

NBASE-T Ethernet-Technologie

Grundlage für den Standard IEEE 802.3bz

Überblick

Seit etwa zehn Jahren sind Unternehmensnetzwerke auf der Zugriffsschicht (Access Layer) mit 1000BASE-T Ethernet für den Großteil ihrer Anforderungen an den Durchsatz ausreichend ausgerüstet. Aber nun läuft die Zeit für diese Technologie ab. Der bedeutendste Katalysator für Änderung ist im Wi-Fi-Bereich zu finden. Die schnelle Akzeptanz von Standards IEEE 802.11ac Wave 1 und Wave 2 und von BYOD-Richtlinien durchbrechen die 1 Gbit/s-Barriere von 1000BASE-T Ethernet. Fügt man dann noch eine wachsende Anzahl von datenintensiven Anwendungen wie Universitätsforschung, medizinische Bildgebung, CAD/CAM und Medienbearbeitung hinzu, die mehr als 1 Gbit/s erfordern, dann könnte man meinen, dass der lang andauernde Siegeszug von 1000BASE-T gebremst wird, wenn nicht gar zu seinem Ende gelangt.

Unternehmen, die einen Durchsatz über Gigabit Ethernet hinaus wünschen, sehen sich durch ein echtes Problem blockiert: Die nominale Begrenzung der bestehenden Cat 5e/6-Verkabelung, die einen Großteil der weltweit installierten Infrastruktur darstellt, auf 1 Gbit/s. Die Neuverkabelung von Gebäuden mit neueren Cat 6a-Kabeln, die für 10GBASE-T erforderlich sind, wäre eine Option, kann jedoch äußerst störend und kostenintensiv für manche Organisationen sein. Eine in der Entwicklung begriffene Ergänzung zu IEEE 802.3, 802.3bz behandelt dieses Problem, indem sie Datengeschwindigkeiten von 2,5 und 5 Gbit/s über bestehende Kabel Cat 5e/6 ermöglicht. Die Arbeit an diesem neuen Standard ist in vollem Gang und soll im Herbst 2016 abgeschlossen werden. Für eine wachsende Anzahl an Benutzern, die über 1 Gbit/s hinausblicken, ist dies jedoch nicht bald genug.

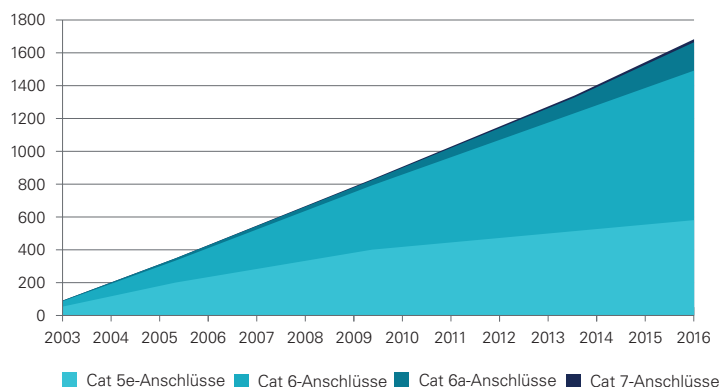
Um den dringenden Bedarf an Datenübertragungsraten über 1 Gbit/s hinaus vor der Fertigstellung des Standards IEEE 802.3bz anzusprechen, entwickelt die NBASE-T Alliance, ein aus über 45 branchenführenden, alle Aspekte der Industrie repräsentierenden Mitgliedern bestehendes Konsortium, einen Vorabstandard, in dem technische Daten und Produkte parallel zu und in Verbindung mit dem IEEE Prozess entwickelt werden. Anhand der NBASE-T-Spezifikationen können Benutzer schon heute mit dem Einsatz von 2.5GBASE-T/5GBASE-T-Technologie beginnen. Mitarbeiter von NBASE-T-Mitgliedsunternehmen haben für den gesamten IEEE-Prozess wichtige Beiträge geliefert. Dadurch baut der Standardentwurf 802.3bz auf einer Technologie-Baseline auf, die der NBASE-T-Spezifikation sehr nahekommt. Endbenutzer können daher die berechnete Erwartung auf einen nahtlosen Übergang zum IEEE-Standard hegen, sobald dieser verabschiedet wird.

Der Engpass

Wie es so oft der Fall ist, hat die Bemühung, Durchsatz und Geschwindigkeit in einem alten Ökosystem zu erhöhen zur Entdeckung eines Engpasses geführt. Auf der Zugriffsebene von Unternehmensnetzwerken ist dieses Nadelöhr die Cat 5e/6-Twisted Pair-Verkabelung zwischen dem Wi-Fi-AP oder Client-Geräten und dem Switch. 2014 verwendeten etwa 90 % der weltweiten installierten Verbindungen in Unternehmen-Cat 5e oder 6-Verkabelung. Vor der Entwicklung von NBASE-T-Technologie begrenzte dies die Datenrate auf 1 Gbit/s über 100 m, was eine Grenze für den effektiveren Gebrauch der höheren Übertragungsgeschwindigkeiten der 802.11ac Wave 2 APs bedeutete.

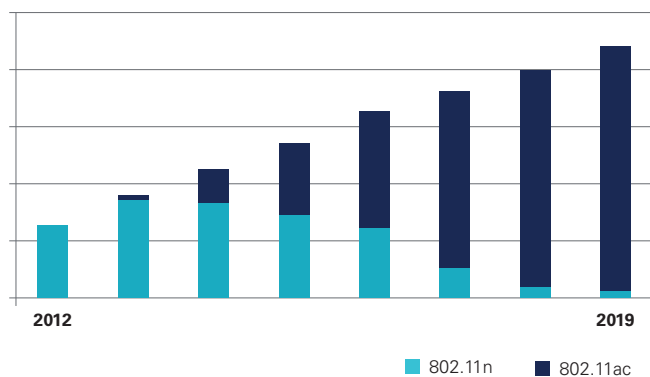
Das Ersetzen der vorhandenen Kabel durch neuere Cat 6a- oder bessere Kabel, die gemäß 10GBase-T-Standards gefertigt sind, wäre eine Methode zur Behebung des Engpasses. Zwar ist Cat 6a eine umsetzbare Option für Neuinstallationen, für Bestands-Infrastruktur wirft es jedoch bedeutende Probleme bei der Umsetzung auf. Kabelaustausch ist nicht nur störend für den Betrieb, er ist auch immens teuer. Bei Kosten von \$200 bis \$800 pro neuem Kabel für Hunderte von Access Points können die Kosten für eine Nachrüstung eines bestehenden Campus leicht in die Hunderttausende von Dollar reichen. Bei der immensen (1,3 Milliarden) installierten Basis von Cat 5e und Cat 6 wird es lange dauern, bis Cat 6a überall anzutreffen sein wird (Abbildung 1).

Abbildung 1: Installierte Basis von Ethernet-Kabeln nach Kategorie (Millionen Anschlüsse) *Quelle: BSRIA*



Der derzeitige Druck auf dem 1 Gbit/s-Engpass ist bedeutend und wächst weiter. Die schnelle Annahme von 2 Gbit/s 802.11ac Wave 1 und kurz darauf von 6,9 Gbit/s Wave 2 bringt die Macht eines wachsenden, ungeduldigen Drahtlos-Marktes zum Tragen. 2015 unterstützten etwa 40 % der Unternehmens-AP-Einheiten 802.11ac. Dieser Anteil soll bis 2017 auf 75 % steigen. Zusätzlich wird erwartet, dass 802.11ac Wave 2 schnell wachsen und bis 2019 Wave 1 überholen wird (Abbildung 2). In der Tat ist die Vermehrung von stärkeren BYOD Wi-Fi-Geräten – das neueste Smartphone, Tablet oder tragbare Technologie – ein primärer Antrieb, obwohl bestehende medizinische, Bildungs-, Medien-, Bildungs- und forschungsintensive Unternehmen mit Bedarf an Übermittlung großer Datenmengen auch an dem 1 Gbit/s-Joch leiden.

Abbildung 2: Unternehmens-AP Aufteilung nach Volumen
Quelle: Dell'Oro Group Wireless LAN 5-year Forecast Jan 2015



Die mögliche Tragweite von 2.5G/5GBASE-T geht über den Unternehmensraum hinaus, obwohl das Aufrüsten kleinerer Netzwerke weniger dringend sein kann. NBASE-T-Schnittstellen können sicherlich zu Heim-Netzwerkservern hinzugefügt werden, wenn sich der Bedarf ergibt. Es wurden bereits Produkte im Gaming-Bereich angekündigt. Broadband-Installationen werden eher früher als später die 1 Gbit/s-Barriere durchbrechen, angesichts der Nachfrage nach Daten- und Medien-intensivem Inhalt. Wie bei vielen technologischen Neuerungen wird die NBASE-T-Technologie jedoch wohl am Wahrscheinlichsten im Unternehmensbereich erfolgreich sein, wo die Nachfrage am stärksten ist und die Kosten und Ressourcen für die Installation leichter identifizierbar sind. Dann wird dies auf den Kabelservice-Provider erweitert und andere Märkte werden dann nach und nach folgen.

Die Lücke in den Standards durch Kollaboration überbrücken

2014 haben führende Firmen der Netzwerkbranche erkannt, dass eine Anzahl an Faktoren zusammenkamen und eine wachsende Lücke in dem Markt, der durch die Ethernet-Technologie bedient wird, entstand. Zu der Zeit wurden die IEEE Ethernet-Standards nach oben erweitert, auf 25 Gigabit, 100 Gigabit und höher. Trotz der Tatsache, dass ein offensichtlicher und wachsender Bedarf bestand, das 1-10 Gigabit-Potential anzuzapfen, wurde der 2.5G/5GBASE-T-Bereich nicht vom Standard-Gremium angesprochen. Zwar bestand ein 10GBASE-T-Standard, aber die dazu erforderliche Nachrüstung der Kabel stellte ein Hindernis für Unternehmen dar.

Diese Branchenführer wussten, dass ein sofortiger Bedarf für eine dazwischenliegende Ethernet-Geschwindigkeit bestand und dass es wichtig war, eine Spezifikation zu veröffentlichen, die sofort in die Praxis umsetzbar war. Gegen Ende des Jahres 2014 taten sich eine Reihe von Unternehmen im Bereich der Unternehmensinfrastruktur zusammen, um einen Konsens für einen neuen Standard zu entwickeln und Spezifikationen zu erstellen, mit denen die Entwicklung von Produkten umgehend beginnen konnte. Aquantia, Cisco Systems, Freescale und Xilinx gründeten die NBASE-T Alliance mit dem ausdrücklichen Ziel, die Lücke zwischen den Ethernet-Standards 1000BASE-T und 10GBASE-T zu füllen. Die Aktivitäten der Gruppe konzentrierten sich auf die Entwicklung von Spezifikationen und Produkten für 2.5G/5GBASE-T sowie der Unterstützung bei der Entwicklung eines IEEE 802.3-Standards. Als der 802.3bz-Prozess in jenem Herbst begann, waren Mitarbeiter von Mitgliedsfirmen der Alliance die Hauptbeitragenden und sind es noch immer im gesamten Prozess. Bis Ende 2015 war die Alliance auf über 45 Mitglieder angewachsen und umfasste das gesamte Spektrum des Netzwerk-Ökosystems: Access Points, Ethernet Switches, Speicher und Computer sowie unterstützende Komponententechnologien wie physische Schicht-IC (PHYs), Prozessoren, Steckverbinder, Controller, Switches, FPGAs, PoE, IC, Kabel und Messgeräte. Mitgliederfirmen sind entweder aktiv an der Entwicklung von NBASE-T Spezifikationen oder Produkten beteiligt oder arbeiten in verwandten Bereichen wie Verkabelung oder Messgeräte.

Dank der Aktivitäten der Alliance und anderer Elemente der Industrie ist der Fortschritt von IEEE 802.3bz sehr schnell. Zwischen Oktober 2014 und Mai 2015 bewegte sich das Verfahren schnell von dem anfänglichen Aufruf zur Interessenbekundung über die Studiengruppen-Phase zur Arbeit der Arbeitsgruppe an dem Entwurf einer Spezifikation. Im Mai 2015 wurde eine mit der NBASE-T-Spezifikation ausgerichtete technische Grundlage von der 802.3bz-Arbeitsgruppe angenommen. Seit dem Ende 2015 nähert sich die Spezifikation 802.3bz dem technischen Abschluss und sie ist weiterhin mit der NBASE-T-Spezifikation abgeglichen. Über den gesamten Prozess wurde schnell Konsens erreicht und die 802.3bz-Arbeitsgruppe hat jetzt ein Zieldatum von September 2016 für den Abschluss beschlossen.

Von Anfang an war das Erreichen eines Standards, der eine Multi-Vendor-Interoperabilität für 2.5GBASE-T und 5GBASE-T Ethernet ermöglicht, eine Grundbedingung für alle Bemühungen der NBASE-T Alliance. Der Rückhalt durch über 45 Mitglieder der Branche macht die NBASE-T Alliance zu einem wertvollen Kapital in der Definition und Entwicklung von technischem Konsens und Baselines für 802.3bz sowie Entwicklung eines Vorabstandards und den Einsatz bei Organisationen, die dafür einen Bedarf haben.

NBASE-T und die Standards

NBASE-T stellt 2.5- und 5-Gigabit Ethernet-PHY-Spezifikationen und Produkte in Abstimmung mit dem zu erwartenden 802.3bz-Standard bereit. Der einzige Fokus für diese Bemühungen ist, dass vor dem Standard entwickelte Lösungen entweder vollständig konform sind oder einfach durch Software an den Standard anpassbar sind, sobald dieser einmal verabschiedet wird. Hauptattribute der NBASE-T-Technologie:

- Unterstützt Full Duplex 2.5G/5G-Datenraten über Cat 5e/6 oder bessere Kabel (Datenraten von 100M/1G/2.5G/5G/10G PHY werden normalerweise von Geräten mit mehreren Geschwindigkeiten unterstützt)
- Skalierbar bezüglich Leistung und Kosten im gesamten Produktbereich
- Repräsentiert eine Übergruppe von 802.3bz-Funktionen, mit dem Zusatz der Fähigkeit „herunterzuschalten“, falls Leistungsprobleme mit nicht-konformen Kabelinstallationen auftreten
- Kompatibel mit PoE, PoE+, UPoE und energieeffizientem Ethernet bei allen Datenraten
- Erweitert Ethernet-Auto-Negotiation um die neuen Datenraten 2.5G/5G.

Der etablierte Standard 10GBASE-T ist die technische Grundlage für NBASE-T und 802.3bz. Seit November 2015 sind viele Funktionen der drei identisch, obwohl sie sich in manchen Funktionen unterscheiden. Bemerkenswerte Hauptfunktionen sind NBASE-T PHY PCS/PMA, Auto-Negotiation, das PHY/MAC-Interface und das Link-Segment.

PHY PCS/PMA

Spezifikationen für die NBASE-T physische Codierungs-Schicht (PCS) basieren auf den Standards IEEE 10GBASE-T PCS und Physical Medium Attachment (PMA). Einige Anpassungen sind jedoch erforderlich, um die neuen Datenraten von 2.5 GBit/s und 5 GBit/s zu unterstützen:

- Der Taktgeber ist um 1/2 und 1/4 skaliert, um auf die 2.5 GBit/s und 5 GBit/s Datenraten anzupassen.
- Der Low Density Parity Check (LDPC) für NBASE-T ist vollständig codiert, um alle Bits zu schützen und um die Leistung für die Datenrate von 2.5 GBit/s und 5 GBit/s zu verbessern.

- Die NBASE-T-Spezifikation enthält LDPC-Fehlerkorrektur an Stelle der einfachen CRC-8-Fehlererkennung, die von 10GBASE-T verwendet wird.
- NBASE-T LDPC wendet ebenfalls keinen DSQ128-Code an und anstatt LDPC-Bits zu übertragen, werden alle Möglichkeiten der PAM-16-Modulation verwendet.

Die technischen Grundlagen für die PCS-Schicht in 802.3bz sind identisch mit denen der NBASE-T-Spezifikation, ein nahtloser Übergang ist daher gesichert.

Auto-Negotiation

Mit Auto-Negotiation können auf unterschiedlichen Ethernet-Standards basierende Geräte nebeneinander in einem Netzwerk existieren. Dies mindert das Risiko von Netzwerkstörungen aufgrund von nicht kompatiblen Technologien. IEEE 802.3-Standards vor 802.3bz unterstützen Auto-Negotiation für 2.5 GBit/s und 5 GBit/s nicht. NBASE-T-Lösungen führen Auto-Negotiation durch, indem sie das aktuelle 10GBASE-T-Schema gemäß der Beschreibung in Absatz 55 erweitern, mit einem Unterschied. NBASE-T-Auto-Negotiation führt eine OUI-tagged Meldung ein, gemäß der Definition in 802.3-2012 annex 28C.6 zur Anzeige von NBASE-T PHY-Fähigkeiten, NBASE-T 5G-Modus und NBASE-T 2.5G-Modus. Ein NBASE-T PHY sendet Base- Next- und Extended-Mitteilung. Die Mitteilung enthält den der NBASE-T Alliance von IEEE zugeordneten OUI, 0xFA073E. Auf die OUI-Seite folgt eine unformatierte Mitteilung mit den NBASE-T-Funktionen. Die OUI-tagged Meldung und die unformatierte Mitteilung werden innerhalb einer erweiterten Mitteilung und einer erweiterten unformatierten Seite zusammengefasst, wie in 802.3-2012 Annex 28C beschrieben. Dieser Mechanismus wird weiterhin funktionieren, unabhängig von 802.3bz. Wenn IEEE 802.3bz ratifiziert ist, wird von den NBASE-T-Systemen erwartet, dass sie die neue Standard-Auto-Negotiation über Firmware-Aktualisierung unterstützen.

PHY/MAC-Schnittstelle

IEEE 802.3 definiert die 10 Gigabit Media Independent Interface (XGMII) zwischen PHY und MAC als logische Schnittstelle, nicht als physische Schnittstelle. Der Standard 802.3bz wird ähnlich sein. Die 802.3bz Spezifikation überlässt der Industrie die Definition der physischen Implementierungen der PHY-MAC-Schnittstelle. Vom Hersteller definierte de-facto MII existieren, wie in den weit verbreiteten Cisco Systems-Spezifikationen angegeben: Serielles Gigabit MII und Quad Serielles Gigabit MII, SGMII und QSGMII. Diese Schnittstellen ermöglichen mehrfache Datenraten und mehrere Anschlüsse über einen einzelnen Serializer/Deserializer (SerDes). Die NBASE-T Alliance hat Spezifikationen für eine auf diesen Spezifikationen basierende PHY/Mac-Schnittstelle veröffentlicht, mit dem Ziel, die Systementwicklung zu beschleunigen. Sie sorgen für minimale Neukonfiguration der SerDes Phase Locked Loop (PLL) und dadurch für schnellere Konvergenz, wenn sich die Datenrate über die Netzwerkschnittstellen ändern. Da SGMII und QSGMII

die Datenraten von 2.5 GBit/s oder 5 GBit/s nicht unterstützen, hat Cisco Systems die Universal Serial XGMII (USXGMII) zur Verwendung in NBASE-T-Produktentwicklung definiert. USXGMII unterstützt die Datenraten 100M, 1G, 2.5G, 5G und 10 Gps auf einem einzelnen, mit 10,3125 Gbit/s arbeitenden SerDes. Zur Kostenoptimierung kann USXGMII alternativ mit 5 Gbit/s arbeiten und 100M, 1G, 2.5 und 5G-Datenverkehr unterstützen.

Link-Segment

Das von IEEE 802.3bz angegebene Link-Segment definiert Anforderungen an Kabel- und RJ45-Steckverbinder zwischen zwei Endpunkten. Die Spezifikation umfasst die Bandbreite der Verbindung, Rückflusdämpfung und Nebensprechen, zwischen den vier Paaren des Link-Segments und zwischen nebeneinanderliegenden Kabeln (d. h. Alien Crosstalk). Die NBASE-T Alliance hat die Entwicklung von 2.5/5Gigabit Link-Segment-Spezifikationen eingeleitet und diese Spezifikationen der 802.3bz-Arbeitsgruppe übergeben. Dieser wichtige Beitrag wurde in die 802.3bz-Spezifikation integriert. NBASE-T-Mitgliedsfirmen haben auch maßgeblich an den technischen Berichten TIA TR42.7 und ISO/IEC SC25 WG3, die beschreiben, wie 2.5GBASE-T und 5GBASE-T an installierten Cat 5e- und Cat 6-Kabeln verwendet werden kann, mitgearbeitet.

Eine direkte Nachfrage abdecken

In einer idealen Welt beginnt die Produktentwicklung, sobald die Standards feststehen. Wenn dies nicht der Fall sein kann, ist die bestmögliche Lösung zum Überbrücken einer Lücke durch einen fehlenden Standard, eine Lösung, die von Branchenführern eingebracht wird, die den Einfluss, die Motivation und die entsprechende gegenseitige Abhängigkeit haben, sicherzustellen, dass Zwischenlösungen mit dem Standard konform oder zumindest durch Software aufrüstbar sein werden, wenn dieser einmal ratifiziert wird. Im Fall von 2.5GBASE-T und 5GBASE-T besteht eine Lücke. Branchenführer haben sich früh um Konsens und Interoperabilität im gesamten „Ökosystem“ bemüht und wichtige Grundlagen geschaffen, um den Standard-Prozess zu beschleunigen und die Kompatibilität der vor dem Standard entwickelten Produkte zu sichern.

Angesichts der spürbaren Nachfrage nach Datenraten zwischen 1000BASE-T und 10GBASE-T Ethernet über Bestands-Infrastruktur ist 2.5 und 5 Gigabit Ethernet ein wichtiger Zusatz zu der Reihe von aktuellen Netzwerkstandards, der sofort angewendet werden kann. Die NBASE-T Alliance hat eine Hauptrolle gespielt beim Erkennen dieses Bedarfs und beim Erstellen einer glaubwürdigen, geprüften Grundlage für die nahtlose Akzeptanz eines Standards sowie beim Bereitstellen von Spezifikationen und Produkten vor der Standardisierung, die konform sind oder höchstens eine Software/Firmware-Update erfordern, um konform mit dem Standard zu sein, wenn dieser ratifiziert wird. Als Ergebnis dieser Bemühungen können Unternehmen, die sich von Gigabit Ethernet eingeschränkt fühlen, vertrauensvoll und kosteneffektiv auf Datenraten zugreifen, die die Geschwindigkeit ihrer vorhandenen Kabelinfrastruktur um das Zwei- bis Fünffache übersteigen.

© 2016 NBASE-T Alliance, Inc. Alle Rechte vorbehalten. Unberechtigte Verwendung ist streng untersagt.

NBASE-TTM, NBASE-T AllianceSM und alle NBASE-T-Logos in diesem Dokument sind registrierte oder unregistrierte Marken, Schutzmarken und/oder Zertifizierungsmarken von NBASE-T Alliance, Inc. oder deren Lizenznehmer in den USA und anderen Ländern. Alle Rechte vorbehalten. Unberechtigte Verwendung ist streng untersagt. Andere Namen, Zeichen und Logos in diesem Dokument sind Marken und/oder Schutzmarken der jeweiligen Eigentümer.

Änderungen an Spezifikationen oder am Inhalt sind ohne Vorankündigung vorbehalten.