robusta e com alta disponibilidade. Primeiro, os vários componentes podem ser configurados ou adquiridos com características de proteção, como fontes de alimentação redundantes, componentes redundantes (tais como ventiladores, processadores, placas de rede, etc.). Além disso, alguns dispositivos podem também suportar atualização de componentes ou software sem interrupção do serviço, o que permite a continuidade do serviço enquanto o

dispositivo está sendo atualizado. O uso de dispositivos redundantes também contribui para a alta disponibilidade da rede. Por exemplo, vários switches ou roteadores podem ser configurados de maneira redundantes, de forma que, em caso de falha de um determinado dispositivo, outros assumam de forma automática sem a interrupção nos serviços oferecidos.

5.2.2 Disponibilidade na Camada de Enlace

Os engenheiros de uma solução Ethernet Industrial devem projetar redes com caminhos redundantes para garantir que uma interrupção em um único dispositivo ou link não ocasione indisponibilidade de toda a rede. Duas topologias de rede são recomendadas para se obter maior disponibilidade: (a) topologia em estrela redundante e (b) topologia em anel redundante. A topologia escolhida também tem implicações no custo do cabeamento, complexidade da rede, performance, instalação e custo de manutenção. Outras topologias podem oferecer menor custo para instalação e manutenção, mas são mais suscetíveis a falhas e apresentam um impacto maior quando uma conexão ou um dispositivo é indisponibilizado.

A Figura 5 a seguir apresenta as topologias recomendadas para implementação de Ethernet Industrial.

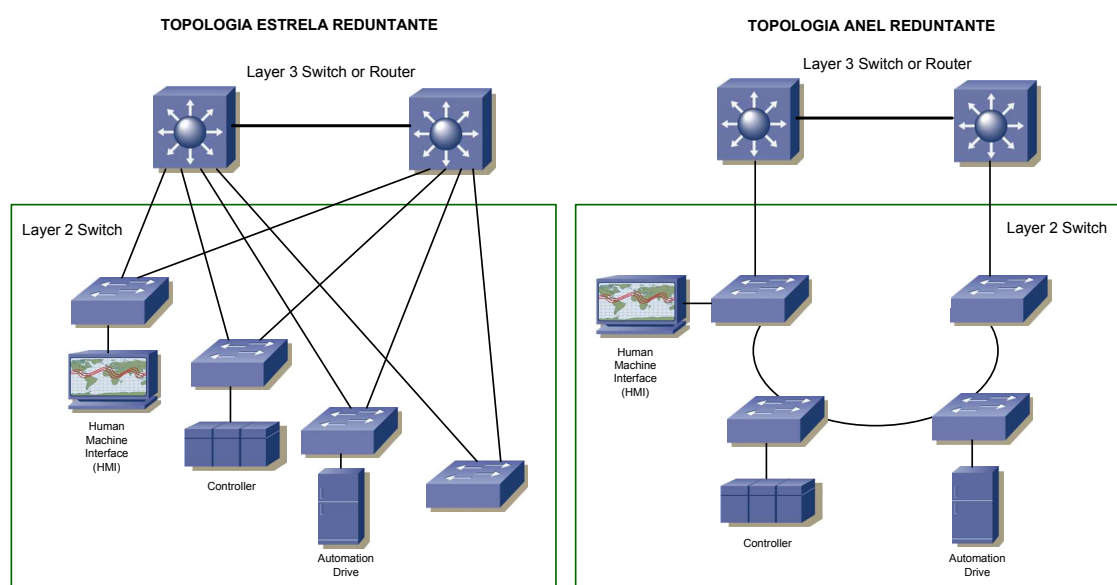


Figura 4- Topologias Recomendadas para Ethernet Industrial

Em topologias estrelas redundantes, switches e roteadores estão conectados em um modo hierárquico. A primeira camada onde os dispositivos são conectados aos switches é definida como a camada de acesso. Estes switches oferecem conexões para os dispositivos terminais, como CLPs, robôs e IHMs.

Os switches da camada de acesso geralmente operam na camada 2 (enlace) do modelo OSI. Acima da camada de acesso, há uma outra camada de switches / roteadores denominada camada de distribuição. Estes switches / roteadores tem a função de interligar os switches da camada de acesso. Nesse caso, para a interconexão de diferentes redes e VLANs, o switch / roteador deve operar na camada 3 (rede) do modelo OSI.

Em topologias em anel redundante, todos os dispositivos estão conectados em um anel. Cada dispositivo tem um vizinho à sua esquerda e direita. Se uma conexão de um lado do switch é perdida, a conectividade de rede ainda pode ser mantida ao longo do anel através do lado oposto do switch. Em uma topologia típica, o anel está na camada de acesso, e conectado com as camadas de distribuição e núcleo usando uma topologia em estrela redundante. Neste modelo, as camadas de distribuição e núcleo oferecem a mesma funcionalidade como nas topologias estrela redundantes, sendo suas funções principais o roteamento entre as distintas VLANs, e a conectividade para o núcleo serviços ou redes externas.

Ambas as topologias possibilitam a implementação de diferentes mecanismos que oferecem alta disponibilidade, como por exemplo, o IEEE 802.1D (STP - Spanning Tree Protocol), o IEEE 802.1w (RSTP - Rapid Spanning Tree Protocol), entre outras soluções padronizadas e proprietárias.

6.0 - CONCLUSÃO

A migração para Ethernet em ambientes industriais vem crescendo progressivamente à medida que as empresas reconhecem os benefícios decorrentes dessa tecnologia. As razões por trás do sucesso da Ethernet Industrial são claras: a tecnologia permite às organizações padronizar e consolidar as suas diferentes arquiteturas de redes com

produtos oferecidos por uma variedade de fornecedores. O fato do Ethernet Industrial ser uma tecnologia padronizada permite às empresas obter vantagens das economias de escala, mantendo a flexibilidade necessária para suportar as necessidades específicas do ambiente industrial.

O Ethernet industrial também faz uso dos avançados recursos de segurança, disponibilidade e qualidade de serviços consolidados e padronizados para o padrão Ethernet, o que permite às organizações se beneficiarem de uma infraestrutura única que proporciona a integração adequada entre o ambiente industrial e o administrativo, facilidades de integração e flexibilidade para crescimento, e o controle em tempo real dos dispositivos no ambiente de produção.

Uma rede Ethernet industrial bem implementada oferece muito mais do que a simples emulação das funções de uma rede industrial convencional. Ela permite às companhias a integração de seus dados de produção à rede corporativa de forma a tornar a operação mais eficiente. E, uma vez que o mercado aponta para essa tendência, já amplamente aplicada no setor, o Ethernet Industrial torna-se o caminho certo para uma infraestrutura de rede padronizada e integrada que torna possível uma série de novas aplicações para suportar as necessidades de negócio atuais e futuras.

7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Achieving Secure, Remote Access to Plant-Floor Applications and Data - Cisco: C11-519880-02—July 2009 – Rockwell Automation: ENET-WP009A-EN-E—August 2009;
- (2) Industrial Ethernet: A Control Engineer's Guide - C11-450264-00 01/08.

8.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Eduardo Langrafe, Engenheiro de Computação, nascido em São Paulo/SP em 1977, formado pela Universidade Paulista em 1999. Trabalhou no dimensionamento e desenvolvimento de negócios referentes à redes ópticas submarinas na NEC Corp (Tóquio) e no desenvolvimento de soluções de redes de dados e voz, incluindo dimensionamento, implementação e suporte à operação de redes em diversas empresas do setor de Utilities, em ambientes corporativos e empresas e operadoras de telecomunicações. Atualmente faz parte do quadro de consultores da Netcon Ltda.

Cristiano Ferraz, Engenheiro de Telecomunicações, nascido em Niterói/RJ em 1955, formado pela Universidade Federal Fluminense (UFF) em 1978. Consultor do ITU-T e de empresas públicas e privadas em tecnologia de telecomunicações. Trabalhou na Wandel & Goltermann GmbH & Co. (Suíça), Acterna e JDSU. Atua como docente no MBA de TV Digital e Convergência da UFF e de Telecomunicações no Instituto IDD. Atualmente faz parte do quadro de consultores da Netcon Ltda.

Eduardo V Lopes, Engenheiro Eletrônico, nascido em Campina Grande/PB em 1956, formado pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB) em 1979. Obteve título de MSc em Digital Signal Processing pelo Imperial College of Science, Technology and Medicine da University of London em 1994. Durante sua vida profissional trabalhou na Siemens S.A., Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Themag Engenharia Ltda. e CHESF. Desde 1999 é Diretor da NETCON Ltda., onde desenvolve atividades de consultoria na área de telecomunicações.