

Zpracoval:

Ing. Petr ORVOŠ

## **P Í S E M N Á P Ř Í P R A V A**

na vyučování – IT 1

**Předmět:** POČÍTAČOVÉ SÍŤ

**Téma:** PŘEPÍNÁNÍ SÍŤE ETHERNET (SWITCHING)

**Cíl:** Vysvětlit, jak Ethernet funguje v přepínané síti.

**Místo:** učebna

**Materiální zabezpečení:** písemná příprava

**Metoda:** výklad s ukázkou

### Obsah

Ethernetové rámce .....	2
Podvrstva MAC .....	3
Přístup k médiím .....	4
Pole ethernetových rámců .....	5
Cvičení s Wireshark .....	6
Ethernetová MAC adresa .....	7
Zpracování rámce .....	8
Unicast MAC adresa .....	10
Broadcast MAC adresa .....	11
Multicast (vícesměrová) MAC adresa .....	12
Cvičení v Packet Tracer .....	13

## Ethernetové rámce

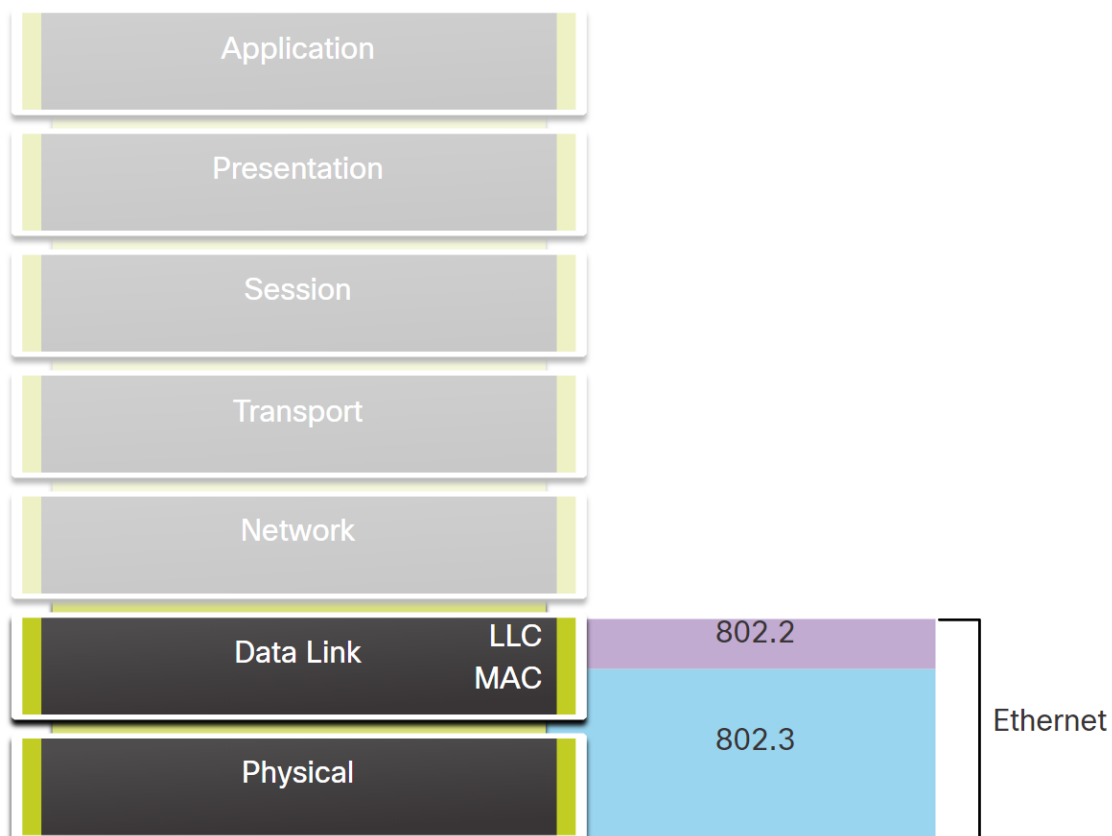
Ethernet je jednou ze dvou dnes používaných technologií LAN, druhou jsou bezdrátové sítě LAN (WLAN). Ethernet využívá kabelovou komunikaci, včetně kroucené dvojlinky, optických linek a koaxiálních kabelů.

**Ethernet pracuje v linkové vrstvě a ve fyzické vrstvě. Jedná se o rodinu síťových technologií definovanou ve standardech IEEE 802.2 a 802.3.**

Ethernet podporuje následující šířky pásma dat:

- 10 Mbps
- 100 Mbps
- 1000 Mbps (1 Gbps)
- 10 000 Mb/s (10 Gb/s)
- 40 000 Mb/s (40 Gb/s)
- 100 000 Mb/s (100 Gb/s)

**Ethernet je definován linkovou vrstvou a protokoly fyzické vrstvy.**

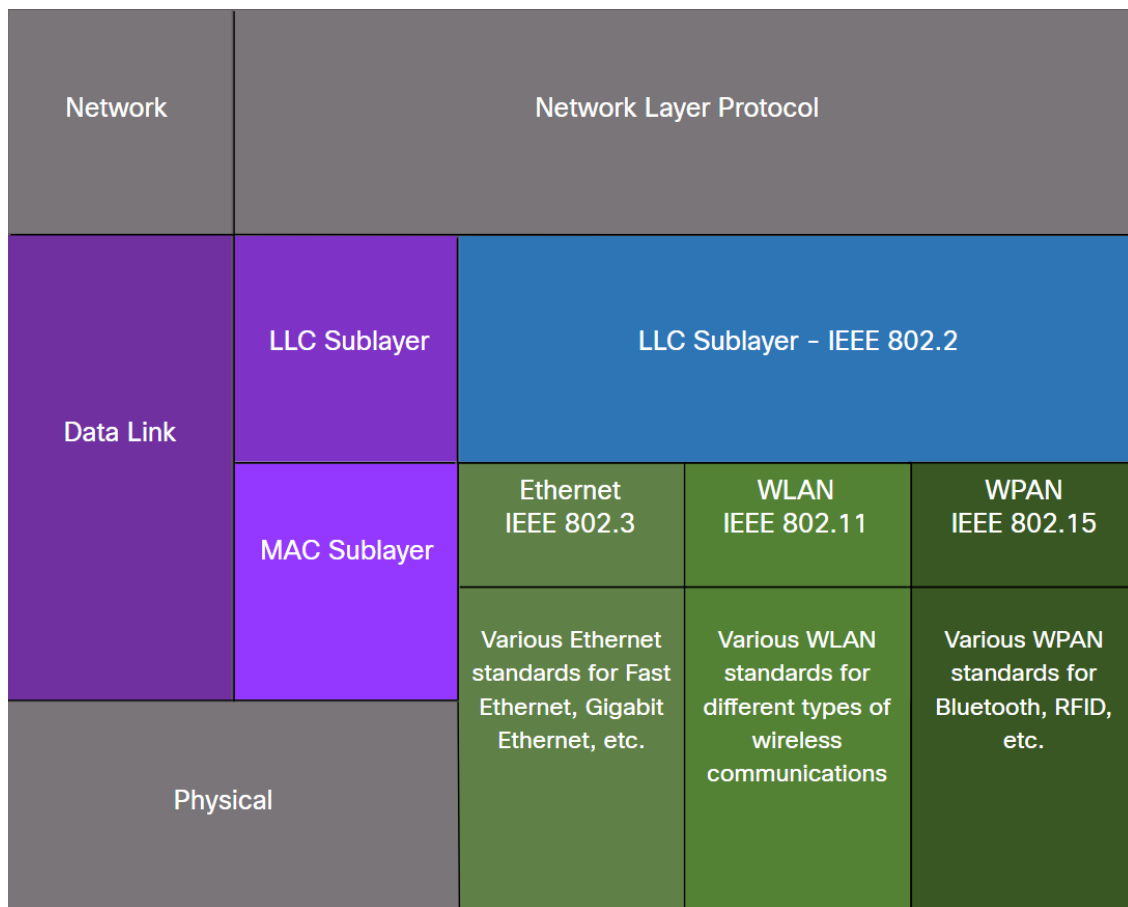


Obrázek 1 Ethernet v rámci ISO/OSI (CISCO)

Protokoly IEEE 802 LAN/MAN, včetně Ethernetu, používají ke svému provozu dvě samostatné podvrstvy linkové vrstvy. Jedná se o Logical Link Control (LLC) a Media Access Control (MAC).

Připomeňme, že LLC a MAC mají ve vrstvě datového spojení následující role:

- **LLC – tato podvrstva** IEEE 802.2 komunikuje mezi síťovým softwarem v horních vrstvách a hardwarem zařízení ve spodních vrstvách. Umístí do rámce informace, které identifikují, který protokol síťové vrstvy je pro daný rámec použit. Tyto informace umožňují více protokolům vrstvy L3, jako jsou IPv4 a IPv6, používat stejné síťové rozhraní a médium.
- **MAC – tato podvrstva** (například IEEE 802.3, 802.11 nebo 802.15) je implementována v hardwaru a je zodpovědná za zapouzdření dat a řízení přístupu k médiím. Poskytuje adresování linkové vrstvy a je integrován s různými technologiemi fyzické vrstvy.



Obrázek 2 Schéma protokolů linkové vrstvy (CISCO)

### Podvrstva MAC

Podvrstva MAC **je zodpovědná za zapouzdření dat a přístup k médiím.**

#### Zapouzdření dat:

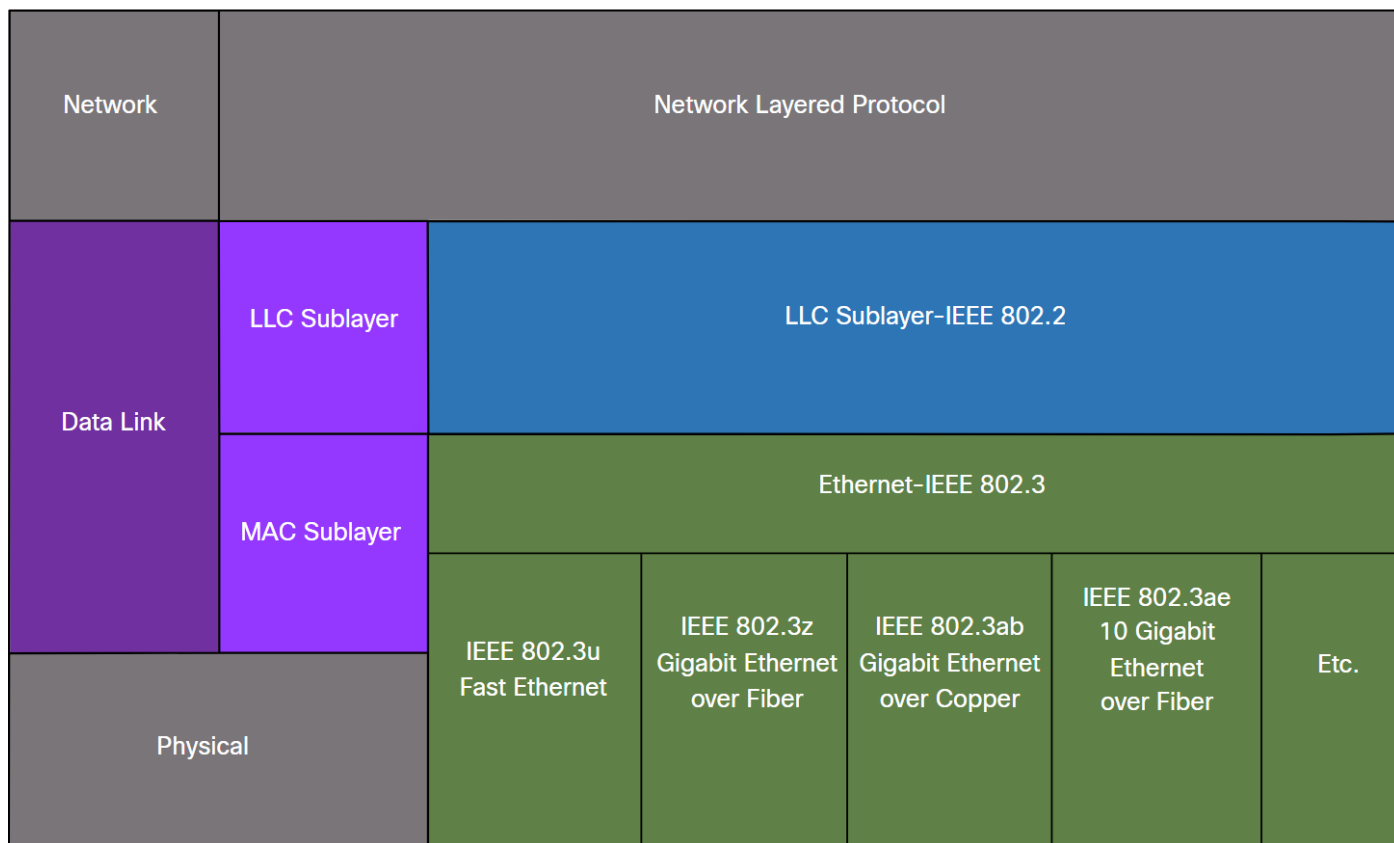
Zapouzdření dat IEEE 802.3 zahrnuje následující:

- **Ethernetový rámec** – jedná se o vnitřní strukturu ethernetového rámce;
- **Ethernet Addressing** – ethernetový rámec obsahuje zdrojovou i cílovou MAC adresu pro doručení ethernetového rámce z Ethernet NIC na Ethernet NIC ve stejné lokální síti;

- **detekce chyb v Ethernetu** – ethernetový rámec obsahuje patičku pro kontrolu rámce (FCS), která slouží k detekci chyb.

### Přístup k médiím

Jak je znázorněno na obrázku, podvrstva IEEE 802.3 MAC obsahuje specifikace pro různé standardy ethernetové komunikace přes různé typy médií včetně mědi a vláken.



Obrázek 3 Protokoly 802.3 pro jednotlivá média (CISCO)

### Poznámka:

Připomeňme, že starší Ethernet používající topologii sběrnice nebo rozbočovače je sdílené, poloduplexní médium. Ethernet přes poloduplexní médium používá přístupovou metodu založenou na konfliktech, detekci vícenásobného přístupu/kolize (CSMA/CD) To zajišťuje, že v jednu chvíli vysílá pouze jedno zařízení. CSMA/CD umožňuje více zařízením sdílet stejné poloduplexní médium, detekuje kolizi, když se více než jedno zařízení pokouší přenášet současně. Poskytuje také back-off algoritmus pro opakovaný přenos.

Dnešní ethernetové sítě LAN používají přepínače, které pracují v plně duplexním režimu. Plně duplexní komunikace s ethernetovými přepínači nevyžaduje řízení přístupu přes CSMA/CD.

## Pole ethernetových rámců

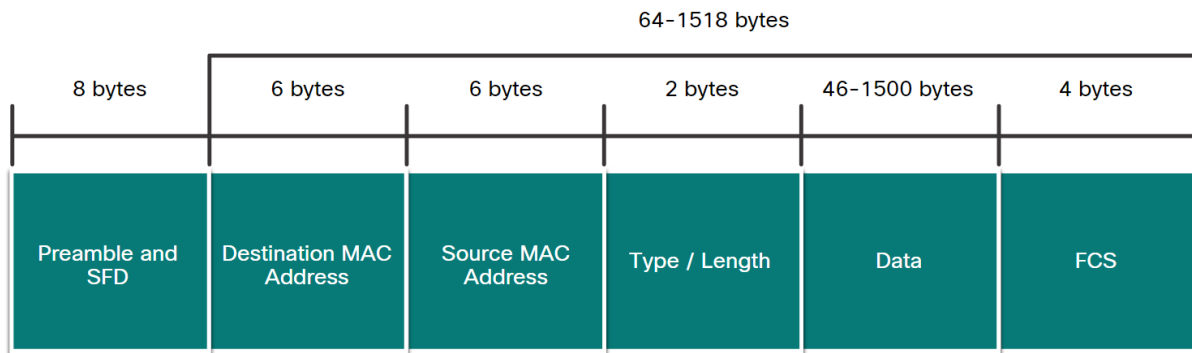
**Minimální velikost ethernetového rámce je 64 bajtů a předpokládané maximum je 1518 bajtů.** To zahrnuje všechny bajty z pole cílové adresy MAC prostřednictvím pole sekvence kontroly rámce (FCS). Pole preamble není zahrnuto při popisu velikosti rámce.

**Poznámka:** Velikost rámce může být větší, pokud jsou zahrnuty další požadavky, jako je například označování VLAN.

**Jakýkoli rámec o délce menší než 64 bajtů je považován za "kolizní fragment" nebo "zakrnělý rámec" a je automaticky zahozen přijímacími stanicemi. Rámce s více než 1500 bajty dat jsou považovány za "jumbo" nebo "baby giant frames".**

Pokud je velikost přenášeného rámce menší než minimum nebo větší než maximum, přijímající zařízení rámec zahodí. Vyhozené snímky jsou pravděpodobně důsledkem kolizí nebo jiných nežádoucích signálů. Jsou považovány za neplatné. Rámce Jumbo jsou obvykle podporovány většinou přepínačů a síťových karet Fast Ethernet a Gigabit Ethernet.

Na obrázku jsou zobrazena jednotlivá pole v ethernetovém rámci. Další informace o funkci jednotlivých polí naleznete v tabulce.



Obrázek 4 Složení a bitová délka rámce Ethernet (CISCO)

Rámce typu *runt* jsou ethernetové rámce, které jsou menší než minimální povolená velikost 64 bajtů (včetně hlavičky rámce a FCS). Pokud přepínač Cisco obdrží rámec typu *runt*, **zahodí ho**, protože tyto rámce jsou považovány za neplatné a obvykle vznikají v důsledku kolizí nebo chyb při přenosu.

Field	Description
Preamble and Start Frame Delimiter Fields	The Preamble (7 bytes) and Start Frame Delimiter (SFD), also called the Start of Frame (1 byte), fields are used for synchronization between the sending and receiving devices. These first eight bytes of the frame are used to get the attention of the receiving nodes. Essentially, the first few bytes tell the receivers to get ready to receive a new frame.
Destination MAC Address Field	This 6-byte field is the identifier for the intended recipient. As you will recall, this address is used by Layer 2 to assist devices in determining if a frame is addressed to them. The address in the frame is compared to the MAC address in the device. If there is a match, the device accepts the frame. Can be a unicast, multicast or broadcast address.
Source MAC Address Field	This 6-byte field identifies the originating NIC or interface of the frame.
Type / Length	This 2-byte field identifies the upper layer protocol encapsulated in the Ethernet frame. Common values are, in hexadecimal, 0x800 for IPv4, 0x86DD for IPv6 and 0x806 for ARP. <b>Note:</b> You may also see this field referred to as EtherType, Type, or Length.
Data Field	This field (46 - 1500 bytes) contains the encapsulated data from a higher layer, which is a generic Layer 3 PDU, or more commonly, an IPv4 packet. All frames must be at least 64 bytes long. If a small packet is encapsulated, additional bits called a pad are used to increase the size of the frame to this minimum size.
Frame Check Sequence Field	The Frame Check Sequence (FCS) field (4 bytes) is used to detect errors in a frame. It uses a cyclic redundancy check (CRC). The sending device includes the results of a CRC in the FCS field of the frame. The receiving device receives the frame and generates a CRC to look for errors. If the calculations match, no error occurred. Calculations that do not match are an indication that the data has changed; therefore, the frame is dropped. A change in the data could be the result of a disruption of the electrical signals that represent the bits.

### Shrnutí:

Ethernet pracuje v linkové vrstvě a ve fyzické vrstvě. Ethernetové standardy definují jak protokoly vrstvy L2, tak technologie vrstvy L1. Ethernet používá k provozu podvrstvy LLC a MAC linkové vrstvy. Zapouzdření dat zahrnuje následující: ethernetový rámec, ethernetové adresování a detekci chyb ethernetu. Síť LAN Ethernet používají přepínače, které pracují v plně duplexním režimu. Pole ethernetových rámců jsou: oddělovač preamble a počátečního rámce, cílová MAC adresa, zdrojová MAC adresa, EtherType, data a FCS.

### Cvičení s Wireshark

Viz 7.1.6-lab---use-wireshark-to-examine-ethernet-frames.pdf

## Ethernetová MAC adresa

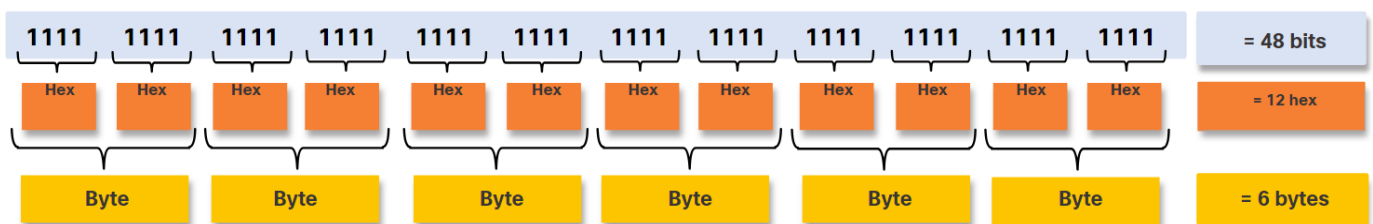
### VIDEO:



### MAC Address Explained (1080p).mp4

V síti Ethernet LAN je každé síťové zařízení připojeno ke stejnému sdílenému médiu. Adresa MAC se používá k identifikaci fyzického zdrojového a cílového zařízení (NIC) v segmentu místní sítě. MAC adresování poskytuje metodu pro identifikaci zařízení na linkové vrstvě modelu OSI.

**Ethernetová MAC adresa je 48bitová adresa vyjádřená pomocí 12 hexadecimálních číslic, jak je znázorněno na obrázku. Protože bajt se rovná 8 bitům, můžeme také říct, že **MAC adresa je dlouhá 6 bajtů.****



Obrázek 5 MAC adresa z hlediska číselného zápisu (CISCO)

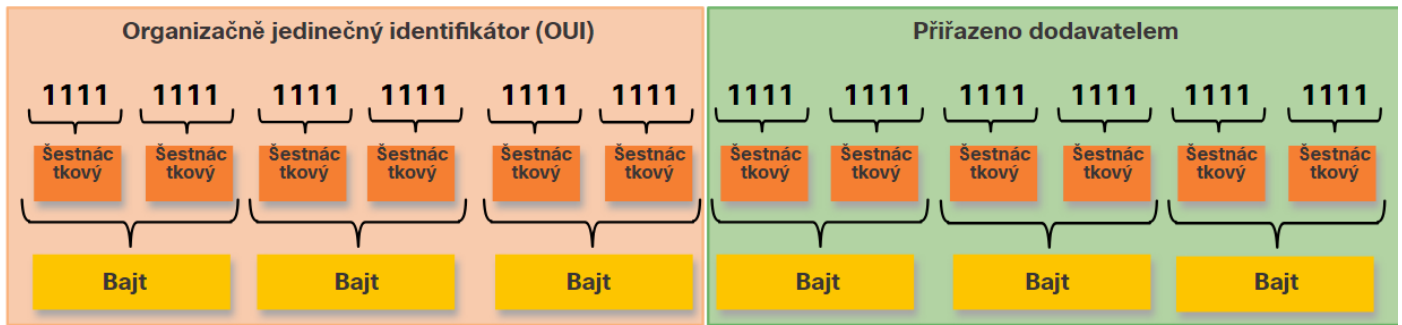
**Všechny MAC adresy musí být jedinečné pro ethernetové zařízení nebo ethernetové rozhraní.**

Aby to bylo zajištěno, musí se všichni dodavatelé, kteří prodávají ethernetová zařízení, zaregistrovat u IEEE, aby získali jedinečný 6hexadecimální (tj. 24bitový nebo 3bajtový) kód nazývaný organizačně jedinečný identifikátor (OUI).

Když dodavatel přiřadí zařízení nebo ethernetovému rozhraní adresu MAC, musí postupovat následovně:

1. použije přiřazené OUI jako prvních 6 hexadecimálních číslic.
2. přiřadí jedinečnou hodnotu v posledních 6 hexadecimálních číslicích.

Proto se ethernetová adresa MAC skládá ze 6 hexadecimálních kódů OUI dodavatele následovaných 6 hexadecimální hodnotou přiřazenou dodavatelem, jak je znázorněno na obrázku.



Obrázek 6 Struktura přidělení MAC adresy (CISCO)

Předpokládejme například, že společnost Cisco potřebuje novému zařízení přiřadit jedinečnou adresu MAC. IEEE přidělil společnosti Cisco OUI **00-60-2F**.

Společnost Cisco poté nakonfigurovala zařízení pomocí jedinečného kódu dodavatele, například **3A-07-BC**.

Ethernetová MAC adresa tohoto zařízení by tedy byla **00-60-2F-3A-07-BC**.

**Je odpovědností dodavatele zajistit, aby žádnému z jeho zařízení nebyla přiřazena stejná MAC adresa.**

*Poznámka: Je však možné, že duplicitní MAC adresy existují kvůli chybám během výroby, chybám v některých metodách implementace virtuálních strojů nebo úpravám provedeným pomocí jednoho z několika softwarových nástrojů. V každém případě bude nutné upravit MAC adresu pomocí nové síťové karty nebo provést úpravy pomocí softwaru.*

Někdy se adresa MAC označuje jako vypálená adresa (BIA), protože **adresa je na síťové kartě pevně zakódována do paměti pouze pro čtení (ROM). To znamená, že adresa je trvale zakódována do čipu ROM.**

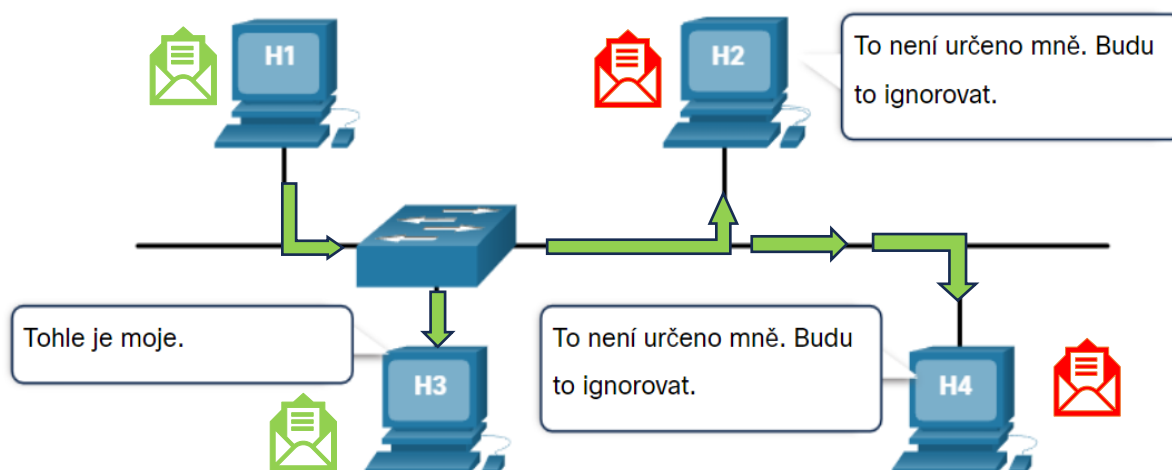
## Zpracování rámce

### Co se stane, když se spustí počítač a chce poslat zprávu z PC1 do PC3?

1. Když se počítač spustí, síťová karta zkopíruje svou MAC adresu z ROM do paměti RAM. Když zařízení přeposílá zprávu do sítě Ethernet, hlavička Ethernetu obsahuje:
  - zdrojová adresa MAC
  - cílová adresa MAC



Cílová adresa	Zdrojová adresa	Data
CC:CC:CC:CC:CC:CC	AA:AA:AA:AA:AA:AA	Zapouzdřená data
Adresování rámce		



Obrázek 7 Schéma rámcování

- Když síťová karta obdrží ethernetový rámec, prozkoumá cílovou MAC adresu, aby zjistila, zda se shoduje s fyzickou MAC adresou uloženou v paměti RAM. Pokud nedojde k žádné shodě, zařízení rámec zahodí. Pokud existuje shoda, předá snímek vrstvámi OSI, kde probíhá proces zapouzdření.

**Poznámka:** Síťové karty sítě Ethernet budou také přijímat rámce, pokud je cílová adresa MAC všesměrovým vysíláním nebo vícesměrová skupina, jejímž členem je hostitel.

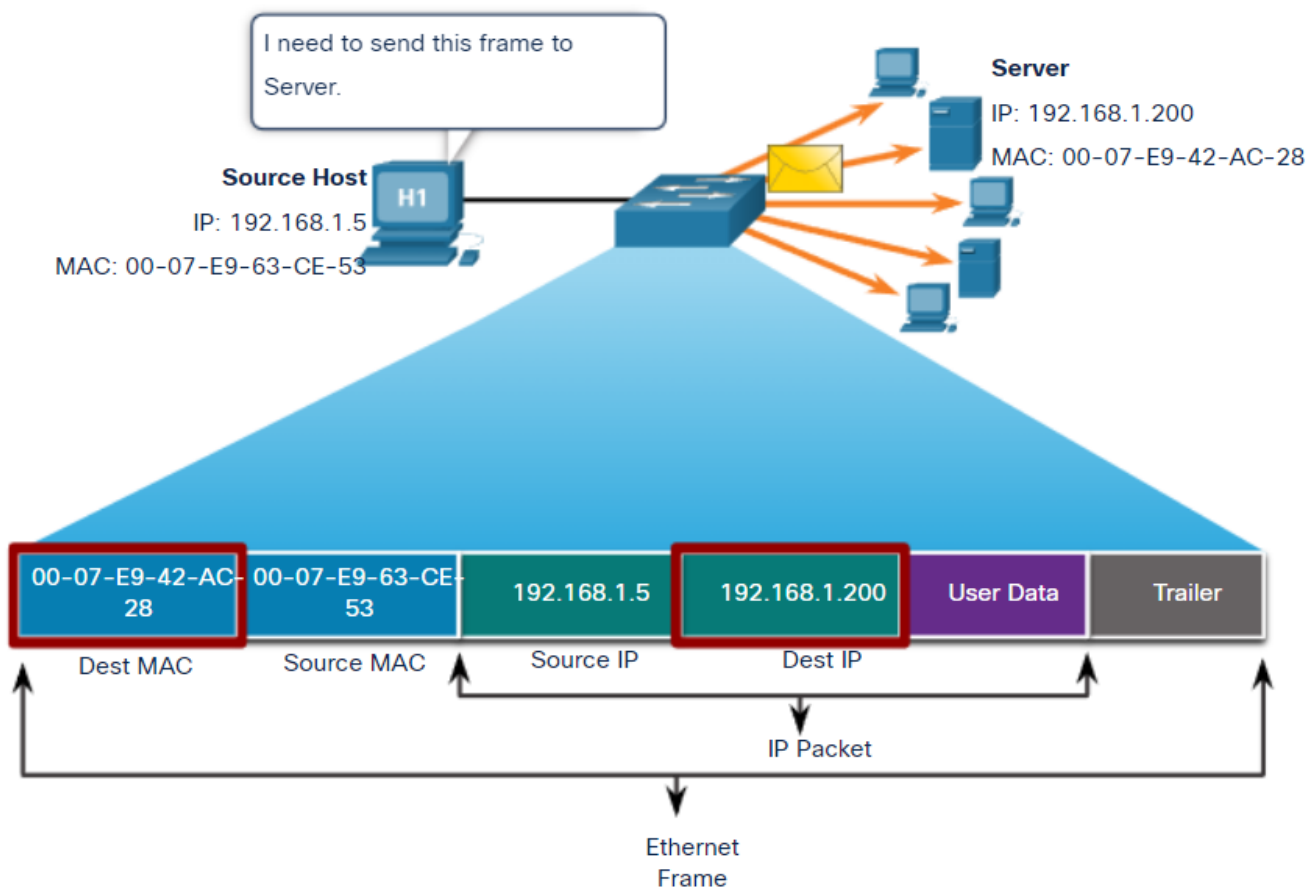
Každé zařízení, které je zdrojem nebo cílem ethernetového rámce, bude mít ethernetovou síťovou kartu, a tedy i MAC adresu. To zahrnuje pracovní stanice, servery, tiskárny, mobilní zařízení a směrovače.

## Unicast MAC adresa

V Ethernetu se pro jednosměrovou (unicast), všesměrovou (broadcast) a vícesměrovou (multicast) komunikaci vrstvy L2 používají různé adresy MAC.

**Unicast adresa MAC je jedinečná adresa, která se používá při odesílání rámce z jednoho vysílacího zařízení do jednoho cílového zařízení.**

Kliknutím na tlačítko Přehrát v animaci zobrazíte, jak se zpracovává snímek jednosměrového vysílání. V tomto příkladu jsou cílová adresa MAC i cílová adresa IP jednosměrové.



Obrázek 8 Vysílání Unicast Ethernetového rámce

V příkladu zobrazeném na obrázku si hostitel s adresou IPv4 **192.168.1.5** (zdroj) vyžádá webovou stránku ze serveru na adrese Unicast vysílání IPv4 **192.168.1.200**. Aby mohl být paket Unicast vysílání odeslán a přijat, musí být v hlavičce paketu IP uvedena cílová adresa IP. Odpovídající cílová MAC adresa musí být také v hlavičce ethernetového rámce. Kombinace IP adresy a MAC adresy zajišťuje přenos dat jednomu konkrétnímu cílovému hostiteli.

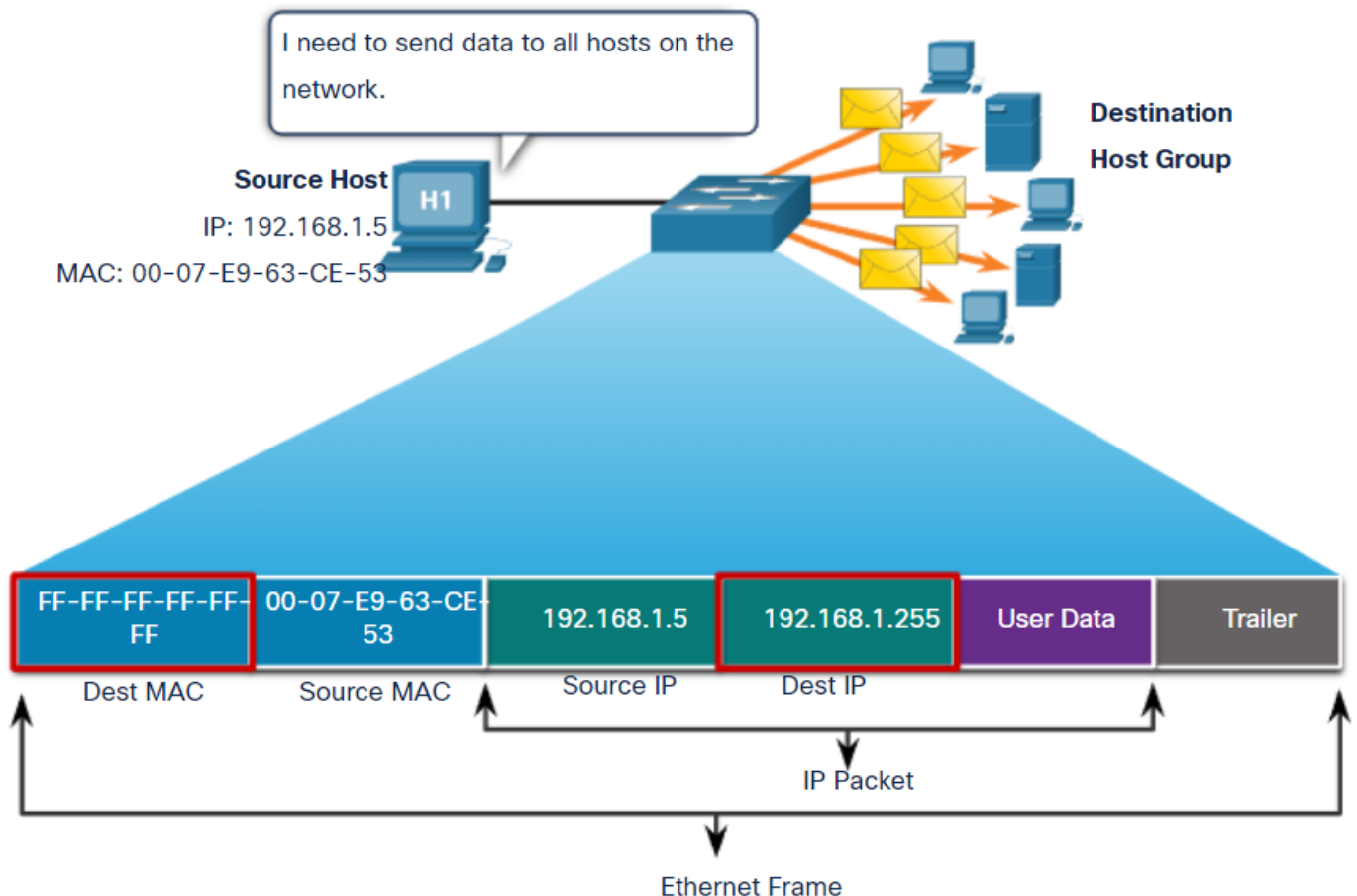
Proces, který zdrojový hostitel používá k určení cílové adresy MAC přidružené k adrese IPv4, se označuje jako protokol ARP (Address Resolution Protocol). Proces, který zdrojový hostitel používá k určení cílové adresy MAC přidružené k adrese IPv6, se nazývá zjišťování sousedů (ND).

### Broadcast MAC adresa

Ethernetový broadcastový rámec je přijímán a zpracováván každým zařízením v ethernetové síti LAN. Funkce všesměrového vysílání sítě Ethernet jsou následující:

- má cílovou MAC adresu FF-FF-FF-FF-FF-FF v hexadecimální soustavě (48 v binární soustavě).
- je replikován všemi porty switchu kromě příchozího portu;
- není předáván dále routerem.

Pokud jsou zapouzdřená data paketem Broadcast vysílání IPv4, znamená to, že paket obsahuje cílovou adresu IPv4, která má v hostitelské části všechny jedničky (binární). Toto číslování v adrese znamená, že všichni hostitelé v této lokální síti (broadcast domain) paket přijmou a zpracují.



Obrázek 9 Vysílání Broadcast Ethernetového rámce

Jak je znázorněno na obrázku, zdrojový hostitel odesílá paket všesměrového vysílání IPv4 do všech zařízení ve své síti. **Cílová adresa IPv4 je všesměrová adresa 192.168.1.255.** Když je paket všesměrového vysílání IPv4 zapouzdřen v rámci Ethernet, **cílová adresa MAC je broadcastová MAC adresa FF-FF-FF-FF-FF-FF** v hexadecimální soustavě (48 jedniček v binární soustavě).

*Poznámka: DHCP pro IPv4 je příkladem protokolu, který používá adresy Ethernet a IPv4.*

### **Multicast (vícesměrová) MAC adresa**

Multicastové adresy se využívají v různých aplikacích, jako jsou:

- streamování médií (např. IPTV);
- distribuce softwaru nebo dat;
- síťové protokoly, jako jsou **IGMP** (Internet Group Management Protocol) a **PIM** (Protocol Independent Multicast).

Rámec multicastového vysílání sítě Ethernet je přijímán a zpracováván skupinou zařízení v síti LAN sítě Ethernet, která patří do stejné skupiny multicastového vysílání.

Funkce multicastového vysílání sítě Ethernet:

- existuje **cílová adresa MAC 01-00-5E, pokud jsou zapouzdřená data paketem IPv4 multicastového vysílání, a cílová adresa MAC 33-33, pokud jsou zapouzdřená data paketem IPv6 multicastového vysílání.**
- existují další vyhrazené cílové adresy MAC multicastového vysílání pro případy, kdy zapouzdřená data nejsou IP, například Spanning Tree Protocol (STP) a Link Layer Discovery Protocol (LLDP).
- **je replikována všemi porty ethernetového přepínače kromě příchozího portu, pokud není přepínač nakonfigurován pro Multicast snooping.**
- **router je nepředává, pokud není směrovač nakonfigurován tak, aby směroval pakety Multicast vysílání.**

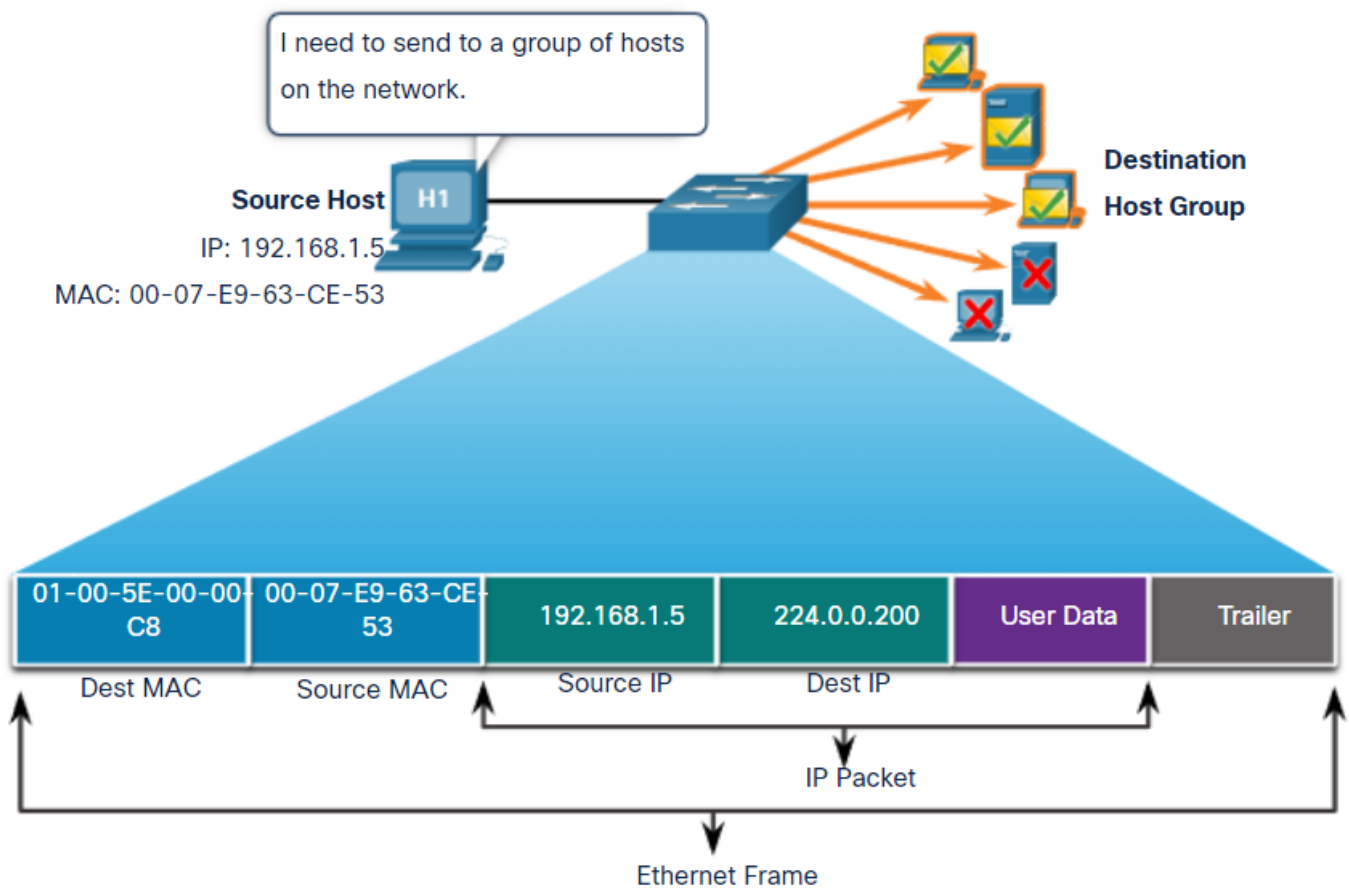
Pokud jsou zapouzdřená data paketem multicastového vysílání IP, je zařízením patřícím do skupiny Multicast vysílání přiřazena adresa IP skupiny multicastového vysílání.

**Rozsah adres IPv4 Multicast vysílání je 224.0.0.0 až 239.255.255.255.**

**Rozsah IPv6 vícesměrových adres začíná ff00::/8.**

Vzhledem k tomu, že adresy vysílání představují skupinu adres (někdy nazývanou skupina hostitelů), lze je použít pouze jako cíl paketu. Zdrojem bude vždy adresa unicastového vysílání.

Stejně jako u adres unicastového a broadcastového vysílání, vyžaduje adresa IP multicastového vysílání pro doručování rámců v místní síti odpovídající adresu MAC multicastového vysílání. Adresa MAC multicastového vysílání je spojena s adresou IPv4 nebo IPv6 a používá informace o adrese z této adresy.



Obrázek 10 Vysílání Multicast Ethernetového rámce

**Shrnutí:**

Binární číselná soustava používá číslice 0 a 1. Desetinné číslo používá 0 až 9. Hexadecimální používá 0 až 9 a písmena A až F.

Adresa MAC se používá k identifikaci fyzického zdrojového a cílového zařízení (NIC) v segmentu místní sítě. MAC adresování poskytuje metodu pro identifikaci zařízení na linkové vrstvě modelu OSI.

Ethernetová MAC adresa je 48bitová adresa vyjádřená pomocí 12 hexadecimálních číslic nebo 6 bajtů. Ethernetová adresa MAC se skládá ze 6 hexadecimálních kódů OUI dodavatele následovaných 6 hexadecimální hodnotou přiřazenou dodavatelem. Když zařízení přeposílá zprávu do sítě Ethernet, hlavička Ethernetu obsahuje zdrojovou a cílovou adresu MAC.

V Ethernetu se pro jednosměrovou (unicast), všesměrovou (broadcast) a vícesměrovou (multicast) komunikaci vrstvy L2 používají různé adresy MAC.

**Cvičení v Packet Tracer**

Viz zadání 7.2.7-lab---view-network-device-mac-addresses.pdf

**Zdroje:**

CISCO NetACAD

MAC Address Explained – dostupné na internetu:

<https://www.youtube.com/watch?v=TliQiw7fpsU>

Jiří Peterka – Archiv článků a přednášek [http://www.earchiv.cz/]

Ing. Vojtěch Novotný – Úvod do počítačových sítí