

# 11 — Ethernet

Ethernet je technologie, která je používána v budování lokálních sítí (LAN). V referenčním modelu ISO/OSI realizuje fyzickou a spojovou vrstvu, v modelu TCP/IP pak vrstvu síťového rozhraní. Ethernet je tak populární díky jednoduchosti protokolu a snadné implementaci a instalaci.

Původní protokol firem DEC, Intel a Xerox, který sloužil k potřebám kancelářských aplikací, dominoval přenosovou rychlostí 10 Mbit/s. Norma IEEE 802.3 byla převzata jako ISO 8802-3.

## *Historie Ethernetu*

Síťová technologie Ethernet byla vyvinuta již v 70. letech firmou Xerox. Hlavní myšlenkou vývojářů PARC (Palo Alto Research Center) bylo mezi sebou propojit pracovní stanice Alto, které byly v témže středisku vyvíjeny. Vedoucím týmu byl Robert Metcalfe, který potřeboval technologii pojmenovat, a protože mu připomínala myšlenku étheru (univerzální všeprostupující hmotná substance, díky níž se elektromagnetické vlnění může šířit úplně všude) pojmenoval ji Ethernet.

Verze, kterou Metcalfe koncipoval pracovala s přenosovou rychlostí 2,94 Mb/s, používala koaxiální kabel o impedanci 70 ohmů dlouhý až 1 km. Tato ranná verze, která vznikla v 70. letech se ukázala jako velmi životaschopná a přilákala další dvě firmy, DEC a Intel, které se zapojily do vývojových prací. Nová verze, která vznikla jejich úsilím v roce 1980, byla označována jako DIX (DEC, Intel, Xerox) Ethernet.

Standardizování Ethernetu firmami DEC, Intel a Xerox bylo pro vývoj Ethernetu důležité. Výběr standardizačního orgánu, který by se mohl také starat o další vývoj Ethernetu, vyhrála společnost IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers). DEC, Intel a Xerox předložily návrh specifikací Ethernetu pracovní skupině IEEE 802 společnosti IEEE (konkrétně podskupině 802.3, která byla pro práci na Ethernetu ustanovena). IEEE reagovala na předložený návrh pozitivně a tak se předložené specifikace staly standardem, bohužel s jistými drobnými změnami, které nebyly tak úplně zanedbatelné a které odrážely poněkud odlišné představy a postoje lidí podílejících se na standardizaci Ethernetu v rámci IEEE. Původní autoři tyto odlišnosti do značné míry zapracovali do nové verze DIX Ethernetu označované jako Ethernet II. Touto úpravou ovšem původní vývojová větev Ethernetu skončila a DIX Ethernet se již dále nevyvíjel.

Prvním standardem Ethernetu vypracovaným organizací IEEE byl publikován v roce 1985 pod označením „IEEE 802.3 Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specification“. Samotné jméno Ethernet bylo zaregistrované firmou Xerox. Díky tomu verze Ethernetu pocházející od IEEE formálně nenesou jméno Ethernet. Další vývoj Ethernetu se již odehrával především v organizaci IEEE. Nové varianty a technická řešení se vyvíjela v různých institucích. Jakmile ale jejich řešení dospělo do stadia schopného standardizace, přicházeli s ním na půdu IEEE a teprve zde se rozhodovalo o akceptování a následné standardizaci. Tímto způsobem postupně vznikla celá řada standardů Ethernetu majících různé parametry, různá přenosová média a různé způsoby provozu.

## *Princip*

Základní Ethernet používal sběrnicovou topologii, všichni slyší vše a v každém okamžiku může vysílat jen jeden. Každá stanice je identifikovaná svou MAC adresou. Když stanice obdrží paket s adresou, která není její, zahodí jej.

Pro přístup ke sdílenému přenosovému médiumu (sběrnici) se používá metoda CSMA/CD (Carrier Sense with Multiple Access and Collision Detection).

Stanice (síťová karta), která potřebuje vysílat, naslouchá co se děje na přenosovém médiumu. Pokud je v klidu, začne stanice vysílat. Může se stát (spožděním signálu), že dvě stanice začnou vysílat ve stejný okamžik. Poté se jejich signály zkomolí, tato situace se nazývá kolize. Stanice kolizi zjistí tak, že během svého vysílání zjistí příchod cizího signálu. Stanice, která rozpozná kolizi, vyšle krátký signál (jam o 32 bitech). Poté se všechny vysílající stanice odmlčí a později se pokusí o nové vysílání.

Stanice mezi signály počká vždy náhodnou dobu. Tento interval, ze kterého se čekací doba náhodně vybírá, se během prvních deseti pokusů vždy zdvojnásobuje. Stanice tak při opakovaných neúspěších snižuje své pokusy o vysílání a zvyšuje tak pravděpodobnost, že se o sdílené médium úspěšně podělí s ostatními. Pokud se během šestnácti pokusů nepodaří rámec odvysílat, stanice své snažení ukončí a ohlásí nadřazené vrstvě neúspěch.

Ke kolizi může dojít jen v době, která uplyne od začátku vysílání do okamžiku, kdy signál vysílaný stanicí obsadí celé médium (pak již případní další zájemci o vysílání zjistí, že médium není volné a počkají na jeho uvolnění). Tento interval se nazývá kolizní okénko a musí být kratší, než je doba vysílání nejkratšího rámce. Jinak by mohlo docházet k nezjištěným kolizím (dvě vzdálené stanice odvysílají krátké rámce, které se na kabelu protnou a zkomolí, ale obě stanice ukončí vysílání dříve, než k nim dorazí kolidující signál).

Tato metoda je velmi efektivní při nízkém zatížení sítě. Její efektivita klesá při zvýšeném počtu zájemců, kdy může dojít k nárůstu počtu kolizí. Efektivita CSMA/CD je vyšší pro delší rámce, protože při jejich přenosu je výhodnější poměr mezi trváním kolizního okénka a vysílání dat. Protokolové varianty se označují například 100Base-TX, 10Base5, kdy první číslice vždy označuje přenosovou rychlost v megabitech za sekundu, poté se označuje pásmo, protože všechny verze Ethernetu pracují ve stejném základním pásmu, vždy je označení Base a poslední označení je druh přenosového média.

## ***Přenosová média***

### ***Optické vlákno***

Pro Ethernet se používají jednovidová i mnohovidová vlákna v závislosti na požadované rychlosti a vzdálenosti. Vybudování optické trasy je dražší, ale umožňuje přenos na vyšší vzdálenosti. Spojení je také odolné vůči elektromagnetickému rušení a koncové body spoje jsou galvanicky oddělené. Proto se používá pro budování LAN sítí mezi budovami a vzdálenými lokalitami.

Skleněná vlákna jsou zakončená media konvertory, které převedou optický signál na elektrický. Na každý směr se použije po dvou vláknech, na každá směr jedno. Také se dá použít pouze jedno, pro přenos informací ve dvou vlnových delkách. Rychlost přenosu může být od 10 Mbit/s až po gigabitové rychlosti. Optický Ethernet se označuje v příponě písmenem F či FX, poslední dobou ale přípon výrazně přibýlo (SX, LX., EX).

### ***Koaxiální kabel***

Původní Ethernet byl propojován tzv. tlustým koaxiálním kabelem a označoval se jako 10Base5. Jeden segment mohl být dlouhý až 500 metrů. Na kabel byly napichovány

transceivery (síťový prvek, který umožňuje překlad toku informací z jednoho typu sítě na typ jiný), které se připojovaly na AUI port síťové karty.

Při zavedení tenkého koaxiálního kabelu došlo k masovému používání Ethernetu. Tato varianta je označována jako 10Base2. Délka segmentu může být maximálně 185 metrů, ve speciálních případech až 300 - 400 metrů.

### ***Ethernetový rámec***

Formát rámce se popisuje pomocí oktetů, což je osmice bitů. Důvodem je přesnost definice, protože některé počítače mohou pracovat s jinou základní délkou bajtu (např. 4 nebo 10 bitů), což by v počítačových sítích způsobovalo nekompatibilitu. Níže uvedená tabulka popisuje rámec Ethernet II a 802.3, které se liší využitím jednoho pole pro typ nebo pro délku.

### ***Ethernetový rámec***

<b>Preamble</b>	<b>SFD</b>	<b>MAC cíle</b>	<b>MAC zdroje</b>	<b>Typ/délka</b>	<b>Data a výplň</b>	<b>CRC32</b>	<b>Mezera mezi rámci</b>
7× oktet 10101010	1× oktet 10101011	6 oktetů	6 oktetů	2 oktety 64-1518 oktetů 72-1526 oktetů	46-1500 oktetů	4 oktety	12 oktetů

§ **Preamble** – 7 oktetů, střídavě binární 0 a 1; slouží k synchronizaci hodin příjemce

§ **SFD** – označení začátku rámce (Start of Frame delimiter), oktet 10101011

§ **MAC cíle** – MAC adresa cílového síťového rozhraní o délce 48 bitů; adresa může být individuální (unicast), skupinová (multicast) a všeobecná (broadcast)

§ **MAC zdroje** – MAC adresa zdrojového síťového rozhraní

§ **Typ/délka**

- pro Ethernet II je to pole určující typ vyššího protokolu
- pro IEEE 802.3 udává délku pole dat

§ **Data** – pole dlouhé minimálně 46 a maximálně 1500 oktetů (46—1500 B); minimální délka je nutná pro správnou detekci kolizí v rámci segmentu

§ **Výplň** – vyplní zbytek datové části rámce, pokud je přepřavovaných dat méně než 46 B

§ **CRC32** – kontrolní součet (Frame Check Sequence, FCS) 32bitový kontrolní kód, který se počítá ze všech polí s výjimkou preamble a FCS; slouží ke kontrole správnosti dat – příjemce si jej vypočítá z obdrženého rámce a pokud výsledek nesouhlasí s hodnotou pole, rámec zahodí jako vadný

### ***Verze Ethernetu***

**Ethernet** - původní varianta, která disponovala přenosovou rychlostí 10 Mbit/s. Definován pro koaxiální kabel, kroucenou dvojlinku i optické vlákno.

**Fast Ethernet** - rychlejší verze s přenosovou rychlostí až 100 Mbit/s, byla definována standardem IEEE 802.3u. Z původního Ethernetu převzala maximum prvků jako formát rámce, algoritmus CSMA/CD apod. aby se urychlil, zlevnil a usnadnil jeho vývoj. Lze ho považovat za základní verzi Ethernetu, kdyspozici je pro kroucenou dvojlinku i optická vlákna.

**Gigabitový Ethernet** - zvýšil přenosovou rychlost na až 1 Gbit/s. Také využil co nejvíce prvků z původního Ethernetu, v praxi je ale gigabitový Ethernet provozován pouze přepínaně s plným duplexem. Hlavní je především použití stejného formátu rámce. Původně byl definován pouze pro optická vlákna (IEEE 802.3z), později byla doplněna i varianta pro kroucenou dvojlinku (IEEE 802.3ab).

**Desetigigabitový Ethernet** - představuje zatím poslední standardizovanou verzi. Jeho definice byla jako IEEE 802.3ae přijata v roce 2003. Přenosová rychlost činí 10 Gbit/s, jako médium zatím slouží hlavně optická vlákna a opět používá stejný formát rámce. Algoritmus CSMA/CD byl definitivně opuštěn, tato verze pracuje vždy plně duplexně. V současnosti (2008) byla vyvinuta jeho specifikace pro kroucenou dvojlinku s označení IEEE 802.3an.

### ***Typy Ethernetu***

**10Base5** Původní Ethernet na koaxiálním kabelu o rychlosti 10 Mbit/s. Koaxiální kabel tvoří sběrnici, ke které se připojují pomocí speciálních transceiverů a AUI kabelů jednotlivé stanice.

**10Base2** Ethernet na tenkém koaxiálním kabelu o rychlosti 10 Mbit/s. Koaxiální kabel tvoří sběrnici, ke které se připojují jednotlivé stanice přímo. Kabel nesmí mít žádné odpory.

**10Base-T** Jako přenosové médium používá kroucenou dvojlinku s rychlostí 10 Mbit/s. Využívá dva páry strukturované kabeláže ze čtyř. Dnes již překonaná síť, která byla ve většině případů nahrazena rychlejší 100 Mbit/s variantou.

**10Base-F** Varianta s optickými vlákny o rychlosti 10 Mbit/s. Používá se pro spojení na větší vzdálenost, nebo spojení mezi objekty, kde nelze použít kroucenou dvojlinku. Dnes je již nahrazována vyššími rychlostmi (Fast Ethernet, Gigabit Ethernet).

**100Base-TX** Varianta s přenosovou rychlostí 100 Mbit/s, které se říká Fast Ethernet, používá dva páry UTP nebo STP kabelu kategorie 5.

**100Base-T2** Používá dva páry UTP kategorie 3, 4, 5. Je to varianta vhodná pro starší rozvody strukturované kabeláže.

**100Base-T4** Používá čtyři páry UTP kategorie 3, 4, 5. Také vhodná pro starší rozvody strukturované kabeláže.

**100Base-FX** Fast Ethernet používající dvě optická vlákna.

**1000Base-T** Ethernet s rychlostí 1000 Mbit/s, nazývaný Gigabit Ethernet. Využívá 4 páry UTP kabeláže kategorie 5e, je definován do vzdálenosti 100 metrů.

**1000Base-CX** Gigabit Ethernet na bázi měděného vodiče pro krátké vzdálenosti, určený pro propojování skupin zařízení.

**1000Base-SX** Gigabit Ethernet používající mnohavidové optické vlákno. Je určen pro pátevní síť do vzdáleností několik set metrů.

**1000Base-LX** Gigabit Ethernet používající jednovidové optické vlákno. Je určen pro větší vzdálenosti až několika desítek kilometrů.

**10GBase-T** Ethernet s rychlostí 10 Gbit/s, nazývaný Ten Gigabit Ethernet (nebo také EFM - Ethernet on the first mile). Do vzdálenosti 55 metrů lze využít kabeláž kategorie 6. Pro využití plné délky 100m je nutné použít kategorii 6a (Augmented Category 6 – šířka pásma 500 MHz). Někteří výrobci prodávají kabely kategorie 7, které jsou označeny jako kompatibilní s 10GBase-T. V roce 2007 je ve vývoji nestíněná varianta UTP kabeláže kategorie 6a.

**40GBASE a 100GBASE** s rychlostí 40 a 100 Gbps by měl používat optická vlákna; měděné kabely do délky alespoň 10 metrů.

