

FARKLI UYGULAMA VE KAPSAMA ALANLARI İÇİN ETHERNET TEKNOLOJİLERİ

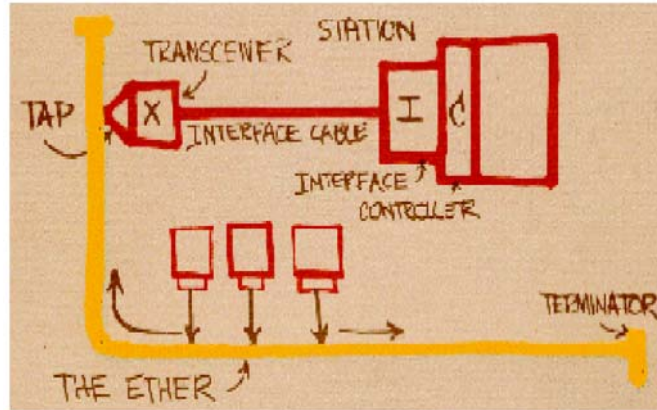
Yrd.Doç.Dr. İbrahim ÖZÇELİK
Sakarya Üniversitesi, ozcelik@sakarya.edu.tr

1. GİRİŞ

Ethernet, 30 yıldan daha fazla geçmişe sahip bir ağ teknolojisidir. Bundan dolayı günümüzde bir protokolü tanımlamaktan ziyade birden fazla teknolojiyi içine alan bir terim haline gelmiştir. Bu makalede, farklı uygulama alanları için farklı iletim teknikleri, hızları ve protokol yığın eklentileri kullanarak farklı kapsama alanlarına çözüm getiren Ethernet teknolojileri anlatılacaktır. Ayrıca, Ethernet teknolojilerinin tarihsel gelişimi ve hangi amaçla geliştirildiği de anlatılarak birbirleri arasındaki fark belirtilmiş olacaktır.

2. ETHERNET TARİHİ

İlk Ethernet, yerel alan ağ kategorisindeki bilgisayarların birbiriyle haberleşmesini sağlamak amacıyla 1973 yılında Xerox firmasında araştırmacı olarak çalışan Bob Metcalfe tarafından geliştirilmiştir (icat edilmiştir). Sonra, Bob Metcalfe ve David Boggs ikilisi tarafından yazılan ve 1976 yılındaki National Computer konferansında sunulan bir makale içerisindeki çizimle (şekil 1) literatüre geçmiştir. Dolayısıyla ilk Ethernet¹, şekil 1’de gösterilen yapıda 2,94 Mbps hızında Taşıyıcı Duyarlı Çoklu Erişim / Çarpışmayı Sezme (**Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection - CSMA/CD**) erişim mekanizmasına sahip deneysel bir koaksiyel kablo ağı olarak tanımlanmıştır.



Şekil 1: Bob Metcalfe tarafından çizilen ilk Ethernet sistemi

Xerox, DEC ve Intel firmalarının oluşturduğu bir konsorsiyum, Ethernet’in açık bir standart olabilmesi için 1976 yılında bir proje başlatmış ve bu ortak çalışmanın sonucu olarak 1982 yılında 10 Mbps’lık Ethernet (V2.0) protokolünü geliştirmiştir. Bu versiyon, aynı zamanda **Ethernet II** ya da **DIX standardı** olarak da tarihe geçmiştir.

Yukarıdaki çalışmaların ardından, Ethernet’in uluslararası alanda kabul görmesi ve farklı firmalar tarafından standart bir yapıda üretiminin sağlanabilmesi için IEEE bir çalışma içerisine girmiş ve bu çalışmanın ismini de **IEEE 802.3** olarak ilan etmiştir. IEEE 802.3, Ethernet için draft standardını 1983’te onaylamış, resmi standardını da 1985 yılında ANSI/IEEE Std. 802.3-1985 olarak yayınlamıştır.

¹ Bu icat, “**U.S. Patent #4,063,220 - Ethernet Patent**- Multipoint data communication system with collision detection” olarak patent almıştır.

3. OFIS TABANLI ETHERNET

Bu başlık altında, bir önceki bölümde kaldığımız yerden başlayarak ofis ortamlarında kullanılan Ethernet protokollerinin günümüze kadar gelişimini inceleyeceğiz. IEEE organizasyonunun Ethernet için standart tanımlamasından sonra, Ethernet, artık günümüzde IEEE 802.3 standardını temsil eden bir terim olarak kullanılmaktadır.

IEEE, 10Mbps kalın koaksiyel kablo Ethernet'den farklı olarak, Ethernet'in diğer iletim ortamlarında ve farklı iletim mesafelerinde kullanımını sağlamak için 1986 yılında **10Base2**, 1991 yılında **10BaseT** ve 1994-1995 yılları arasında da **10BaseF** çeşitlerini yayınlamıştır.

IBM tarafından geliştirilen ve sonrasında IEEE 802.5 olarak standartlaşan Token Ring, Ethernet protokolü ile yaklaşık aynı zaman dilimlerinde icat edilmiştir. Bu iki protokol pazarda birbiriyle yarışmış ve akademik olarak da performans karşılaştırmaları yapılmıştır. Fakat 10Base-T türevinin Ethernet içerisine dahil edilmesi ve EIA 568 kablolama standardının sunulmasından sonra Token Ring protokolünün kullanılabilirliği azalmıştır. Günümüzde ise artık Token Ring protokolünün kullanımı önerilmemektedir.

10Mbps Ethernet'in tüm türevleri, yayın tabanlı olduğundan iletim ortamında çarpışmalara maruz kalmaktadır. Çarpışma problemi, İkili Üstel Geri Çekilme (Binary Backoff Exponentially) algoritmasıyla çözülmüş, fakat bu mekanizmanın oluşturduğu gecikmelerden dolayı performanstan ödün verilmiştir. IEEE, **Paylaşımlı Ethernet** olarak da tanımlanan 10Mbps Ethernet'in, bu dezavantajını ortadan kaldırmak için 1995 yılında **Fast Ethernet** (100Mbps) protokolünü üç ayrı iletim ortamı için standart olarak yayınlamıştır. Fast Ethernet protokolünde hem hız artırılmış hem de yayın tekniği yerine zaman domeninde çoğullama yapan anahtar cihazların kullanımı ile büyük bir avantaj sağlanmıştır. Fast Ethernet anahtar cihazın kullanımına dayalı olduğundan, **Switched Ethernet** olarak da isimlendirilir.

IEEE, iletişim dünyasına çok hızlı ve etkili bir giriş yapan ATM (Asenkron Transfer Mod) protokolüne alternatif olarak 1998-1999 yılları arasında **Gigabit Ethernet**'i geliştirmiştir. ATM, hem LAN, hem MAN hem de WAN bağlantılarda ses, veri ve görüntü trafiklerinin istenilen servis kalitesi içerisinde aktarımını sağlayan bir çoğullama teknolojisidir. Fast Ethernet, ATM'in sunduğu bu özellikleri karşılamıyordu. Bu yüzden hızın artırımı ile birlikte farklı paket yapılarının kullanımı da dahil edilerek Gigabit Ethernet geliştirilmiştir. Bu gelişme ile Ethernet, ATM'in LAN bağlantılarda kullanımını devre dışı bırakmıştır, fakat WAN bağlantılarda ATM protokolüne üstünlük kuramamıştır.

Ethernet'in günümüze yansıyan diğer bir gelişmesi de **10 Gigabit Ethernet**'dir. Bu gelişme Kuzey Amerika'da Internet2 olarak isimlendirilen yüksek hızlı bağlantılarda kullanılmak üzere tasarlanmıştır. IEEE, 10Gigabit Ethernet'in fiber optik kablo standardını 2003 yılında, burulmuş çift kablo standardını da 2006 yılında yayınlamıştır. 10 Gigabit Ethernet'in daha önceki Ethernet çeşitlerinden farkı, hem LAN hem de WAN arayüzlerini destekliyor olmasıdır. Tablo 1'de gösterilen 10GBase-xW, WAN özelliğini destekleyen çözüm olarak tanımlanmıştır. Ethernet'in WAN arayüzüne vermiş olduğu destek, ATM protokolünün kullanımını ne kadar etkileyeceği önümüzdeki yıllarda daha net bir şekilde görülecektir. 10 Gigabit Ethernet üzerindeki çalışmalar hala devam etmektedir.

Tablo 1, IEEE tarafından günümüze kadar geliştirilen Ethernet çeşitlerini ve özelliklerini göstermektedir. Bundan sonra anlatılacak olan Ethernet teknolojileri, Tablo 1'de verilen protokollerin farklı uygulama alanlarına yansması olarak değerlendirilebilir.

Tablo 1 IEEE 802.3 protokolleri

Standart İsmi	Tanımı	Tarihi	Band Geniřlięi	Maksimum Mesafe	Kullanılan Kablo
IEEE802.3	10Base-5 (Thicknet)	1985	10Mbps	500 metre	50 ohm sonlandırıcı kalın koaksiyel kablo
IEEE 802.3a	10Base-2 (Thinnet)	1986	10Mbps	185 metre	50 ohm sonlandırıcı ince koaksiyel kablo
IEEE 802.3i	10Base-T	1991	10Mbps	100 metre	Cat 3, Cat 4, Cat 5 UTP
IEEE 802.3j	10Base-F	1994	10Mbps	2 km	Fiber Optik
IEEE 802.3u	100Base-TX	1995	100Mbps	100 metre	Cat 5 UTP veya Type 1 STP
IEEE 802.3u	100Base-T4	1995	100Mbps	100 metre	Cat 3, Cat 4, Cat 5 UTP
IEEE 802.3u	100Base-FX	1995	100Mbps	450 metre- 2 km	Fiber Optik
IEEE 802.3z	1000Base-LX	1998	1000 Mbps	440 metre- 3 km	Single Mod veya Multi Mod Fiber Optik Kablo
IEEE 802.3z	1000Base-SX	1998	1000 Mbps	260-550 metre	Multi Mod Fiber Optik Kablo
IEEE 802.3z	1000Base-CX	1998	1000 Mbps	25 metre	Bakır Kablo
IEEE 802.3ab	1000Base-T	1999	1000 Mbps	100 metre	Cat 5 UTP
IEEE 802.3ae	10GBase-xR	2003	10Gbps	26 metre – 80 km	Single Mod veya Multi Mod Fiber Optik Kablo
IEEE 802.3ae	10GBase-xW	2003	10Gbps	26 metre – 80 km	Single Mod veya Multi Mod Fiber Optik Kablo
IEEE 802.3an	10GBase-T	2006	10Gbps	100 metre	Cat 6 UTP veya STP

4. ENDÜSTRİYEL OTOMASYONDA ETHERNET

Endüstriyel otomasyonda Ethernet'in kullanımı, iki farklı şekilde ele alınmalıdır. Bunlar:

- Endüstriyel Ethernet protokolü: Otomasyon hiyerarşisi kavramında ofis seviyesi ile hücre seviyesinin kendi içerisinde ve arasındaki iletişimi için kullanılan bir çözümdür. Çalışma prensibi açısından bu protokolün, 10Mbps Ethernet ve Fast Ethernet'den bir farkı yoktur. **Endüstriyel Ethernet** sadece bilgisayarları değil, aynı zamanda PLC, CNC ya da endüstriyel kontrol cihazlarını da ağ sistemine bağlar. Ayrıca, endüstriyel ortamlar ofis ortamlarına göre daha fazla gürültü, toz, nem, vb. faktörlere sahip olduğundan kullanılan kablo ve konnektörlerin koruma derecesinin yüksek olması gerektirir. Bu farklar, Endüstriyel Ethernet kavramını oluşturmuştur.
- Gerçek Zamanlı Ethernet protokolleri: Otomasyon hiyerarşisi içerisinde tanımlanan ofis seviyesinden saha seviyesindeki cihazlara kadar tek bir ağ sistemi üzerinden haberleşme isteği, Ethernet protokolünün otomasyonda tek bir iletişim sistemi olarak kullanılma fikrini ortaya çıkartmıştır.

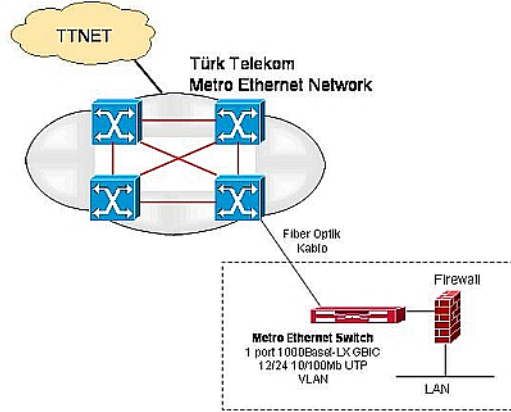
Ethernet, kullanımı yaygın, yönetimi kolay, esnek topoloji fonksiyonelliği sunan ve düşük maliyetli, fakat deterministik olmayan CSMA/CD tabanlı bir protokoldür. Bunun yanında otomasyon teknolojisi deterministik yapıya sahip, çevrimli iletişimi destekleyen, minimum çevrim zamanı gerektiren, daha az başlık miktarı olan, minimum gecikme ve gecikme değişimi ve merkezi olmayan çevrebirim cihazlar gibi vazgeçilemez gereksinimlere sahiptir. Bu gereksinimler yukarıda anlatılan Ethernet çözümleri ile karşılanamaz. Bu nedenle bir önceki bölümde anlatılan Ethernet'in avantajlarıyla otomasyon teknolojisinin gereksinimleri dikkate alınarak Ethernet'e dayalı birçok gerçek zamanlı protokol geliştirilmiştir. Bu protokoller, Ethernet'in mevcut yapısını koruyarak (kodlama, kablo, hız, konnektör, vb.) yığın yapısına gerçek zaman kriterleri sağlayan eklentiler yapmışlardır. Bu gelişimde, Ethernet protokolünün TCP/IP ile kolay entegrasyonu ve her türlü bilişim uygulamasına açık olması çok önemli bir rol oynamıştır. Günümüzde **PROFINET**, **EtherNet/IP**, **Ethernet PowerLink**, **EtherCAT** ve **Sercos III** gibi protokoller, Gerçek Zamanlı Ethernet protokolü olarak tanımlanmaktadır. Bu konu, önümüzdeki aylarda detaylandırılacağından burada daha fazla bilgi verilmeyecektir.

5. METRO ETHERNET

Yerel ağlarda kullandığımız Ethernet teknolojisinin tüm şehre uygulanması (MAN) fikrinden doğan **Metro Ethernet**, Ethernet protokollerini fiber altyapı üzerinden kullanarak geniş bantlı internet ve/veya veri servislerini sunmaya imkan veren şebeke olarak tanımlanabilir. Bu çözümün geliştirilmesinde, günümüz Ethernet anahtarlarının katman3 ve katman4 özelliklerini desteklemesi ve sanal ağ (virtual LAN) yeteneklerine sahip olması ve fiber optik arayüzlerinin çok uzak mesafelerde de çalışması etken olmuştur. Bu teknoloji, mevcut optik ve Ethernet teknolojilerinin avantajlarını birleştirdiği ve uçtan uca Ethernet paketi taşıdığı için paket dönüşümüne ihtiyaç duymaz. Bundan dolayı da yönlendirici veya modem gibi ek yatırımlara ihtiyaç duyulmaz.

Metro Ethernet kullanımının iki adet asıl nedeni bulunmaktadır. Bunlar, internet kavramı üzerinde değişik coğrafyalara ayrılmış firma sitelerinin (alanlarının) bağlanabilirliğini sağlamak ve bununda ötesinde şirket ağlarının işlevselliğini ve etki alanlarını arttırmaktır. Ayrıca, büyük iş hacimli organizasyonlarda Intranet dahilinde uzak ofis bağlantılarının yapılandırılmasında da kullanılabilir.

Ülkemizde bu teknoloji, Türk Telekom tarafından kurumsal firmalara kullanılmaktadır. İki farklı hizmet sunulmaktadır. Biri internet erişimi, diğeri noktadan noktaya (point-to-point) bağlantı hizmetidir. Şekil 2 internet erişim hizmetinin mantıksal topolojisini göstermektedir. Türk Telekom, Şekil 2’de görüldüğü gibi telekom santraline ve müşteri tarafına yerleştirilen Metro Ethernet anahtar ve aralarına çekilen fiber optik kablo bağlantısı ile gigabit seviyesine kadar bağlantı seçeneği sağlamaktadır. Bağlantı için fiber optik kablonun kullanılması, band genişliğinin esnek ve ölçeklenebilir bir şekilde kullanımını sağlar.



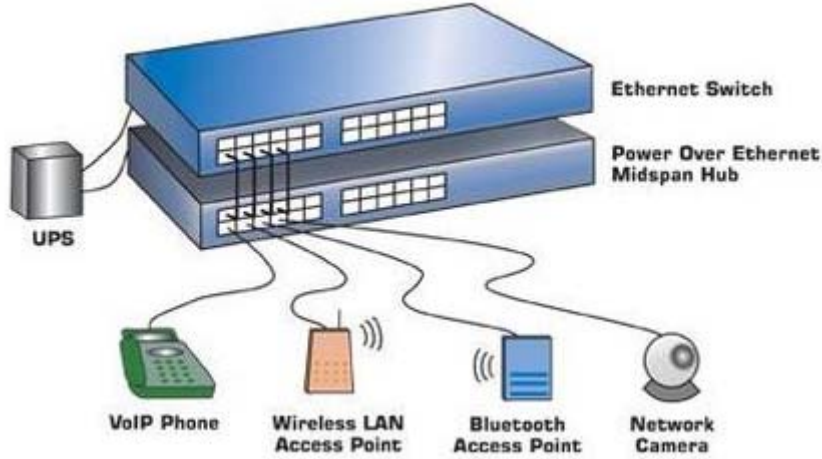
Şekil 2: Metro Ethernet hizmetinin mantıksal topolojisi

Bu teknolojinin Türkiye’de bireysel kullanıcılara hizmet vermesi, yakın zaman içerisinde mümkün değildir. Çünkü, Metro Ethernet erişim hizmetinin alınabilmesi için yukarıda belirtildiği gibi, Türk Telekom santrali ile bu hizmetin alınacağı nokta arasında fiber optik kablo tesis edilmiş olması gerekmektedir. Yani evlerimize kadar fiber hatların döşenmesi gerekir. Eğer Türkiye’de fiber altyapı sağlanabilirse, biz kullanıcılar, Metro Ethernet ile birlikte telefon, internet, kablo televizyon, IPTV, isteğe bağlı video, vb. tüm telekom servislerini istediğimiz kalitede alabiliriz.

6. GÜÇ İLE VERİYİ AYNI HATTAN İLETEN ETHERNET - POWER OVER ETHERNET

Power Over Ethernet (PoE), veri ile birlikte elektriksel gücün Ethernet ağlarında kullanılan standart burulmuş çift kablo üzerinden uzak cihazlara iletimini tanımlar. IP telefonlar, kablosuz LAN erişim noktaları, web kameraları, Ethernet hub cihazları ya da enerjinin ayrı olarak desteklenmesinin mümkün olmadığı ya da daha maliyetli olduğu uygulamalarda kullanılmaktadır. Bu teknolojinin en büyük avantajı, Ethernet kablo altyapısı üzerinde bir değişiklik yapılmadan kullanılmasıdır.

PoE, mevcut Ethernet standartlarının bir uzantısı olarak IEEE 802.3af ile isimlendirilmiştir. IEEE 802.3af, PoE teknolojisinin 10Base-T ve 100Base-T Ethernet çeşitleri üzerinden kullanımını tanımlamaktadır. Şekil 3, tipik bir PoE sistemini göstermektedir. Bu sistem içerisinde mevcut Ethernet anahtar cihazından başka, PoE işlevini sağlayan bir Hub kullanılmaktadır. Bu Hub cihazı, burulmuş çift LAN kablo cihazı içerisine güç verir. Kablonun diğer tarafına aktarılan güç, telefonları, kablosuz erişim noktalarını, kameraları ve diğer cihazları çalıştırır. UPS cihazı enerji kesilmelerinde güç desteği için seçeneysel olarak kullanılabilir.



Şekil 3: Tipik bir PoE kurulumu

Bu standarda 3Com, Intel, PowerDsine, Nortel, Mitel and National Semiconductor gibi birçok önemli şirket destek verdiği için, birkaç yıl içerisinde birçok uygulamada kullanılacağı öngörülmektedir. Bu teknolojinin Gigabit Ethernet ve 10 Gigabit Ethernet üzerinden kullanımı ile alakalı çalışmalar da IEEE 802.3at başlığı altında devam etmektedir.

Yukarıdaki Ethernet teknolojilerinin haricinde **Kablosuz Ethernet** ve **Gömülü Ethernet** olarak kullanılan iki Ethernet kavramı daha vardır. Bu kavramlar, yeni bir Ethernet protokolünü tanımlamaktan ziyade, Ethernet'in içinde kavram olarak kullanıldığı konulardır.

IEEE 802.11 protokolü, dizüstü bilgisayarlar, el bilgisayarları gibi taşınabilir cihazların her yerden internete çıkmasına imkan vermesi için geliştirilen bir kablosuz LAN standardıdır. Aslında IEEE 802.11 ile Ethernet protokolü birbirlerinden farklıdır. Fakat bu protokol, ofis ortamlarında kullanılmasından dolayı Ethernet ile uyumlu olması gerekmektedir. Bu uyum üretilen cihazlara da yansımıştır. Yani IEEE 802.11 için üretilen cihazlar, aynı zamanda Ethernet protokolünü de desteklemelidir. Günümüzde kullanılan erişim noktası (access point), modem, router gibi cihazlar, hem 802.11 hem de Ethernet'i destekleyerek, aslında iki protokol arasında dönüşüm yapan geçit cihazları olarak üretilirler. Beraber kullanılma zorunluluğundan dolayı IEEE 802.11 Kablosuz LAN protokolü, Kablosuz Ethernet olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımlama, teorik olarak doğru bir isimlendirme değildir.

Gömülü (embeded) Ethernet ise elektronik olarak kontrol edilen herhangi bir cihaza ağ işlevi kazandırmak için kullanılan kavramı tanımlamaktadır. Bunun için ilgili cihaz, Ethernet protokol yığınına sahip bir mikrodenetleyici ile kontrol edilir. Günümüzde uygulamaları oldukça artmaya başlamıştır. Özellikler IPv6'nın kullanımı yaygınlaştıkça, gömülü Ethernet uygulamalarının artacağı kesindir. Evimizde, ofisimizde veya diğer mekanlarda kullandığımız her türlü elektronik cihazın Ethernet'e ve TCP/IP yığın yapısının desteğiyle de internete bağlandığını düşünürsek, ileri de her türlü elektronik cihazı istediğimiz yerden istediğimiz şekilde kontrol edebileceğimizi şimdiden öngörebiliriz.

7. SONUÇ

Sonuç olarak, 30 yıldan daha fazla geçmişe sahip olan Ethernet teknolojisi, tek bir protokolü tanımlamaktan ziyade, protokol olarak temelde aynı çerçeve yapısını kullanan ve aşağıdaki maddelerle sınıflandırılan ağ teknolojilerini tanımlar:

- Farklı uygulama alanları:
 - Ofis ortamı: 10Mbps, 100Mbps, 1Gbps, 10Gbps
 - Endüstriyel otomasyon uygulamaları: Endüstriyel Ethernet, Gerçek zamanlı Ethernet protokolleri - PROFINET, Ethernet PowerLink / EtherNet/IP / EtherCAT / Sercos III
 - Şehirsel alan bağlantıları: Metro Ethernet
 - Veri ile gücün aynı hattan iletildiği uygulamalar: PoE
- Farklı kapsama alanları:
 - LAN: 10Mbps Ethernet (Paylaşımlı Ethernet), 100Mbps Ethernet (Fast Ethernet – Switched Ethernet), 1000Mbps Ethernet (Gigabit Ethernet), 10Gigabit Ethernet (10GBase-xR ve 10GBase-T), Endüstriyel Ethernet, Gerçek Zamanlı Ethernet protokolleri, PoE
 - MAN: Metro Ethernet
 - WAN: 10 Gigabit Ethernet (10GBase-xW)

Yukarıdaki sınıflandırmaların sonucunda Ethernet teknolojilerinin hemen hemen her türlü alanda bir çözüm sunduğunu görmekteyiz. Ayrıca günümüzde yaygın kullanıma sahip IEEE 802.11 ile uyum sağlaması ve gömülü cihazlar içerisinde de kullanımı Ethernet'in spektrumunu genişletmektedir. Ethernet teknolojilerinin bu kadar geniş bir spektruma sahip olması, gelecekte de Ethernet'in kablolu iletişimde **vazgeçilmez bir protokol** olacağı sonucunu ortaya çıkartır.

KAYNAKLAR

1. <http://www.ieee802.org/3/>
2. <http://www.metroethernetforum.org/>
3. <http://www.poweroverethernet.com/>