

Single Pair Ethernet (SPE)

Cleiton Santos, Guilherme Benavides e Flávio Marques
Furukawa Electric LatAm, Engenharia de Aplicações (EAS | FI²S)

SUMÁRIO

1. Introdução	1
2. Single Pair Ethernet – Uma Tecnologia Disruptiva?	1
2.1. Normativas – IEEE, ANSI/TIA e ISO/IEC	3
2.2. Associações (Consórcios)	4
3. Características Gerais, Benefícios, Desafios e Aplicações do SPE	4
3.1. Características e Diferenciais	4
3.2. Conectores	5
3.3. Principais Benefícios	5
3.4. Principais Desafios	6
3.5. Aplicações	6
4. Conclusão	6

1. Introdução

Com o avanço do movimento da Indústria 4.0 (i4.0), novas tecnologias têm surgido de forma a atender as necessidades criadas – sejam elas novas e/ou adequações de sistemas legados. Um dos preceitos relacionados ao conceito da i4.0 se diz respeito à habilidade de conectar sistemas, dispositivos e pessoas. Para tanto, diversos equipamentos de IoT (*Internet of Things*) e IIoT (*Industrial Internet of Things*) tem ganhado espaço e atenção de pessoas/companhias preocupadas com a troca de dados e informações entre dois pontos.

Sabe-se que em termos de conectividade, há diversas formas de dois pontos comunicarem entre si, diferenciando, principalmente, entre solução cabeada/wireless e protocolos de comunicação. No que tange o protocolo de comunicação, observa-se globalmente uma tendência de usar as soluções oriundas do Ethernet, dada a sua confiabilidade, interoperabilidade e facilidade de manipulação dos dados. Todavia, apesar de ser uma tecnologia difundida massivamente, nota-se que, em alguns casos, alguns sistemas ainda optam por utilizar outras formas de comunicação por diversos motivos, entre eles: distância entre os pontos de comunicação, derivação da rede, baixo consumo de banda, etc.

Para tanto, a comunidade científica e profissional tem estudado formas para resolução destas limitações, entre elas o **Single Pair Ethernet (SPE)**. Em suma, como o próprio nome sugere, as soluções SPE visam transmitir dados Ethernet em apenas 01 par, porém, muitas outras vantagens também são apresentadas com o desenvolvimento desta tecnologia, sendo algumas delas listadas ao longo deste documento.

2. Single Pair Ethernet – Uma Tecnologia Disruptiva?

A convergência TI/TA (TI – Tecnologia da Informação / TA – Tecnologia de Automação) está cada vez mais disseminada nas companhias não só em termos de integração entre as equipes, mas, principalmente, em relação a tecnologia de comunicação empregada nos sistemas de conectividade. Como consequência, observa-se um crescimento exponencial nos equipamentos baseados em comunicação IP (*Internet Protocol*), tanto em TI, quanto em TA.

Um fato que corrobora esse dado é o relatório anual divulgado pela HMS Networks (uma organização independente) que monitora a instalação de novos nós (*i.e.*, endereços IPs) na área de automação de indústrias de diversos segmentos. Como pode ser observado na Figura 1, nota-se que os protocolos baseados em Ethernet Industrial já superaram de maneira significativa a quantidade de novos nós baseados em protocolos *fieldbuses*, ou seja, soluções seriais (também conhecidos como sistemas legados).

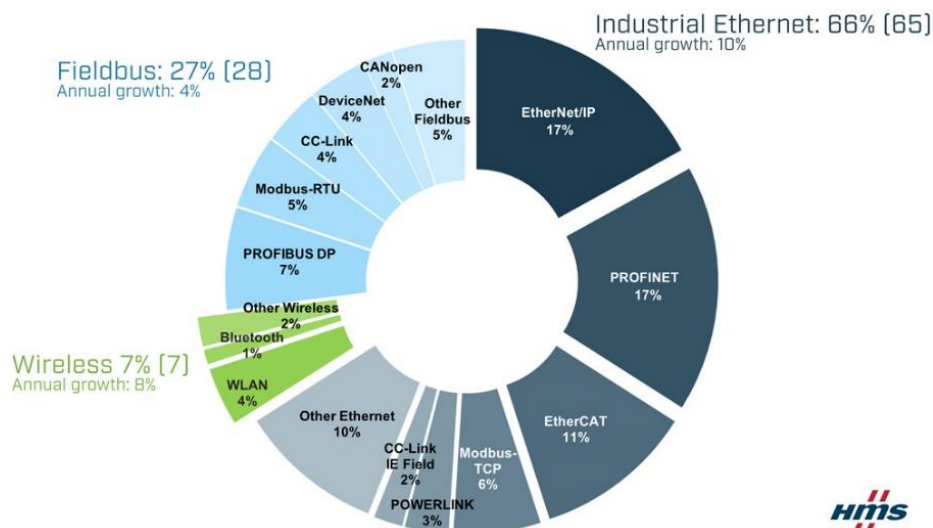


Figura 1 – Evolução dos protocolos industriais vs. protocolos fieldbuses vs. wireless (2022).
 Fonte: HMS Networks < [link](#) >.

Analisando essa pesquisa ano-a-ano (vide Figura 2), é possível constatar que as soluções industriais baseadas em Ethernet cresceram a uma taxa média de, aproximadamente, 10.83%a.a. (~4.1pp/ano). Em contrapartida, as soluções *fieldbuses* decaíram a uma taxa média aproximada de 11.38%a.a. (~4.9pp/ano).

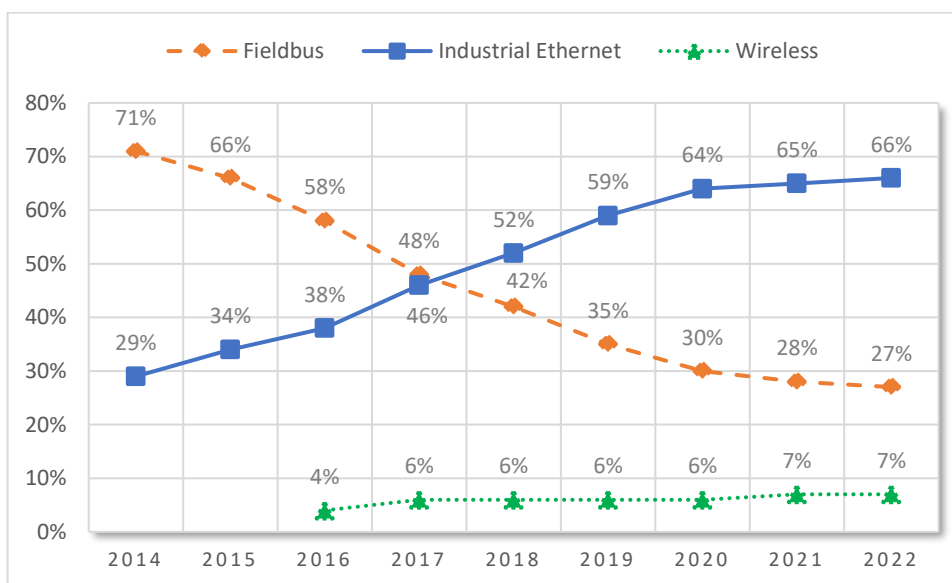


Figura 2 – Evolução dos protocolos industriais: novos nós.
 Fonte: adaptado de HMS Networks; dados dos relatórios anuais 2014-2022.

Apesar de ser um dado propositivo em termos da aceitabilidade das soluções Ethernet no chão de fábrica, há um fator relevante que esse número não seja ainda maior porque muitos dos sistemas legados utilizam os protocolos seriais tradicionais por exigir baixa capacidade de largura de banda e/ou por conseguir ir a grandes distâncias – às vezes próximo de 1000m. Todavia, como é de conhecimento, até então o protocolo Ethernet em 02 ou 04 pares metálicos limitava-se, normativamente, a 100m, ou seja, uma distância muito inferior ao que se costuma encontrar nas soluções legadas. Além disso, o Ethernet tradicional, em sua versão mais básica, pode carregar até 100Mbps (Fast Ethernet), porém, nestes sistemas, é comum o consumo de dados próximo a alguns kbps.

Tendo isso em mente, grupos de estudo do IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) optaram por desenvolver uma solução em cabeamento metálico que:

- Atenda os requerimentos relacionados a largura de banda;
- Atenda aos requisitos de rede em termos de distâncias entre dispositivos;
- Integre, em uma única arquitetura, a comunicação Ethernet de ponta-a-ponta (vide Figura 3).

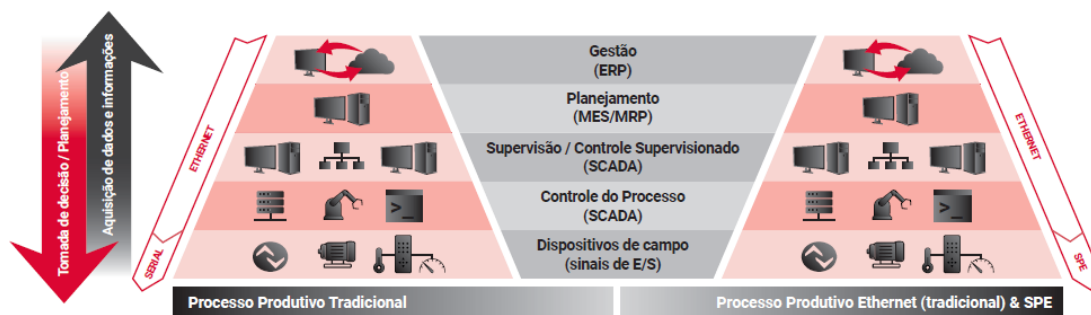


Figura 3 – Pirâmide de automação: Ethernet de ponta-a-ponta.

Portanto, um dos principais objetivos da criação e normatização do Single Pair Ethernet é justamente permitir que haja uma maior e melhor integração entre sistemas – sejam eles industriais e/ou corporativos.

Ainda que, inicialmente, o SPE tenha surgido para suprir a demanda de redes internas de veículos automotivos e entretenimento de passageiros, a disrupção da tecnologia e aceitabilidade do mercado ocorre justamente quando pretende-se utilizar a mesma de forma ampla, de modo a suprir a demanda de outros desafios encontrados, assim como solucionar problemas que, até então, eram conhecidos para as empresas.

2.1. Normativas – IEEE, ANSI/TIA e ISO/IEC

O desenvolvimento do SPE pode ser considerado uma tecnologia ainda em construção, dado que algumas normativas estão em processo de finalização. No entanto, sabe-se que a tecnologia em si não é recente, uma vez que há normativas datadas de 2015, ou seja, está ocorrendo um processo de adequação/extensão da mesma às aplicações que visam ser atendidas. Como apresentado no Quadro 1, há três instituições normativas trabalhando paralelamente no desenvolvimento e definição do escopo de uso do SPE, são elas: IEEE, ANSI/TIA e ISO/IEC.

Como comentado, a tecnologia Single Pair Ethernet iniciou com foco, principalmente, em aplicações automotivas (IEEE 802.3bw, 2015), porém evoluiu e hoje não está limitada a somente esse mercado. Com o desenvolvimento do padrão IEEE 802.3ch (2020), as aplicações foram ampliadas para soluções como: substituição de protocolos legados, automação industrial, automação predial, controle de acesso, controle AVAC (aquecimento, ventilação e ar-condicionado), entre outros.

Instituição	Normativa	Ano	Descrição
IEEE	802.3bw	2015	100BASE-T1 – 100 Mbit/s Ethernet over a single twisted pair for automotive applications
	802.3bp	2016	1000BASE-T1 – Gigabit Ethernet over a single twisted pair, automotive & industrial environments
	802.3bu	2016	Power over Data Lines (PoDL) for single twisted pair Ethernet (100BASE-T1)
	802.3cg	2019	10BASE-T1L and 10BASE-T1S – 10 Mbit/s Single twisted pair Ethernet
	802.3ch	2020	MultiGigBASE-T1 Automotive Ethernet (2.5, 5, 10 Gbit/s) over 15 m with optional PoDL
	802.3da	–	10BASE-T1S 10 Mb/s Operation over Single Balanced Pair Multidrop Segments, extended length til 50 m
	802.3dd	–	Power over Data Lines of Single Pair Ethernet Maintenance
	802.3de	–	Time Synchronization for Point-to-Point Single Pair Ethernet

ANSI/TIA	568.5	2020	<i>Single Pair Cabling & Components</i>
	568.6	2020	<i>Single-Pair Multidrop (SMPD) Cabling & Components</i>
	568.7	2020	<i>Single-Pair Cabling & Components for Industrial</i>
	5071	–	<i>Single-Pair Cabling Field Testing</i>
	TSB xxxx	–	<i>Power Delivery over Single-Pair Cables</i>
	862-B	–	<i>Structured Cabling Infrastructure Standard for Intelligent Building Systems</i>
ISO/IEC	TR 11801-9906	2020	<i>Balanced 1-pair cabling channels up to 600 MHz for single pair Ethernet (SPE)</i>
	61156	2021	<i>Symmetrical single pair cables with transmission characteristics up to 600MHz</i>
	63171	2021	<i>Shielded or unshielded free and fixed connectors for balanced single-pair data transmission with current-carrying capacity - General requirements and tests</i>

Quadro 1 – Normativas relacionadas ao Single Pair Ethernet em março/22 (normas concluídas ou em processo de finalização).

Nota-se, portanto, que a tecnologia SPE já não está restrita somente às redes automotivas e/ou substituição dos protocolos legados, mas visa, principalmente, a expansão do conceito Ethernet a diversas aplicações e verticais de mercado.

2.2. Associações (Consórcios)

De forma a maximizar o desenvolvimento deste novo conceito, diversos consórcios surgiram com o objetivo de coletar *insights*, auxiliar no desenvolvimento e difundir os conceitos e novas aplicações da tecnologia. Em suma, estes consórcios são conjuntos de empresas que se uniram para ouvir o mercado e levar para ele as soluções criadas com foco no SPE, não somente no que tange as soluções de cabeamento, mas também os equipamentos necessários para uso da tecnologia.

Os principais consórcios que ativamente contribuem para o desenvolvimento do Single Pair Ethernet são listados a seguir, os quais se autodefinem como:

- **Ethernet Alliance:** “é um consórcio industrial global, sem fins lucrativos, de organizações membros que se dedicam ao sucesso e avanço contínuos das tecnologias Ethernet, sendo a ponte entre os padrões e os usuários finais, trabalhando na promoção, adoção e uso das tecnologias Ethernet em todos os mercados”;
- **SPE Industrial Partner Network:** “é uma associação igualitária de empresas que promovem a tecnologia Single Pair Ethernet como base para o crescimento rápido e bem-sucedido da IIoT (*Industrial Internet of Things*)”;
- **Single Pair Ethernet System Alliance (SPESA):** “foi formada para aproveitar ao máximo o enorme potencial desta nova tecnologia para o futuro, sendo que todos os membros compartilham o objetivo comum de promover a tecnologia Single Pair Ethernet para a *Industrial IoT* (IIoT) e todas as outras áreas de aplicação relevantes”;
- **TIA Single Pair Ethernet Consortium (TIA SPEC):** “representa os líderes em tecnologia para acelerar a adoção da próxima geração de tecnologia operacional (OT) e conectividade da *Internet of Things* (IoT) usando tecnologias SPE”.

Tais consórcios tem colocado seus esforços na contribuição no desenvolvimento das normativas do SPE (em termos de especificações de cabos e conectores) assim como na divulgação massiva desta tecnologia para o mercado.

3. Características Gerais, Benefícios, Desafios e Aplicações do SPE

3.1. Características e Diferenciais

Ao longo do documento já foi comentado sobre as principais características da tecnologia Single Pair Ethernet, mas de forma a sumarizar estes pontos, os mesmos são apresentados a seguir em tópicos:

- Comunicação Ethernet com o uso de apenas 01 (um) par balanceado;
- Inicialmente surgiu para suprir demandas de baixo consumo de banda (<10Mbps), porém, hoje já é possível transmitir velocidade de 1Gbps em um cabo SPE (ainda em estudo, mas são as soluções denominadas “MultiGiga”);
- Em processo de normatização para suprir demandas da automação industrial e predial;
- Permite a transmissão de potência para alimentação de equipamentos remotos (conhecido como “Power over Data Line” (PoDL));
- O foco maior está na disseminação dos padrões: 10BASE-T1L (comunicação ponto-a-ponto de até 1000m com até 10 conexões ao longo do canal) e 10BASE-T1S (comunicação ponto-multiponto de até 25m com até 08 derivações/nós e, sua variação ainda em progresso, para até 50m com até 16 nós);
- Compactação da solução cabeada, ou seja, redução em termos de espaço (densidade) e peso;
- Variação da seção transversal para diferentes aplicações, sendo previsto opções de 26AWG a 18AWG.

3.2. Conectores

Uma vez que a tecnologia Single Pair Ethernet utiliza 01 par (*i.e.*, apenas 02 condutores isolados de cobre), foi necessário pensar no desenvolvimento de um conector que seja aderente a necessidade dos contatos metálicos. Dessa forma, diversas opções foram criadas e disponibilizadas ao mercado de tal modo a coletar *feedbacks* de usos e aplicações. Como pode ser observado no Quadro 2 utilizou-se a normativa IEC 63171 como referência, porém, com algumas variações (1 ... 7), cada uma apresentando um formato físico, aplicação e grau de proteção diferente entre si.

Padrão	IEC 63171-1	IEC 63171-2	IEC 63171-3	IEC 63171-4	IEC 63171-5	IEC 63171-6	IEC 63171-7
Conhecido como	LC-style	Rectangle	Rectangle-shaped	Square-shaped	M8 / M12	Rectangle / M8 / Push pull	Hybrid M12
Quantidade de pares	1	1	1 ou 4	1	1 ou 4	1	1
Grau de proteção (IP)	IP20	IP20	IP20	IP20	IP67	IP20 / IP67	IP67

Quadro 2 – Formatos de conectores desenvolvidos para atender o SPE.

Por exemplo, o formato de conector referenciado na IEC 63171-1 tende a ser utilizado em automação predial, enquanto os formatos IEC 63171-2 e -5 tendem a ser aplicados em automação industrial. Em específico, estes últimos dois modelos são idênticos entre si, variando apenas o seu invólucro, ou seja, há uma diferenciação em termos do grau de proteção dos conectores, isto é, IP20 e IP67, respectivamente.

3.3. Principais Benefícios

Os benefícios relacionados a tecnologia Single Pair Ethernet são diversos, entre eles estão:

- O SPE não substituirá a solução tradicional Ethernet de 02 ou 04 pares trançados, e sim apenas complementar as aplicações, principalmente, àquelas comunicações de borda (“*edge communication*”);
- Habilitará a comunicação Ethernet de ponta-a-ponta (desde os sistemas ERP/MES até os dispositivos de campo, conhecidos como I/Os), ou seja, convergência entre TI e TA;
- Possibilidade da substituição de protocolos legados (soluções *fieldbuses*) para equipamentos baseados em protocolo Ethernet, isto é, com endereçamento IP;

- Uma vez que a solução é baseada em Ethernet, não seriam necessários uso de gateways para conversão de protocolos (ex.: Ethernet-serial, e vice-versa), conseqüentemente, menor latência e maior confiabilidade é entregue ao usuário;
- Distribuição de potência e dados em apenas um par via PoDL (*Power over Data Line*);
- Atendimento de diversas topologias, seja ponto-a-ponto (até 1000m) ou multi-ponto (até 16 conexões em 50m);
- Atendimento das novas aplicações baseadas em soluções IoT e IIoT, assim como em novos ambientes;
- Foco em sustentabilidade, uma vez que menos material de PVC (usado na capa/isolamento) e cobre (usado nos condutores) serão utilizados.

3.4. Principais Desafios

Por ser uma nova solução em conectividade, atualmente, ainda há algumas indefinições em relação a alguns pontos. Entre eles, pode-se citar:

- Definição do tipo de interface a ser utilizada em termos do formato do conector;
- Desenvolvimento de novas ferramentas para conectorização de campo;
- Definição ou redução das variações de cabeamento, uma vez que eles podem variar de 26 a 18AWG, com/sem blindagem, etc.;
- Desenvolvimento de novas formas de testagens, dado que alguns dos parâmetros avaliados no cabeamento Ethernet metálico tradicional não se aplicam ao Single Pair Ethernet;
- Desenvolvimento de componentes ativos, sejam switches, módulos remotos e demais dispositivos;
- Aceitabilidade do conceito, principalmente, pelos fabricantes que fornecem automação industrial, assim como das equipes que atuam nestas áreas.

3.5. Aplicações

Dentre as aplicações já conhecidas que poderiam se beneficiar da solução SPE estão:

- **Automação industrial:** controle de dispositivos de borda como módulos IOs, válvulas, atuadores, acionadores (drivers), painéis de controle, etc.;
- **Automação predial:** controle de acesso, monitoramento/sensoriamento de ambientes, alimentação de dispositivos remotos de baixo consumo, etc.;
- **Sistemas embarcados:** entretenimento durante viagens, controle e leitura de sensores, etc.

4. Conclusão

Dada a breve explanação e conceitualização da tecnologia Single Pair Ethernet, pode-se concluir que:

- Trata-se de um importante passo na convergência TI/TA na indústria e sistemas IoT/IIoT;
- Não irá substituir o padrão Ethernet tradicional de 02 ou 04 pares trançados;
- Apresenta coexistência com outras tecnologias;
- Visa atender os equipamentos de borda;
- Consiste em uma alternativa para substituição dos protocolos legados;
- Permite desenvolver novas aplicações e soluções de conectividade;
- Contém aderência ao conceito da Indústria 4.0.

Em suma, a tecnologia SPE se apresenta como uma forma de difundir ainda mais as soluções Ethernet para aplicações que são atendidas pelos protocolos legados assim como para expandir às novas demandas de redes, as quais surgem com o desenvolvimento e integração dos dispositivos IoT e IIoT no nosso dia a dia, viabilizando, portanto, a verdadeira convergência entre as soluções de TI e TA.