

Geprüfter Datenstrom



Geprüfter Datenstrom

PoE-VERSORGUNG IM NETZWERK Power over Ethernet, also die Fernspeisung von Endgeräten über die (Kupfer-)Datenleitung ist derzeit eines der Top-Themen im Verkabelungsbereich. Doch welche PoE-Klassen und Leistungsstufen gibt es mittlerweile? Wie erfolgt die Energieversorgung von Geräten am Ende einer Übertragungsstrecke über die Datenleitung, die zum Informationsaustausch im Netzwerk dient? Und welche Anforderungen an passive Verkabelungsstrukturen und aktive Komponenten werden dadurch gestellt?



AUF EINEN BLICK

DER STANDARD IEEE 802.2bt erlaubt die Versorgung von Endgeräten mit hohem Stromverbrauch sowie die Aufteilung der Stromversorgungen in zwei einzelne Pfade

URSACHE FÜR UNSYMMETRIEN und verzerrte Signale kann die Anschlussqualität der Verkabelung sein, deshalb sollten geeignete Anlegewerkzeuge verwendet werden

DER TEST DER PoE-TAUGLICHKEIT einer passiven Kupferverkabelung ist in der IEC 61935-1-2 festgeschrieben

Fernspeisung von Endgeräten in Netzwerken ist keine Erfindung der Neuzeit. In der Nachrichtentechnik wurden bereits beim analogen Telefon die Apparate über ihre »Sprechadern« mit Spannung (60V) versorgt. Auch der Nachfolger ISDN hat seine NTBAS (Network Termination for ISDN Basic rate Access, das Netzabschlussgerät bei einem ISDN-Basisanschluss) mit 96V über die U_{ko} -Schnittstelle »fernversorgt«, die dann wiederum Endgeräte über die S_0 -Schnittstelle mit 40V betreiben konnten.

Waren dies noch Anwendungen, die mit wenig Leistung auskamen, so wird heutzutage die Fernspeisung von Endgeräten mit weit höheren Leistungen realisiert. Da mittlerweile die meisten Anwendungen über das Ethernet-Datenprotokoll abgewickelt werden, spricht man heute bei der Fernspeisung von »Power over Ethernet«, kurz PoE.

Bei PoE gibt es derzeit mehrere genormte Leistungsstufen, die zur Ansteuerung von unterschiedlichen Geräteklassen verwendet werden. Zu den ferngespeisten Endgeräten höherer Leistung zählen die klassischen Endgeräte wie PCs, Monitore und Laptops (mit und ohne PoE-Ladefunktion), WLAN-Access-

Points und Überwachungskameras (mit und ohne Heizung).

Ein neues Feld für den Einsatz von »High Power PoE« wird die Beleuchtungstechnik werden. Der fortschreitende Einsatz von intelligenter LED-Technologie ersetzt die alte Glühbirne mit ein bisschen Helligkeit und viel Wärmezeugung durch eine hocheffiziente Lichtquelle, die sich über eingebaute Sensorik bzw. externer Steuertechnik optimal den jeweiligen Anforderungen des »beleuchteten« Menschen anpasst oder auch manipulativ angepasst werden kann. PoE ist hier der Schlüssel für die Energieversorgung in Kombination mit Datenkommunikation.

PoE im Normenkontext

Power-over-Ethernet-Standards gibt es bereits seit 2003. Die erste Norm hatte die Bezeichnung IEEE 802.3af und definierte eine Leistung auf der Versorgungsseite, also typischerweise am Switch oder einem speziellen PoE-Injektor, von bis zu 15,4W, was am Ende der Übertragungsstrecke eine nutzbare Leistung von 12,95W am Endgerät (PD, Powered Device) ergibt. Dieser Leistungsbereich war für



Quelle: Softing IT Networks (alle Bilder)

die Verwendung in Verbindung mit 10-Mbit- und 100-Mbit-Ethernet ausgelegt. Es wurden bereits zwei Betriebsmodi definiert, die entweder die freien Aderpaare (sofern vorhanden) zur Fernspeisung verwenden oder die signalführenden Leitungen zusätzlich mit Versorgungsspannung fürs Endgerät belegen.

2009 folgte die Erweiterung in Form der IEEE 802.at mit einer maximalen Leistung von 30W am Einspeisepunkt, dem sogenannten »Power Sourcing Equipment«, kurz PSE, und einer nutzbaren Leistung von 25,5W am PD und der Berücksichtigung von 1000-Mbit-Ethernet. Allerdings werden weiterhin nur zwei Aderpaare zur Energieübertragung verwendet.

UPoE+, HDBaseT und IEEE 802.2bt

Angelehnt an den IEEE-Standard entwickelte Cisco ein proprietäres Fernspeisekonzept, »Universal Power over Ethernet«, kurz UPoE, was Leistungen von 60W und in seiner größten Ausbaustufe sogar 90W (UPoE+) liefern kann. Getoppt wird das System noch vom »HDBaseT«-Standard, der zur Übertragung von unkomprimiertem Ultra-HD-Digital-Video und -Audio (2K/4K/3D) von der »HDBaseT-Alliance« aufgestellt wurde und Fernspeisung sogar bis zu 100W definiert.

Der neueste universelle IEEE-Standard mit der Bezeichnung IEEE 802.2bt erhöht nun die Ausgangsleistung auf 90W am PSE, was eine nutzbare Leistung am PD von ca. 71W ergibt. Er verwendet nun bis zu vier Aderpaare zur

Energieübertragung. Das erlaubt zum einen die Versorgung von Endgeräten mit hohem Stromverbrauch (typische sogenannte Single-Signature-PDs), aber auch die Aufteilung der Stromversorgungen in zwei einzelne Pfade für Dual-Signature-PDs, wie z. B. Überwachungskameras für außen mit zwei separaten Stromkreisen. Dabei wird einer für die Kamerafunktion und der zweite für die Heizung der Kamera verwendet.

Bei diesen hohen Strömen können, bedingt durch diverse Effekte, hohe Verlustleistungen auf den Leitungen auftreten, die einerseits zu übermäßiger Aufheizung und andererseits zum Datenverlust in der Übertragung führen können. Deswegen behandelt dieser aktuellste PoE-Standard auch Themen wie zum Beispiel maximal zulässige Widerstandsunsymmetrien auf den Kabeln und deren zulässige Grenzwerte. Die Tabelle in **Bild 1** zeigt die Details zu den jeweiligen IEEE-PoE-Standards.

Widerstände und Unsymmetrien

Wie bereits kurz angerissen, kommt dem Parameter des Gleichstromwiderstandes der Übertragungsstrecken eine große Bedeutung in Verbindung mit Power over Ethernet zu. Hohe Widerstände bedeuten hohe Verluste und Erwärmung, durchaus auch bis in gefährliche Regionen, außerdem hohe Dämpfungswerte, was wiederum zu starker Signalabschwächung führt. Dies kann auch im Falle von Gleichstromwiderstands-Unsymmetrien Verzerrungen von Signalen und Unterbrechung des Datenaustausches bedingen.

Der erste Widerstandswert, der hier relevant ist, ist der Gleichstrom-Schleifenwiderstand.

Dieser ohmsche Wert muss für jedes Aderpaar <25 Ohm sein, um grundsätzlich keine zu hohe Verlustleistung per Konstruktion schon in der Strecke zu haben. Aber zum Glück ist dieser Wert bei allen Übertragungskanälen von Klasse D (100MHz Bandbreite) an aufwärts bereits als Minimumwert gefordert.

Sollte sich bei einer Messung herausstellen, dass der Wert höher ist, war dies früher in den Kompaktdosen meist auf mangelhafte Anschluss technik des Installateurs zurückzuführen, oft in Verbindung mit unpassendem Anlegewerkzeug. Sind Adern nämlich nicht richtig eingedrückt, steigt an dieser Stelle der ohmsche Übergangswiderstand, was bei PoE mit hoher Leistung zu thermischen Problemen führen kann. Moderne Anschlussmodule, bei denen mit dem Schließen des Gehäuses die Adern gleichzeitig und gleichmäßig eingedrückt werden, sind weitestgehend frei von unerwünschten Widerstandseffekten.

Rückt man aber dem Gleichstrom-Widerstand etwas dichter auf die Pelle, gibt es in Verbindung mit dem Aufbau eines Datenkabels und –kanals noch zwei weitere Widerstands-Untersparameter, die bei der Übertragung von Daten und Energie ebenfalls sehr wichtig sind. Diese Parameter ergeben sich aus dem Aufbau eines Übertragungssystems.

Zur Übertragung von Gigabit-Ethernet über Kupferleitungen sind acht Adern, die im Kabel zu vier Paaren verseilt sind, erforderlich. Jede dieser acht Adern (plus Kontaktierung in der Anschlussdose) hat einen eigenen ohmschen Widerstandswert, der sich von den anderen unterscheidet. Innerhalb eines Aderpaares sollten diese Differenzen sehr klein sein, da sie über dieselbe Leitungslänge verfügen.

Größere Widerstandsunterschiede ergeben sich zwischen den Aderpaaren, da jedes Aderpaar – bedingt durch die ihm eigene Verdrillung – auch eine unterschiedliche Länge besitzt. Das bedeutet, dass der Strom im Hinweg einen anderen Widerstand durchläuft als auf dem Rückweg. Da aber alle Arten von Widerstands-Unsymmetrien zusätzliche Verlustleistungen im Übertragungsweg bedeuten, muss man sich in Verbindung mit »High Power PoE« mit ihnen beschäftigen.

Unsymmetrien in Übertragungssystemen

Eine Ursache für Unsymmetrien können natürlich Übertrager mit versetzten Mittelabgriffen im PSE beziehungsweise PD sein. Aber meistens ist eher die Verkabelung der Auslöser. Das beginnt mit Kabeln, die von niedriger Qualität sind und schon große Widerstandsunterschiede per Konstruktion aufweisen.

Ein Nischendasein führen bei uns sogenannte CCA-Kabel (Copper-Cladded-Aluminium). Das sind Aluminium-Kabel, die mit einer Kupferschicht überzogen sind, was zu geringem Gewicht, aber auch zu stark erhöhten Widerstandswerten führt. Deshalb sollten diese Kabel eher nicht mit PoE verbunden werden. Sie sind auch nicht als Kabel für die Universelle Verkabelung nach ISO/IEC 11801-1 zugelassen.

Natürlich können auch die angeschlossenen Buchsen und Stecker zu Unsymmetrien auf einer Übertragungsstrecke beitragen. Sollte dies der Fall sein, muss man meist von einer gänzlich defekten Komponente ausgehen, bei der nur noch Austauschen hilft.

Bleibt noch die Anschlussqualität als Ursache für Unsymmetrien, wie oben bereits

Geräte/Standards		IEEE 802.3af				IEEE 802.3at	IEEE 802.3bt				
Power Source Equipment (PSE)	Klasse	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
		max. Leistung	15,4 W	4 W	7 W	15,4 W	30 W	45 W	60 W	75 W	90 W
Single Signature Powered Device (PD) • PoE auf 2 Paaren (Typ 1 bis 4) 1,2/3,6 oder 4,5/7,8 • PoE auf 4 Paaren (Typ 3 & 4) 1,2/3,6 und 4,5/7,8	Typ	1									
		2									
		3						4			
	max. Leistung	12,95 W	3,84 W	6,49 W	12,95 W	25,5 W	40 W	51 W	62 W	71,3 W	
Dual Signature (pro Paarsatz) Powered Device (PD) • PoE auf 4 Paaren 1,2/3,6 und 4,5/7,8	Typ	3									
		4									
	max. Leistung		3,84 W	6,49 W	12,95 W	25,5 W	35,5 W				

Bild 1: Übersicht über die unterschiedlichen PoE-Varianten

erklärt. Es ist stets darauf zu achten, dass immer gleichmäßig und gut kontaktiert wird. Das setzt die Verwendung von richtigem Werkzeug voraus, z. B. Anlegewerkzeuge, die speziell für Kompakt-Datendosen und Panels entwickelt wurden, ohne Führungsfuß und Drahtschere, oder auch der Einsatz einer Parallelzange statt der alten Wasserpumpenzange zum Schließen von Kabelmodulen. Generell sollte stets auf Einhaltung der Herstellervorgaben zum korrekten Anschließen geachtet werden. Der Hersteller weiß am besten, wie sein Material normgerecht angeschlossen wird.

Testen auf PoE-Tauglichkeit

Um eine passive Kupferverkabelung auf ihre Tauglichkeit für den Einsatz von PoE mit höherer Leistung zu überprüfen, gibt es im IEEE 802.3bt-Standard Grenzwertvorgaben sowohl für Gleichstromwiderstand-Unsymmetrie in einem Paar (3% des gesamten Gleichstrom-Schleifenwiderstandes) als auch zwischen zwei beliebigen Paaren im System (7%, **Bild 2**). Diese beiden Grenzwerte wurden auch in die ISO/IEC 11801-1, dem internationalen Leitdokument der Universellen Verkabelung, und nachgeschaltet in die europäische EN 50173-1 übernommen und darin als optionale Messparameter für die Feldmessung zugelassen. Optional heißt hier, dass die Messung nicht zwingend erforderlich ist, aber wenn durchgeführt, dann auch als Bestanden/Nicht-Bestanden-Kriterium herangezogen wird.

Wie zu messen und zu berechnen ist, ist in der IEC 61935-1-2 festgeschrieben, die sich mit dem Thema der Widerstands-Unsymmetrien beschäftigt. Auch die erlaubten Messunsicherheiten des verwendeten Feldmessgerätes und der Umfang der Dokumentation der Messergebnisse sind dort geregelt. Verwendet wird wieder das klassische Zertifizierungsmessgerät, dessen Funktionsumfang um die Unsymmetrie-Parameter des Gleichstromwiderstands erweitert wird. Was in manchen Fällen allerdings auch bedeutet, sich von seinem gewohnten Messgerät zu verabschieden und in ein neues zu investieren, da diese Unsymmetrie-Funktionen auch aktuelle Mess-Hardware im Gerät verlangen.

Sind alle Messungen mit einem »Bestanden« erfolgreich gewesen, kann man davon ausgehen, dass diese Übertragungsstrecken, auch mit PoE hoher Leistung beaufschlagt, keine übermäßigen Leitungsverluste erzeugen werden. Einzuhalten ist trotzdem noch die Vorgabe aus der ISO/IEC TS 29125. Diese definiert, wie viele Leitungen maximal zu einem

Bündel zusammengefasst werden dürfen. Sonst droht von der Seite Überhitzungsgefahr.

PoE im aktiven Netzwerk

Ein geprüftes und für gut befundenes passives Netzwerk heißt allerdings noch nicht, dass auch nach dem Einbau der aktiven Komponenten (Switche) PoE bis zum Endgerät hin komplett funktioniert. Um auch im aktiven Betrieb eine Funktionsaussage zum PSE zu bekommen, besitzen hochwertige Verifizierer (prinzipiell Verdrahtungstester) und Qualifizierer (Ethernet-Performance-Tester) einige Funktionstest, um sicherzustellen, dass das PSE korrekt arbeitet und auch Leistung liefert.

So werden anstelle des Endgerätes (PD) diese Testgeräte angeschlossen und die jeweiligen Switchports entsprechend der Standard-Leistungstabelle abgefragt und ihre PoE-Möglichkeiten ermittelt. Anschließend erfolgt ein Belastungstest mit maximal möglicher Last, um die Angaben zu verifizieren. So lassen sich z. B. defekte Ausgangsstufen im Switch aufspüren, die zwar die Leerlaufspannung anbieten, aber dann unter Last einbrechen.

Auch bekommt man Angaben dazu, ob ein Switch bereits ausgelastet ist, also nicht mehr PoE-Ports als bereits verwendet unterstützen kann. So findet man auch »Überbelastungen« von Switchen. Oft sind nicht alle Ports an einem Switch für den Betrieb unter

PoE-Volllast ausgelegt. Ein Blick in das Datenblatt relativiert oft manche Werbeaussage, und man stellt schnell fest, dass schon die angegebene Leistungsaufnahme bei Weitem nicht ausreicht, um alle Ports mit Volllast zu betreiben. Ein kurzer Test vor dem Anschluss des Endgerätes erspart hier oft aufwändige Fehlersuchmaßnahmen.

Fazit

Power over Ethernet gewinnt immer mehr an Bedeutung. Die Erhöhung der übertragenen Leistung eröffnet zwar neue Einsatzgebiete, birgt aber auch neue technische Risiken, die es im Vorfeld bereits abzufangen gilt. So werden die diversen Gleichstromwiderstands-Parameter immer wichtiger, wenn der Einsatz von PoE in einer Verkabelung geplant ist.

Um sich im Vorfeld per Messtechnik zu rüsten, braucht es neue Funktionen in den Zertifizierungsgeräten. Alte Messgeräte können das meist nicht leisten, also droht ein kostspieliger Neukauf, möglichst mit Inzahlungnahme des Altgerätes.

Eine weitaus nachhaltigere und wirtschaftlichere Alternative: Der »Wirexpert« von Softing IT Networks muss beispielsweise nicht ausgetauscht werden, hier reicht es, sich einen Satz neuer Zusatz-Messmodule anzuschaffen, die diese neuen Messungen beherrschen. Die oben beschriebenen aktiven PoE-Tests sind bei modernen und hochwertigen Verifizierern und Qualifizierern, wie z. B. den »Cablemaster«- und »Netxpert«-Serien bereits Standardfunktion. Wichtig ist, dass nicht nur die PoE-Spannung gemessen wird, sondern auch bei Belastung geprüft werden muss. Erst die Kombination aus passiven und aktiven Messungen und Tests garantiert die fehlerfreie Funktion der Fernspeisung.

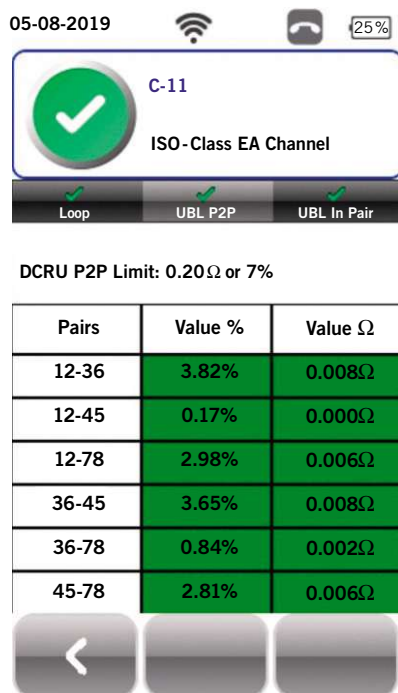


Bild 2: Messung der Gleichstrom-Widerstandsparameter im Netzwerktester »Wirexpert«, hier die Widerstand-Unsymmetrie Paar-zu-Paar

AUTOR

Alfred Huber
Leiter Technik,
Softing IT Networks GmbH, Haar