

## **Uma visão dos protocolos para redes Ethernet industriais e suas aplicações.**

1 - Msc. Alexandre Baratella Lugli

Professor coordenador do grupo de Automação Industrial e consultor de soluções para a empresa Sense Eletrônica LTDA, INATEL.

Rua João de Camargo, 510 – Santa Rita do Sapucaí / MG – Brasil ([www.inatel.br](http://www.inatel.br)).

Cel.: 055-35-91565-2232

[baratella@inatel.br](mailto:baratella@inatel.br)

2 - Ph.D. Max Mauro Dias Santos

Professor coordenador do laboratório de sistemas de Tempo Real (LTR), UNILESTE / MG.

Av. Tancredo Neves, 3500 – Coronel Fabriciano / MG – Brasil.

Fone: 055-31-3842-9420

[maxmauro@unilestemg.br](mailto:maxmauro@unilestemg.br)

3 - Ph.D. Lucia Regina Horta Rodrigues Franco

Professora coordenadora do laboratório de Fieldbus, UNIFEI / MG.

Av. BPS, S/N - Itajubá / MG, Brasil.

Fone: 055-35-3629-1416

[lfranco@unifei.edu.br](mailto:lfranco@unifei.edu.br)

**Resumo:** O padrão TCP/IP é uma das arquiteturas mais difundidas para comunicação a longa distância envolvendo computadores. Assim, tentando uma padronização das redes industriais adotou-se há alguns anos tal padrão no meio industrial, dando origem às redes Ethernet industriais.

Hoje, existem quatorze redes Ethernet industriais já comercializadas em todo o mundo. As principais são: Profinet, Ethernet IP e HSE (High Speed Ethernet).

O artigo explora parte desta tecnologia voltada para os ambientes industriais, chamada de Ethernet industrial. Evidencia os principais protocolos do mercado, suas características e aplicações principais.

**Palavras chaves:** Ethernet, Redes Industriais, Meio Físico.

# 1 Introdução

## 1.1 Histórico da Ethernet Industrial

O padrão TCP/IP surgiu no meio industrial há cerca de oito anos. Porém, somente nos últimos quatro anos é que se tornou comercialmente utilizado em ambientes industriais. <sup>[1] [2]</sup>

A grande utilidade de seu uso se deve à necessidade de interligar todos os níveis da Cadeia de Suprimentos (*Supply Chain*) envolvendo um único e exclusivo padrão de rede, o TCP/IP. Assim, o nível de gerência ou vendas teria acesso ao chão de fábrica (sensor ou atuador) em tempo real, dando uma grande agilidade na produção e aumentando-a, efetivamente. <sup>[3]</sup> Porém, na arquitetura tradicional isso não é possível devido aos diferentes tipos de padrões de protocolos existentes no mercado.

Há cerca de dez anos, o nível administrativo já possuía o padrão TCP/IP, porém o nível de chão de fábrica possuía outros protocolos denominados *Fieldbuses*. <sup>[3]</sup> A figura 1 ilustra esses principais protocolos. Esses protocolos de chão de fábrica foram se difundindo, devido ao custo benefício de se ter uma rede industrial se comparado ao sistema tradicional. Hoje, há vários protocolos no mercado, os principais são: Profibus, Devicenet, CAN, Fieldbus Foundation, Modbus, AS-i, Sercos, entre outros. <sup>[3]</sup>

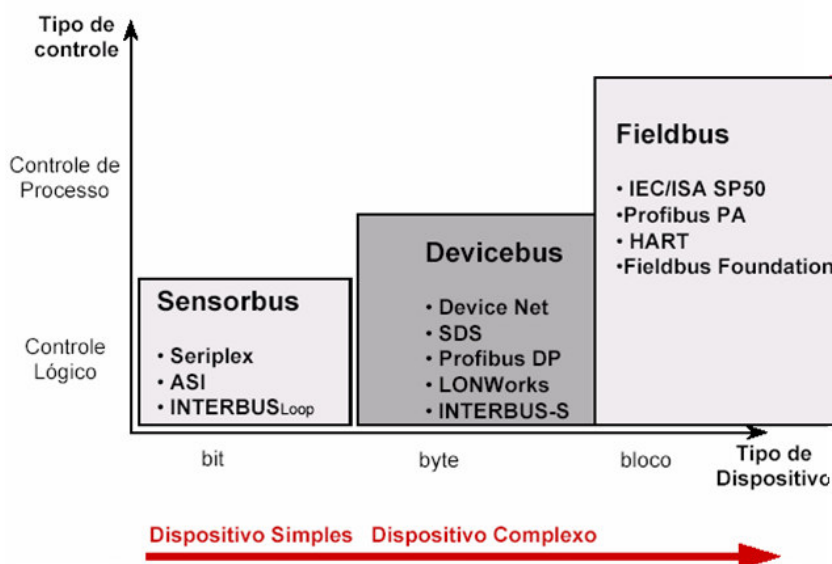
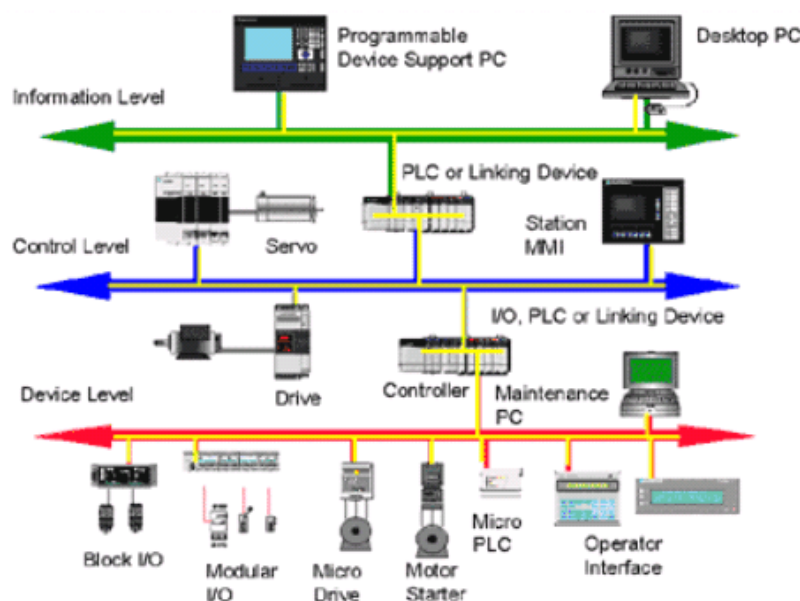


Figura 1 – Classificação e divisão dos Fieldbuses. <sup>[23]</sup>

Cada um desses protocolos elaborou uma maneira de enviar seus dados do chão de fábrica aos níveis mais altos da hierarquia industrial (vide figura 2). Seja no nível de supervisão, seja por um PLC ou até por uma interface proprietária de cada fabricante. [3]

Surgiu, então, a idéia de uniformizar o chão de fábrica. Nesse instante, nasceu a Ethernet industrial. Sua idéia inicial era de uniformizar toda a Cadeia de Suprimentos, porém, cada fabricante desenvolveu seu próprio aplicativo e a idéia inicial não foi totalmente implementada, ainda havendo protocolos específicos trabalhando com o TCP/IP, devido aos diferentes tipos de aplicações existentes. [3]



**Figura 2 – Arquitetura industrial típica.** [3]

A figura acima mostra todos os níveis da hierarquia da automação industrial. Basicamente existem três diferentes níveis: *Device Level* (nível de elementos de campo – sensores e atuadores), *Control Level* (nível de controle de processo – PLC's ou PC's industriais) e *Information Level* (nível de informação ao usuário – gerência e manufatura).

## 1.2 Evolução da arquitetura TCP/IP

A arquitetura TCP/IP sofreu diversas modificações com o transcorrer do tempo. Todas as suas camadas foram afetadas com a evolução da tecnologia e dos meios de comunicação, como cabos, conectores, velocidades de transmissão das mensagens.

O protocolo de camada física IEEE802.3 (Ethernet) evoluiu significativamente ao longo dos anos. Os primeiros meios de transmissão eram os pares metálicos grossos, cuja atenuação era muito grande. Depois surgiram os cabos coaxiais e em seguida os pares trançados. [4] Hoje, o mais comum é encontrarmos aplicações com fibra óptica ou sem fio

(*wireless*). A fibra óptica, apesar do custo elevado em relação ao par trançado, possui atenuação muito pequena e capacidade para trafegar grandes quantidades de dados. Outro fator importante na camada física é a conexão do hardware da rede. Houve, com o passar do tempo, uma evolução grande dos tipos, tamanhos e qualidade das conexões do hardware de rede. Atualmente, o conector RJ 45 domina totalmente o mercado. Com a evolução do meio físico, as taxas de transmissões também aumentaram significativamente. De 10Mbps, passaram para 100Mbps e hoje já estão em torno do 10Gbps, contudo a largura de banda não é suficiente para dar velocidade a determinadas aplicações, como por exemplo, jitter muito altos. Dependendo do tipo de aplicação é necessário tempos de respostas bem definidos e invariáveis.<sup>[4]</sup>

As técnicas de modulação são outro fator decisivo na evolução do padrão TCP/IP. Primeiro surgiu a técnica FSK (*modulação pela frequência*), depois a PSK (*fase do sinal transmitido*) e por último o QAM (*modulação por amplitude e fase do sinal*).

### 1.3 Características do padrão TCP/IP no meio industrial

Para a aplicação da arquitetura TCP/IP no meio industrial, vários fatores devem ser considerados e analisados. Alguns deles são citados abaixo.

- Padronização dos diversos protocolos do mercado. Isso acabou não ocorrendo devido à utilização de hardwares específicos por parte de alguns fabricantes e também a aplicações específicas de cada rede;<sup>[5]</sup>

- Interoperabilidade entre os diversos equipamentos dos diferentes fabricantes;<sup>[3]</sup>

- Aumento da quantidade de dados trafegados pela rede (até mil quatrocentos e setenta e dois bytes de informação útil) e diminuição do tempo de ciclo (algumas redes podem operar com ciclos de algumas dezenas de microssegundos);<sup>[12]</sup>

- Robustez dos equipamentos. Isso se refere à temperatura de operação, classe de proteção, segurança intrínseca, umidade relativa do ar, etc. A seguir, segue um exemplo de um conector RJ 45 industrial, que opera de - 40°C a + 80°C, IP67, Harting (uso na rede Profinet) e um cabo utilizado para Ethernet industrial (quatro e oito vias, ambos com blindagem);<sup>[6]</sup>



Figura 3 – Conector RJ 45 industrial e cabo blindado para rede Ethernet industrial. <sup>[6]</sup>

- Determinismo da rede. A arquitetura TCP/IP utiliza-se da técnica CSMA/CD (*Carrier Sense with Multiple Access and Collision Detect*) para controlar e acessar o meio de transmissão. Essa técnica consiste na detecção de colisão no meio de transmissão, ou seja, quando mais de uma estação deseja transmitir dados, ao mesmo tempo, no barramento. Neste caso, apenas uma delas conseguirá transmiti-los, sendo que a outra terá que esperar um tempo pré-determinado até tentar outra transmissão. Caso não consiga, o dispositivo esperará mais uma vez e assim sucessivamente. Nota-se que não há certeza de que a informação será transmitida num tempo determinado (o que é essencial para o ambiente industrial). Em um ambiente industrial, a espera de um dado, como, por exemplo, um alarme de incêndio ou a detecção de um objeto, pode ser fatal. Não se pode esperar tanto tempo para o dado ser transmitido. Assim, para se transformar essa arquitetura em determinística foi necessária a implantação de um *switch* especial com portas independentes entre si e com capacidade de programar prioridades e tempos de espera das mensagens. <sup>[12]</sup> Deste modo, o *switch* determina o tempo de varredura para cada porta. <sup>[12]</sup>

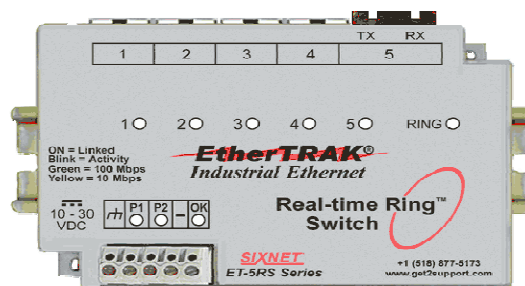


Figura 4 – Switch Ethernet industrial com prioridade de transmissão. <sup>[7]</sup>

A grande desvantagem deste padrão na área industrial, no início, foi à questão da comunicação e alimentação dos módulos. <sup>[8]</sup> Havia a necessidade de se ter dois cabos separados para um elemento da rede (comunicação de dados e alimentação). <sup>[8]</sup> <sup>[9]</sup> Hoje, há vários estudos e implementações utilizando um padrão chamado de *Power over Ethernet*

(*Poe*). Nesse tipo de comunicação, o canal transmissor e receptor pode trafegar dados simultaneamente no meio de transmissão, utilizando o conceito de modulação em amplitude sobreposto ao nível contínuo de alimentação dos módulos de campo. Assim, o sinal de comunicação sofreria uma modulação para ser transmitido ou recebido por um elemento da rede. A norma *IEEE 8002.3af*<sup>[8]</sup> regulamenta todo este conceito de PoE.

Esta norma descreve que a alimentação deve estar entre 44Vcc e 57Vcc (48Vcc é a tensão nominal) e a potência do sinal deve ser, no máximo, de 15.4W (máximo de 350mA para a tensão de alimentação de 44Vcc,  $0,35A * 44V = 15,4W$ ).<sup>[9]</sup>

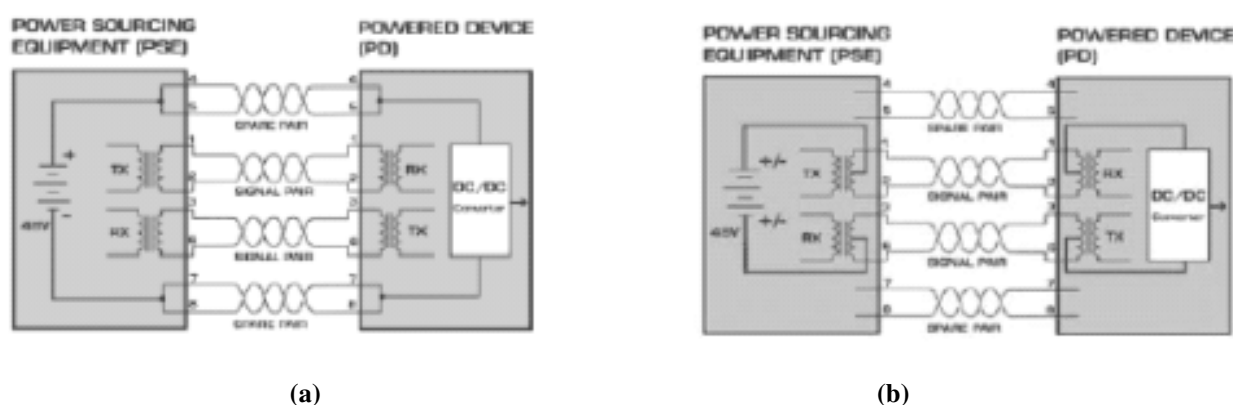


Figura 5 – Possíveis configurações para sistema Poe.<sup>[9]</sup>

O grande objetivo para o uso desta tecnologia é a comunicação *full-duplex* (onde se dobra a taxa de transmissão, pois ocorre comunicação simultânea nos dois sentidos, recepção e transmissão simultaneamente). Na figura 5 (a), a configuração é para a operação no modo *full-duplex*. Nesse modo, os canais de transmissão e recepção estão separados fisicamente no cabo da rede (dois pares) e a alimentação de 48Vcc em outros dois pares.<sup>[8] [9]</sup> Normalmente, não se utiliza tensão de 48Vcc na automação, sendo mais comum o uso de tensões de 24Vcc ou 12Vcc. Assim, é necessário o uso de um conversor DC/DC para transformar o sinal de 48Vcc para outro qualquer. A grande desvantagem dessa configuração é a necessidade de polaridade nos terminais de alimentação, a fim de diferenciar os sinais, em modulação em amplitude, positivos e negativos.<sup>[9]</sup>

Na figura 5 (b), a configuração é para a operação no modo *half-duplex* (comunicação em dois sentidos, recepção e transmissão, mas não simultaneamente). Nesse modo, o cabo é comum tanto para a alimentação quanto para a comunicação, não necessitando de uma polaridade específica nos terminais. É necessária uma modulação em amplitude sobre a alimentação para não interferir no sinal de comunicação trafegado no cabo.<sup>[9]</sup> O sinal de

comunicação trafega apenas em um sentido, devido o mesmo meio transmitir e receber o sinal. O grande problema dessa configuração é garantir o isolamento mínimo requerido entre a alimentação e a comunicação, que pela *IEEE 802.3af* é de 1500Vac. <sup>[9]</sup>

Atualmente, já há a comercialização de equipamentos PSE (*Power Sourcing Equipments*) que são responsáveis pela geração da tensão e da corrente de alimentação para os dispositivos de campo PD (*Powered Device*) responsáveis pela conversão da tensão principal em outro nível desejado (conversor DC/DC). A figura 6 ilustra um PSE que pode ser encontrado no mercado.



**Figura 6 – PSE comercializado no mercado.**

## 2 Ethernet industrial: Protocolos

Vários fabricantes criaram seus próprios padrões de redes Ethernet industriais, cada um diferindo do outro em termos de aplicação ao usuário e na utilização ou não de determinadas camadas do padrão TCP/IP. Alguns deles possuem hardwares dedicados do fabricante, o que os tornam pouco competitivos para aplicação industrial. <sup>[2] [3]</sup>

Os quatorze protocolos para Ethernet industrial são: Profinet, Ethernet/IP, HSE, Modbus/TCP, EPA, EPL, EtherCAT, IEC 61850, JetSync, P-Net, Sercos III, SynqNet, TCnet e Vnet/IP. <sup>[10]</sup>

### 2.1 Profinet

O Profinet é uma rede padronizada pela Associação Profibus Internacional como uma das quatorze redes de Ethernet industrial. <sup>[11]</sup> A norma que regulamenta o Profinet é a IEC61158-5 e IEC61158-6, sendo o décimo protocolo incluso nessa norma (*Type 10*). <sup>[12]</sup>

Basicamente, há dois tipos de redes Profinet: Profinet IO e Profinet CBA. O Profinet IO é utilizado em aplicações em tempo real (rápidas) e o Profinet CBA é utilizado em aplicações onde o tempo não é crítico, por exemplo, na conversão para rede Profibus DP. <sup>[12]</sup>

A figura 7 ilustra como o Profinet definiu suas camadas baseadas na arquitetura TCP/IP. <sup>[10]</sup>

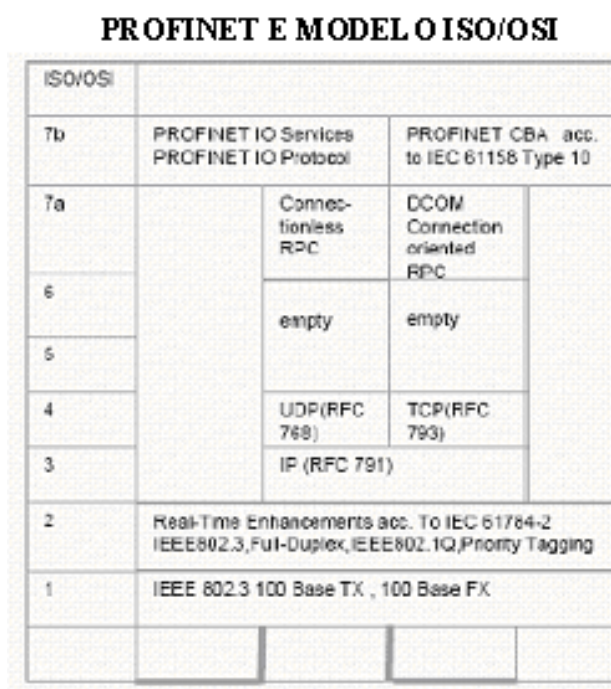
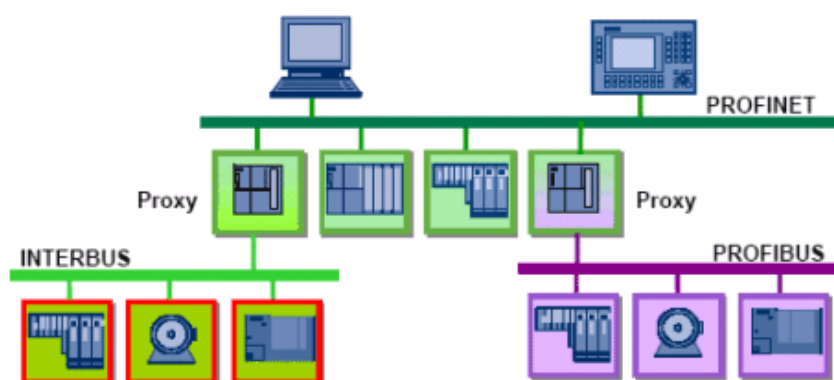


Figura 7 – Arquitetura TCP/IP para Profinet. <sup>[10]</sup>



Nota-se pela figura acima que o Profinet pode ter três formas distintas de operação, sendo duas delas para tempo real e uma para não tempo real.

A primeira maneira baseia-se na arquitetura TCP/IP pura, utilizando Ethernet na camada um e dois, o IP na camada três e o TCP ou UDP na camada quatro. Essa arquitetura é chamada de *Non-real time (Non-RT)*, pois seu tempo de processamento aproxima-se dos 100ms. A grande aplicação nesse tipo de comunicação é de configuração da rede ou na comunicação com os Proxis, utilizando o Profinet CBA. Os Proxis são conversores de um determinado protocolo em outro (por exemplo, de Profinet para Profibus DP ou de Profinet para Interbus S), conforme mostrado na figura 8. <sup>[12]</sup>



**Figura 8 – Proxy Profinet/Profibus DP e Profinet/Interbus S.** <sup>[13]</sup>

A segunda maneira baseia-se no chamado *Soft Real Time (SRT)*, caracterizando-se por ser um canal que interliga diretamente a camada da Ethernet à aplicação. Com a eliminação de vários níveis de protocolo, há uma redução no comprimento das mensagens transmitidas, necessitando de menos tempo para transmitir os dados na rede. Podem-se utilizar os dois tipos de Profinet, CBA e IO, nesse caso. <sup>[12]</sup>

A terceira maneira baseia-se no conceito de *Isochronous Real Time (IRT)*, para aplicações em que o tempo de resposta é crítico e deve ser menor do que 1ms. Uma aplicação típica deste conceito é o controle de movimento de robôs, quando o tempo de atualização dos dados deve ser pequeno. Utiliza-se apenas o Profinet IO para esse caso.

A figura 9 ilustra os conceitos do *Non-Real-Time* (aplicações com tempos de varredura em torno de 100ms), *Soft Real Time* (aplicações com tempos de varredura em torno de 10ms) e *Isochronous Real Time* (aplicações com tempos de varredura menores do que 1ms).

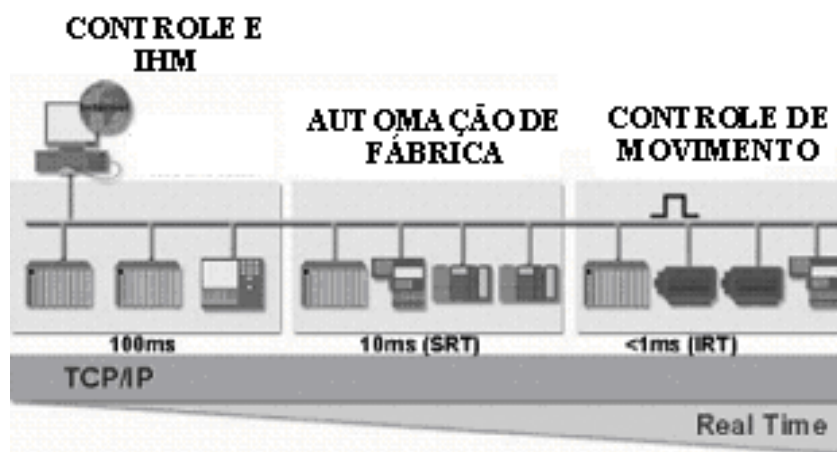


Figura 9 – Comparativo de tempos da rede Profinet. <sup>[14]</sup>

### 2.1.1 Profinet IO

O Profinet IO é, na realidade, uma extensão do protocolo Profibus DP. Ele opera diretamente com os elementos de campo, realizando leituras de sensores, atualizações dos sinais de saída e controle de diagnósticos da rede. A rede Ethernet industrial Profinet IO descreve um modelo de dispositivo que é baseado em características essenciais do Profibus DP, incluindo canais para cada elemento alocado na rede. <sup>[14]</sup> As características dos dispositivos de campo são descritas via GSD em uma base XML. <sup>[14][15]</sup>

O arquivo GSDML (GSD em uma base de programação XML) acompanha todos os elementos da rede Profinet IO e descreve as principais características de cada um deles. O mesmo deve ser fornecido pelo fabricante do equipamento. <sup>[12]</sup>

Para se conseguir um tempo de resposta utilizando o Profinet IO na configuração IRT (*Isochronous Real Time*), é necessário um hardware específico que consiga processar as informações nesse tempo (para o caso do IRT). Assim, a Siemens desenvolveu o ERTEC 400 que é um processador voltado às aplicações em Profinet. <sup>[16]</sup>

O quadro da rede Profinet IO é mostrado na figura 10 e segue a mesma estrutura do campo Ethernet falado anteriormente. A grande diferença está no campo Frame ID. Nesse campo é possível distinguir se o quadro é IRT, SRT ou Non-RT, de acordo com os dois bytes do campo. <sup>[12]</sup> Cada valor deste campo, define a maneira como as mensagens serão trafegadas na rede, por exemplo: de 0000h a 00FFh, quadro IRT, de 8000h a FBFFh, quadro SRT e de FC00h a FE02h, quadro Non-RT. De acordo com a figura abaixo, a quantidade mínima de

bytes do quadro Profinet IO é de setenta e dois bytes, contando cabeçalho, informação e verificação de erro. <sup>[12]</sup>

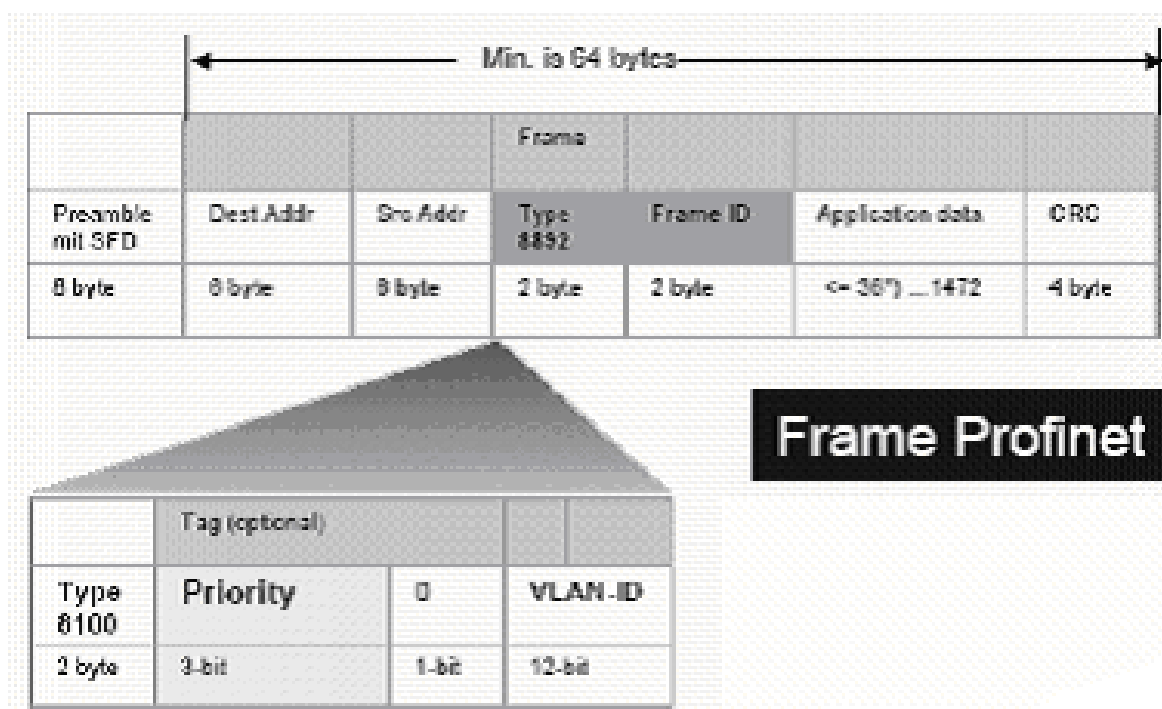


Figura 10 – Quadro Profinet IO. <sup>[12]</sup>

O preâmbulo são bits auxiliares que identificam o início da transmissão. Servem para sincronizar o elemento que deseja transmitir seus dados com o *clock* da rede. O padrão para cada byte é AAh (10101010). <sup>[12]</sup>

Os endereços de origem e destino identificam quem está transmitindo e quem está recebendo as informações. Esses endereços são conhecidos como endereços MAC e possuem quarenta e oito bits (seis bytes) de comprimento. <sup>[12]</sup> O endereço MAC é o endereço físico do elemento de rede. Os três primeiro bytes são destinados à identificação do fabricante, os três posteriores são fornecidos pelo fabricante para identificação do módulo na rede Profinet. <sup>[12]</sup>

O campo Tipo e Frame ID identificam o tipo de informação a ser transmitida e o tamanho do campo de dados. <sup>[12]</sup> O campo de dados pode variar de trinta e seis a mil quatrocentos e setenta e dois bytes. No quadro Ethernet IEEE802.3, a variação do campo de dados é de quarenta e seis a mil e quinhentos bytes (cabeçalho e informação). Essa diferença é justamente para aplicações IRT, com a diminuição do campo de dados e, conseqüentemente, do tempo de reposta da rede. <sup>[12]</sup>

A verificação de erro é do tipo CRC, onde se tem um polinômio de grau trinta e dois para efetuar a operação matemática de verificação de erro na mensagem transmitida. <sup>[12]</sup>

Outro ponto a ser destacado é o atraso da rede com relação ao *switch*. O *switch* gera um pequeno atraso na rede que será abordado mais adiante. <sup>[17]</sup>

É importante levar em consideração esse tempo na hora de calcular o ciclo de varredura da rede ou no atraso que um elemento pode causar se houver muitos *switches* na rede. <sup>[3]</sup>

## 2.2 Ethernet/IP

O Ethernet/IP é uma rede Ethernet industrial padronizada pela ODVA e baseia-se na arquitetura encapsulada do TCP/IP. O termo IP significa “*Industrial Protocol*” e não deve ser confundido com o protocolo IP descrito anteriormente. <sup>[3]</sup>

Enquanto o Profinet possui três tipos de comunicação e duas redes distintas (Profinet IO e Profinet CBA), o Ethernet/IP segue exatamente o modelo TCP/IP. <sup>[21]</sup>

Porém, é válido ressaltar que há dois tipos diferentes de operação. Uma delas é o TCP utilizando a camada de aplicação definida anteriormente. Outro método é utilizar o UDP (que possui um quadro menor) para transportar os dados até a CIP (*Control Information Protocol*), uma camada de aplicação específica da ODVA. Na CIP há protocolos específicos para inversores de frequência, posicionadores de válvulas, elementos pneumáticos, I/O’s discretos, entre outros. A figura 11 ilustra a divisão em camadas da rede Ethernet/IP. <sup>[18]</sup>

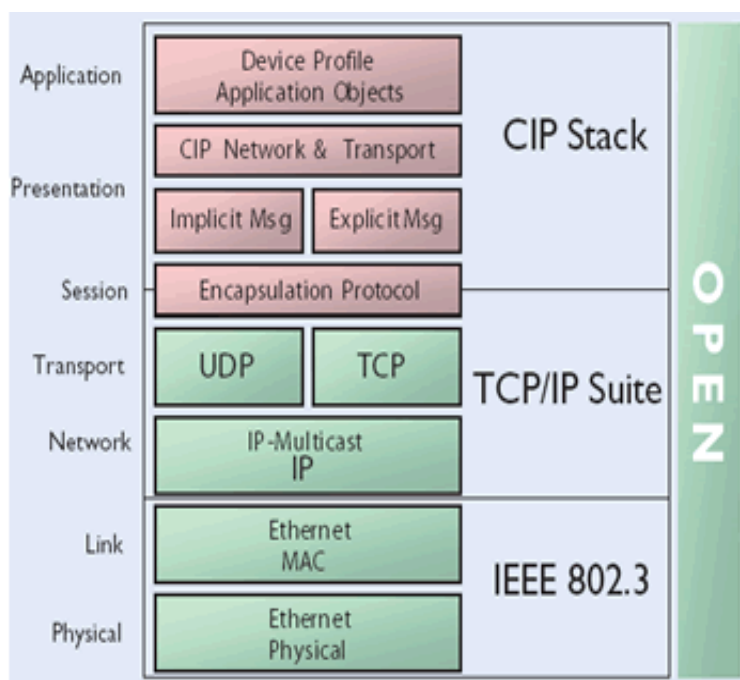


Figura 11– Arquitetura TCP/IP para Ethernet/IP. <sup>[18]</sup>

O uso de cada comunicação (TCP ou UDP) depende muito da aplicação do usuário. Assim, as transmissões podem ser: <sup>[19] [20]</sup>

**Explícitas:** Utiliza o TCP e a camada CIP da ODVA. Aplicado na troca de informações entre PLC's e IHM's (tempo de ciclo de 100ms ou maior) ou para configuração de elementos da rede à longa distância (por exemplo, um *set-point* de um transmissor de pressão). Tais tarefas não são críticas, ou seja, não requerem um baixo tempo de processamento. <sup>[19] [20]</sup>

**Implícitas:** Utiliza o UDP e a camada CIP da ODVA. Aplicado para comunicações entre I/O's (tempo de ciclo em torno de 10ms), quando o tempo de resposta deve ser o menor possível. Essa tarefa deve ser cíclica, requerendo um baixo tempo de processamento. <sup>[19] [20]</sup>

Tipos de Transmissão	Tipo de Mensagem	Descrição	Exemplo
Informação	Explícito	Transferência de Dados Não Crítica	Leitura / Escrita via instrução de mensagem
Dados I/O	Implícito	Dados de Tempo-Real	Dados de Controle em tempo-real de um Dispositivo Remoto I/O
Sincronização em Tempo-Real	Implícito	Sincronização em Tempo-Real	Troca de Dados em Tempo-Real entre dois processadores

**Tabela 1 – Resumo dos tipos de comunicação para rede Ethernet/IP.** <sup>[21]</sup>

A camada de aplicação CIP desenvolvida pela ODVA não se comunica com a camada de aplicação do Profinet, por exemplo. Assim, não há interoperabilidade entre as diversas redes Ethernet. <sup>[2] [21]</sup>

O conceito de EDS, utilizado na rede Devicenet, continua válido para o Ethernet/IP. Conforme a norma da ODVA <sup>[19]</sup>, os estudos realizados mostram que o método Cíclico é o que possui melhor desempenho para troca de dados implícitos, utilizando o UDP como transporte. Assim, grande parte dos dados trafegados na rede Ethernet/IP utiliza Ethernet nas camadas um e dois, IP na camada três e UDP na camada quatro. <sup>[19]</sup>

## 2.3 HSE – High Speed Ethernet

O HSE também é uma tecnologia aplicada a Ethernet industrial, desenvolvida pela Fieldbus Foundation. <sup>[22]</sup>

A Fieldbus Foundation incorporou a rede Ethernet dentro de sua especificação. Esta rede não visa substituir a rede Fieldbus Foundation (também chamada de H1), mas estender

seu espectro de aplicação para interligar dispositivos como PLC's a sistemas de supervisão. Esta rede utiliza UDP/IP sobre a camada de enlace Ethernet. <sup>[22] [23]</sup>

A rede HSE suporta todas as funcionalidades das camadas de enlace de dados da especificação H1, possibilitando o sincronismo de uma ligação em cascata entre malhas localizadas entre segmentos H1 independentes. <sup>[23]</sup> A interligação entre uma rede H1 e rede HSE pode ser feita através de um *linking device*, que converte o dado de diversos segmentos H1 em mensagens HSE, utilizando a arquitetura TCP/IP. <sup>[24]</sup>

A tabela 2 mostra um comparativo entre os sistemas H1 e HSE, evidenciando suas diferenças e principais características. <sup>[25]</sup>

	H1	HSE
Velocidade	31.25 kbps	100 Mbps
Distância	1900 m	100 m
Dois fios	Sim	Não
Multidrop	Sim	Não
Alimentação pelo barramento	Sim	Não
Segurança Intrínseca	Sim	Não
Redundância do meio	Não	Sim
Determinístico	Sim	Sim

**Tabela 2 – Comparativo H1/HSE.** <sup>[25]</sup>

A rede HSE pode operar no modo *multicast* (um dado pode ser aproveitado por vários elementos da rede), podendo ser usado por vários receptores em uma única comunicação. Este é um caso típico na automação em que um dado do sensor de leitura é freqüentemente usado em mais de um lugar. <sup>[22] [24]</sup>

O HSE possui quatro tipos básicos de categorias de dispositivos: <sup>[22]</sup>

*Host Device (HD)*: é a estação de trabalho (Computador).

*Link Device (LD)*: é um nó HSE para conectar um ou mais segmentos H1 ao HSE.

*Gateway Device (GD)*: é um nó HSE para conectar uma ou mais redes de outros fabricantes à rede HSE.

*Ethernet Device (ED)*: é um nó HSE com condições de conexão direta às aplicações de controle e medição de equipamentos de campo. <sup>[22]</sup>

A figura 12 ilustra uma aplicação industrial em Singapura, utilizando uma rede HSE e os dispositivos listados acima.

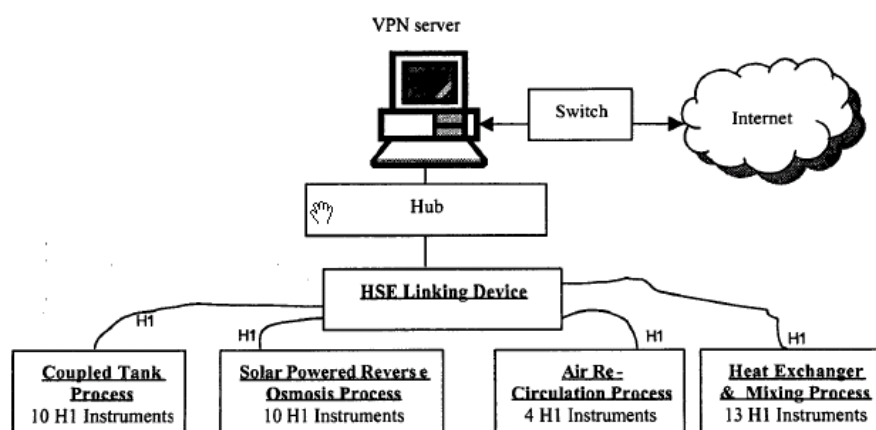


Figura 12 – Exemplo de uma aplicação em HSE em uma fábrica em Singapura. <sup>[22]</sup>

## 2.4 O meio físico IEEE802.3 para redes Ethernet industriais

Para o meio físico, pode ser utilizada a seguinte configuração para qualquer uma das redes Ethernet industriais: <sup>[12]</sup>

Tipo de cabo	Velocidade da rede	Distância máxima sem repetidor	Número máximo de elementos
Par trançado blindado 10BASE-T	10Mbps	100 metros	1024
Par trançado blindado 100BASE-T	100Mbps	100 metros	1024
Par trançado blindado 1000BASE-T	1000Mbps	100 metros	1024
Fibra óptica 10BASE-FL	10Mbps	2000 metros	1024
Fibra óptica 100BASE-FL	100Mbps	2000 metros	1024

Tabela 3 – Características físicas das redes Ethernet industriais. <sup>[12]</sup>

Para a configuração utilizando par trançado blindado, o cabo possui dois pares (quatro vias), categoria 5 (com *Shield*). <sup>[21]</sup> Há a possibilidade de utilização de repetidores

(*hubs* industriais) ou *switches* industriais que podem aumentar a distância da rede para até 500 metros (utilizando par trançado).<sup>[12] [21]</sup>

Já para a configuração utilizando fibra óptica é possível utilizar repetidores ópticos e, dependendo do tipo de fibra utilizada (monomodo ou multimodo), pode-se chegar a distâncias de dezenas de quilômetros, colocando vários repetidores em cascata durante o percurso do sinal óptico.<sup>[12] [21]</sup>

A topologia da rede é, comumente, projetada em estrela, utilizando o mestre (*controller*) como elemento central da rede, os *switches* industriais especiais para derivar e interligar os elementos da rede e os módulos de campo (*nodes*) onde são conectados os sensores e atuadores.<sup>[20] [26]</sup> A figura 13 ilustra uma topologia típica para uma rede Ethernet industrial.<sup>[20] [26]</sup>

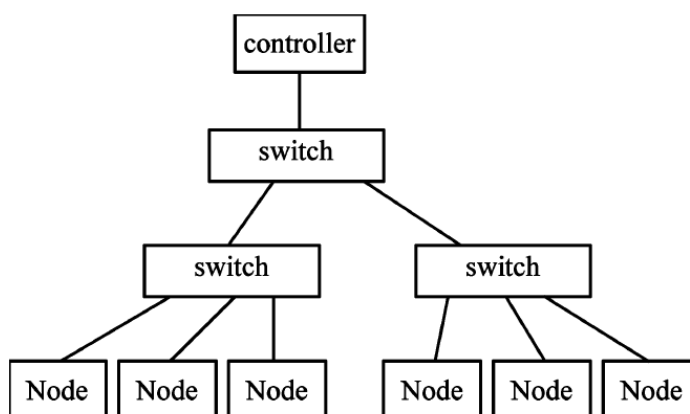


Figura 13 – Topologia para uma rede Ethernet industrial qualquer.<sup>[20]</sup>

### 3 Conclusão

Com a realização deste trabalho, foi possível ampliar o conhecimento de um sistema interligado em rede, apresentando como resultado importantes características da rede Ethernet industrial no nível de usuário de sistemas de automação.

O artigo evidencia as tecnologias inovadoras do mercado de redes industriais, mostra o funcionamento e as características de cada um dos principais protocolos e visões de aplicação, evidenciando topologia, tamanho de segmentos, switches industriais, cabos e conectores especiais.

Assim, o usuário final pode ter uma boa noção dos equipamentos e tecnologias novas que estão surgindo no mercado mundial.



## 4. Referências bibliográficas

- 
- [1] FELSER, Max; SAUTER Thilo. **The Fieldbus War: History or Short Break Between Battles**. IEEE Article, 4<sup>th</sup> IEEE International Workshop on Factory Communication Systems, Vasteras, Sweden, August 28-30, 2002, 73-80p.
- [2] FELSER, Max; SAUTER Thilo. **Standardization of Industrial Ethernet – the Next Battlefield?** IEEE Article, 6<sup>th</sup> IEEE International Workshop on Factory Communication Systems, Vasteras, Sweden, 2004, 413-421p.
- [3] BROOKS, Paul. **Ethernet/IP – Industrial Protocol**. IEEE Article, Rockwell Automation's European Market Manager, Belgium, 2001, 505-514p.
- [4] HELD, Gilbert. **Ethernet Networks**, London, Wiley Editor, 2<sup>nd</sup> ed., 2000, 458p.
- [5] Site da Internet: Harting, soluções para conexão em redes, visitado em 02/2007.  
[www.harting.com/br/pt/en/countries/br/products/etherin/index.pt.html](http://www.harting.com/br/pt/en/countries/br/products/etherin/index.pt.html)
- [6] Site da Internet: Associação Profinet Internacional. Catálogo de produtos e fabricantes, visitado em 02/2007.  
[www.profibus.com/pn/technology/description/](http://www.profibus.com/pn/technology/description/)
- [7] Site da Internet: Sixnetio, Equipamentos para Ethernet industrial, visitado em 11/2006.  
[www.sixnetio.com/html\\_files/products\\_and\\_groups/switch\\_ring.htm](http://www.sixnetio.com/html_files/products_and_groups/switch_ring.htm)
- [8] Site da Internet: Texas Instruments – PoE solutions, visitado em 12/2006.  
[www.ti.com/poe](http://www.ti.com/poe)
- [9] Site da Internet: MORGAN, Tony. **Power over Ethernet - The Reality of Designing a Powered Device** - PoE articles. Senior Applications Engineer, Silver Telecom, 10<sup>th</sup> July 2006, visitado em 11/2006.  
[www.poweroverethernet.com/articles.php?article\\_id=370](http://www.poweroverethernet.com/articles.php?article_id=370)

- 
- [10] Site da Internet: LARSSON, Lars. **Fourteen Industrial Ethernet solutions under the spotlight**. The Industrial Ethernet Books, Issue 28, September 2005, visitado em 04/2007.  
[www.ethernet.industrial-networking.com/articles/articledisplay.asp?id=854](http://www.ethernet.industrial-networking.com/articles/articledisplay.asp?id=854)
- [11] Site da Internet: Associação Profibus Internacional – Divisão Profinet. Visitado em 04/2007.  
[www.profibus.com/pn/](http://www.profibus.com/pn/)
- [12] POPP, Manfred; WEBBER, Carl. **The Rapid Way to PROFINET**. PROFIBUS Nutzorganisation, order 4182, 2004, 244p.
- [13] JASPERNEITE, J.; FELD J. **PROFINET: An Integration Platform for heterogeneous Industrial Communication Systems**. IEEE Article, Phoenix Contact and Siemens, Germany, 2005, 815-822p.
- [14] PROFIBUS Working Group. **PROFINet, Architecture Description and Specification**. Norma Profinet elaborada pela Associação PROFIBUS Internacional, Version 1.0, August 2001.
- [15] PROFIBUS Working Group. **GSDML Specification for PROFINET IO**. Norma Profinet elaborada pela Associação PROFIBUS Internacional, Version 2.10, August 2006.
- [16] Site da Internet: Treinamento Siemens, visitado em 10/2006.  
[www.sitrain.com/modules/profinet\\_en/times/index\\_1024.htm](http://www.sitrain.com/modules/profinet_en/times/index_1024.htm)
- [17] SKEIE, T.; et al. **ETHERNET in Substation Automation**. IEEE Article, IEEE Control Systems Magazine, Switzerland, June 2002, 43-51p
- [18] Site da Internet: Revista eletrônica – Industrial Ethernet, visitado em 01/2007.  
[www.ethernet.industrial-networking.com/articles/articledisplay.asp?id=1165](http://www.ethernet.industrial-networking.com/articles/articledisplay.asp?id=1165)
- [19] ODVA Profile File, **Network Infrastructure for Ethernet/IP: Introduction and Considerations**. ODVA Publication PUB00035R0, January 2007, 118p.

- 
- [20] DECOTIGNIE J. D. **Ethernet-Based Real-Time and Industrial Communications**. IEEE article, Proceedings of the IEEE, Vol. 93, Nº 06, June 2005, 1102-1117p.
- [21] Ethernet/IP Specification Release 1.0 - June, 2001. Norma Ethernet/IP elaborada pela ODVA.  
[www.odva.org](http://www.odva.org)
- [22] HOON P. S.; et al. **Foundation Fieldbus – HSE Implementation**, IEEE Article, Proceedings of the 2002 IEEE International Symposium on Intelligent Control, Canada, October 2002, 777-782p.
- [23] Site da Internet: Organização Foundation Fieldbus Internacional, Technical Overview, visitado em 01/2007.  
[www.fieldbus.org](http://www.fieldbus.org)
- [24] Site da Internet: Revista eletrônica – Industrial Ethernet, visitado em 12/2006.  
[www.ethernet.industrial-networking.com/ieb/articledisplay.asp?id=854](http://www.ethernet.industrial-networking.com/ieb/articledisplay.asp?id=854)
- [25] FILHO C. S. **Foundation Fieldbus**, Apostila para treinamento, Departamento de Engenharia Eletrônica, UFMG, Cap. 4, 2004.
- [26] YOUN, G.; et al. **Ring Topology-based Redundancy Ethernet for Industrial Networks**. IEEE article, International Joint 2006 Conference, Korea, October 2006, 1404-1407p.