

Doppelader-Netz

SPE: Ethernet über zwei Drähte im Praxis-Check

Single-Pair-Ethernet transportiert Daten über nur zwei Adern. Die Technik wurde für die Fahrzeugvernetzung entwickelt, zieht aber auch in die Gebäude- und Industrieautomation ein. Sie könnte sogar brachliegende Telefonleitungen wiederbeleben, um schnelles Internet im Haus weiterzuleiten.

Von Ernst Ahlers

Ethernet über nur ein Adernpaar (Single-Pair-Ethernet, SPE) wurde schon um 2010 herum für die Fahrzeugvernetzung entwickelt. In den Kabelbäumen, die die sich stetig vermehrenden Onboard-Elektronikmodule verbinden, zählt jedes Gramm. Fallen drei der in Ethernetkabeln bisher üblichen vier Doppeladern weg, senkt das neben dem Gewicht auch den Leitungsdurchmesser, was Bauvolumen spart und obendrein Kosten fürs Edelmetall Kupfer.

2015 hat das IEEE die von Broadcom unter dem Namen BroadR-Reach entworfene 100-MBit/s-Technik in der Ethernet-

Normenfamilie als 802.3bw (100Base-T1) standardisiert. Weil in Automobilen die bei Ethernet übliche maximale Segmentlänge von 100 Metern nie vorkommt, ist 100Base-T1 für maximal 15 Meter definiert, was die Leitungsanschaltung vereinfacht. Der Strang zwischen zwei Ports darf aus bis zu fünf Segmenten mit maximal sechs Steckverbindern (Klemmstellen) bestehen. Als Medium definiert der Standard eine verdrehte Doppelader mit 100 Ohm Impedanz, wie sie auch in gewöhnlichen Ethernet-Leitungen steckt. Eine Schirmung ist nicht vorgeschrieben, reduziert aber die Empfindlichkeit gegen Störeinflüsse von außen.

In rascher Folge entstanden weitere Varianten für verschiedene Geschwindigkeitsstufen und deutlich größere Distanzen (siehe Tabelle). So setzt beispielsweise 1000Base-T1 für seine maximale Übertragungsdistanz von 40 Metern in größeren Transportmitteln (Busse, Flugzeuge) eine geschirmte Leitung voraus, denn es arbeitet mit einer oberen Grenzfrequenz von 600 MHz wesentlich breitbandiger als 100Base-T1 (66 MHz).

Neben der gewohnten Punkt-zu-Punkt-Topologie erstand die aus der Ethernet-Steinzeit bekannte Bus-Topologie (mehrere Stationen an einem Strang) wieder auf, um beispielsweise in der in-

dustriellen Automation mehrere Sensoren über ein Kabel an eine Steuerung anzubinden.

SPE daheim

Analog zur Energieversorgung übers achtadrige LAN-Kabel (Power over Ethernet, PoE, IEEE 802.3af/at/bt) wurde eine Zweiaader-Variante entworfen (Power over Data Lines, PoDL, IEEE 802.3bu). Sie transportiert in zehn Stufen eine Leistung von 0,5 bis 50 Watt bei verschiedenen Spannungsniveaus (12, 24, 48 Volt). So sind mittlerweile sechs Systemtypen (A bis F) für Speisegeräte (Power Sourcing Equipment, PSE) und gespeiste Geräte (Powered Device, PD) anhand der Leistungsklasse und der elektrischen Eigenschaften definiert, wobei nicht jeder Typ mit jeder SPE-Variante funktioniert.

Single-Pair-Ethernet ist nicht nur für Fahrzeuge oder die Industrieautomation interessant: 1000Base-T1 könnte für die Internetweiterleitung über alte Kabelinstallationen und Strecken bis 40 Meter nützlich werden; so ließen sich brach liegende Telefonkabel nutzen, um das Internet in der Wohnung weiterzuleiten. Wie gut das klappt, haben wir praktisch erprobt (siehe unten).

100Base-T1 mit PoDL könnte Überwachungskameras über bis zu 15 Meter anbinden. Für größere Distanzen bis 1000 Meter bietet sich 10Base-T1L an: Seine 10 MBit/s sollten zum Beispiel für den komprimierten Videostream einer modernen Türsprechstelle genügen.

Steckerstreit

Single-Pair-Ethernet-Stecker bauen unter anderem wegen der geringeren Polzahl nur ungefähr halb so groß wie die bekannten RJ45-Stecker. In der Fahrzeugvernet-

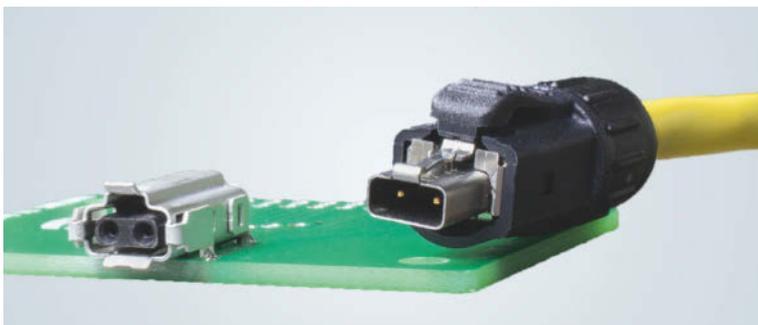


Bild: Harting

Für industriellen Einsatz empfiehlt das Normungsgremium SC 48B den als IEC 63171-6 standardisierten SPE-Stecker T1 von Harting. Außer der abgebildeten kompakten Rastklinken-Ausführung für trockene Umgebungen gibt es robustere, wasserdichte Rundstecker mit Verschraubung.

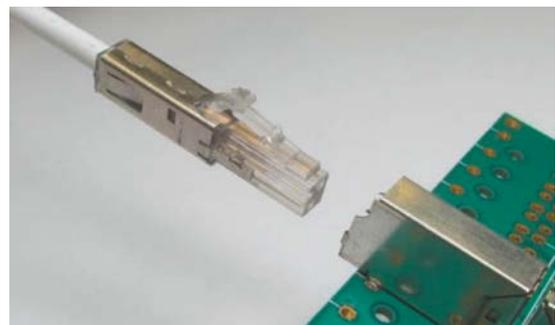


Bild: CommScope

CommScopes SPE-Stecker im von Glasfaser-Patchkabeln bekannten LC-Format ist für die Gebäudeautomation vorgesehen (IEC 63171-1). Er könnte mittelfristig auch in der Büro- und Heimvernetzung auftauchen.

zung geben die großen Hersteller ihren Zulieferern traditionell Hausnormen vor. Weil SPE nicht mehr nur dort zum Einsatz kommt, entstanden weitere unterschiedliche Bauformen. Anfang 2020 hat das IEC-Normungsgremium SC 48B nach Konsultation anderer Arbeitsgruppen aus sechs Vorschlägen zwei Verbindertypen für die beiden wichtigsten Anwendungsgebiete ausgewählt.

Für die Gebäudeautomation bekam ein Entwurf des Herstellers CommScope den Zuschlag. Der Stecker im von Glasfaser-Patchkabeln bekannten LC-Format wurde als IEC 63171-1 standardisiert. Er ist für Umgebungen mit geringen Anforderungen an die Robustheit vorgesehen. So könnte man ihm in der Büro- beziehungsweise Heimvernetzung mittelfristig auch als RJ45-Ersatz begegnen.

Bei industriellem Einsatz entschied sich das Gremium für den T1-Stecker von Harting, der in IEC 63171-6 mit drei Bauformen normiert wurde (rechteckig mit Rastklinke, Rundstecker mit Verschraubung im Format M8 und M12). Je nach Ausführung hat dieser Stecker keine oder eine hohe Dichtigkeit gegen Partikel und Wasser (IP20, IP65/67).

Die SC-48B-Entscheidung bedeutet aber nicht, dass die anderen vier ebenfalls als IEC-Normen standardisierten Vorschläge aus dem Rennen wären: Großunternehmen setzen in ihren Werken ebenfalls gern Hausnormen und können dafür die IEC-63171-Varianten -2 bis -5 vorschreiben. Die Verbindhersteller dokumentieren ihr den Kundeninteressen entgegenlaufendes Lagerdenken übrigens auf zwei sehr ähnlichen Websites: www.singlepair.ethernet.com und www.single-pair-ethernet.com. Servicetechniker werden sich für den Alltag wohl mit einer Auswahl an Steckadaptern wappnen müssen.

SPE ausprobiert

c't hatte Gelegenheit, Gigabit-SPE mit zwei SFP-Modulen (Small Form-factor Pluggable, steckbare Transceiver für Switches) zu erproben, die der Münchner Dienstleister Technica Engineering (TE) bereitstellte. Die Adapter namens TE-1437 sind für Systementwickler in der Fahrzeugbranche gedacht und dürfen nur im Labor eingesetzt werden. Innen arbeitet der Marvell-Chip 88Q2112 A2, der 100 und 1000 MBit/s beherrscht, hier aber auf die Gigabit-Datenrate eingeschränkt ist.

Die Adapter funktionierten bei uns auf Anhieb in zwei Switches mit SFP-Slots

Die SFP-SPE-Module TE-1437 sind für Systementwickler in der Fahrzeugbranche gedacht. Im c't-Labor lieferten sie aber auch über 30 Meter Telefonleitung vollen Gigabit-Ethernet-Durchsatz.



(Netgear XS512EM und TP-Link T1500G-10PS v1.0). Das garantiert der Hersteller im Handbuch aber nicht für alle Switch-Modelle und weist auf sein optional erhältliches Media Gateway hin. Entwickler bekommen komplette Medienwandler für Gigabit-Ethernet zu 1000Base-T1 beispielsweise von der Star Corporation und Göpel electronic.

Über zwei mitgelieferte, rund einen Meter lange Pigtaills schlossen wir die TE-1437-Module an steigende Längen Telefonkabel an (Leitungstyp J-Y(ST)Y, $2 \times 2 \times 0,6 \text{ mm}^2$). Bis 30 Meter bekamen wir einen Gigabit-Link, der per iperf3 gemessen die übliche TCP-Nettodatenrate von 950 MBit/s lieferte. Die Latenz (Round Trip Time, Pingzeit) zwischen den Test-PCs lag über die beiden Switches und insgesamt drei Gigabit-Ethernet-Links (On-board-PCIe-Adapter, Standard-Ethernet, Switch, SPE, Switch, Standard-Ethernet, USB-Ethernet-Adapter) hinweg bei 1,8 Millisekunden im Mittel; das war im Rahmen der Messgenauigkeit derselbe Wert wie über drei gewöhnliche Verbindungen.

Besser ununterbrochen

Kombinierten wir hingegen ein 20-Meter mit einem 10-Meter-Stück zu 30 Metern Gesamtstrecke, kam keine Verbindung mehr zustande. Die zusätzliche Dämpfung der fünften Klemmstelle hat vermutlich die Systemreserve ausgeschöpft. Mit 30 durchgehenden Metern erzielten die TE-Module indes schon deutlich mehr

Reichweite, als ihr Datenblatt garantiert (10 Meter).

Auf hochwertigen geschirmten Leitungen soll 1000Base-T1 auch bis zu 40 Meter überbrücken können. Doch das hätten die Chiphersteller mangels Nachfrage noch nicht überprüft und garantierten es deshalb nicht, heißt es seitens TE. Mit unserem Aufbau vergleichbare Telefonkabelstränge in Gebäuden sollten ebenfalls Gigabit-SPE transportieren können. Zwei SPE-Systeme in einem Viererkabel zu betreiben dürfte aber scheitern: Die Adern sind nicht paarweise geschirmt, was zu gegenseitigen Störungen führen und Gigabit-Links oft vereiteln wird.

Für Gigabit-Ethernet über zwei statt acht Adern zahlt man bei der Stromrechnung einen kleinen Aufpreis: Das TE-1437-Modul steigerte die Leistungsaufnahme des einen Switches bei bestehendem Gigabit-Link ohne Datenverkehr um rund ein Watt; als Labormuster ist es nicht aufs Energiesparen optimiert (EEE-Funktion deaktiviert). Übliche Gigabit-Ethernet-Ports kommen inzwischen mit 0,2 bis 0,3 Watt aus, kommerzielle 1000Base-T1-Ports könnten zukünftig bei 0,5 Watt liegen. Die leicht steigende Stromrechnung lässt sich aber gut verschmerzen, wenn man dafür eine existierende Leitung weiternutzen kann und kein neues Kabel zu ziehen braucht. Nun müssen nur noch die Hersteller von Geräten für kleine Netze die SPE-Nische entdecken und Medienwandler für diesen Zweck anbieten. (ea@ct.de) **ct**

Single-Pair-Ethernet-Varianten

Bezeichnung	IEEE-Standard	Datenrate	Duplex	Reichweite	Topologie
10BASE-T1S	802.3cg	10 MBit/s	halb	15 m	Punkt-zu-Punkt ¹
10BASE-T1L	802.3cg	10 MBit/s	voll	1000 m	Bus (max. 10 Nodes)
100BASE-T1	802.3bw	100 MBit/s	voll	15 m	Punkt-zu-Punkt
1000BASE-T1	802.3bp	1000 MBit/s	voll	15 / 40 m ²	Punkt-zu-Punkt
MultiGBASE-T1	802.3ch	2,5 / 5 / 10 GBit/s	voll	15 m	Punkt-zu-Punkt

¹ optionale Funktion: alternativ Bus-Betrieb mit maximal 8 Nodes über 25 Meter

² abhängig vom Leitungstyp