

Linková vrstva

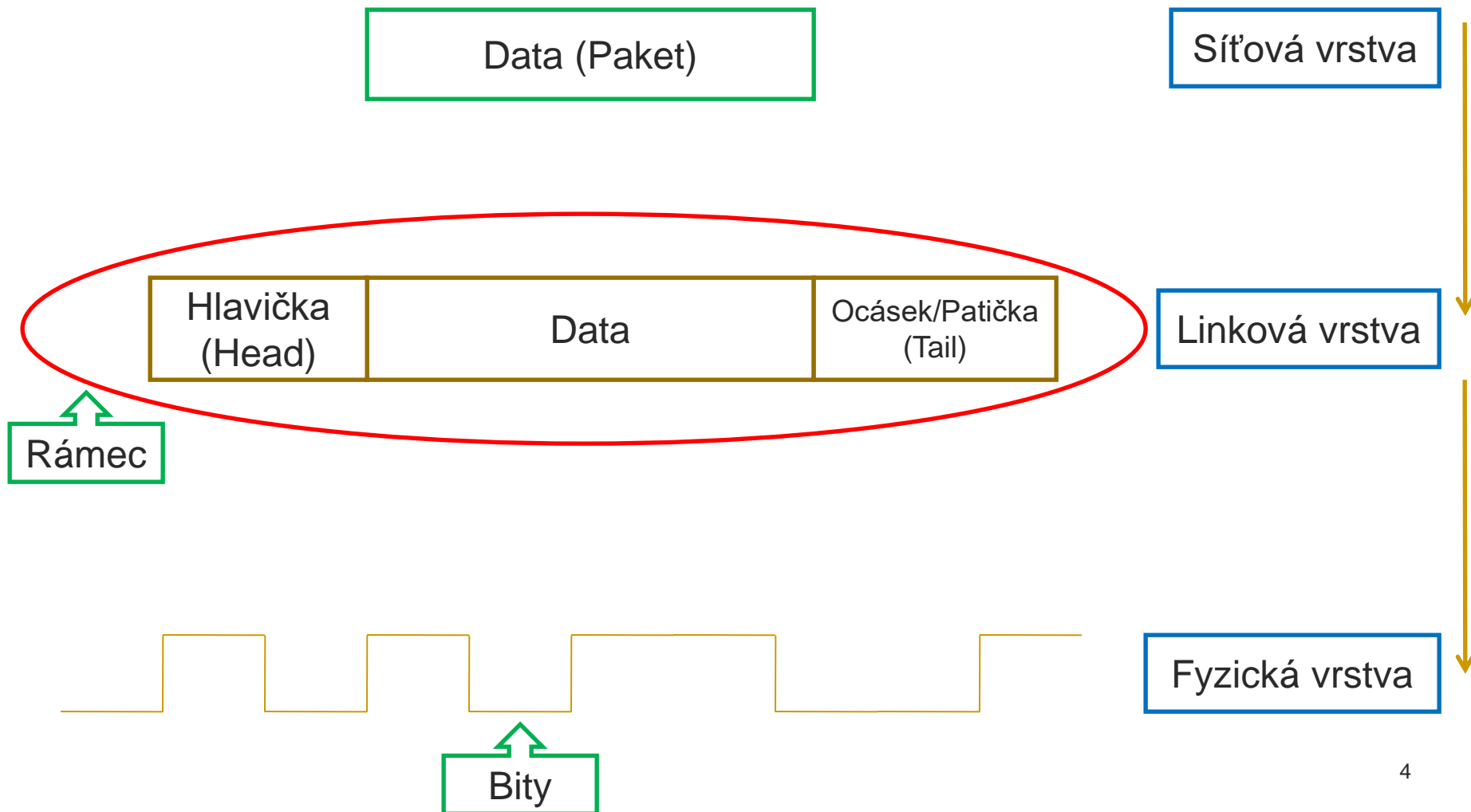
- Vytváření rámce.
- Přístup k médiu.
- PoE.
- MAC & LLC
 - Struktura, zákonitosti.
 - Zabezpečení.
 - Virtualizace – VSS, VSL.
 - STP.
 - Etherchanell
 - Trill.
- Protokoly, standardy
 - Ethernet, Ethernet II.



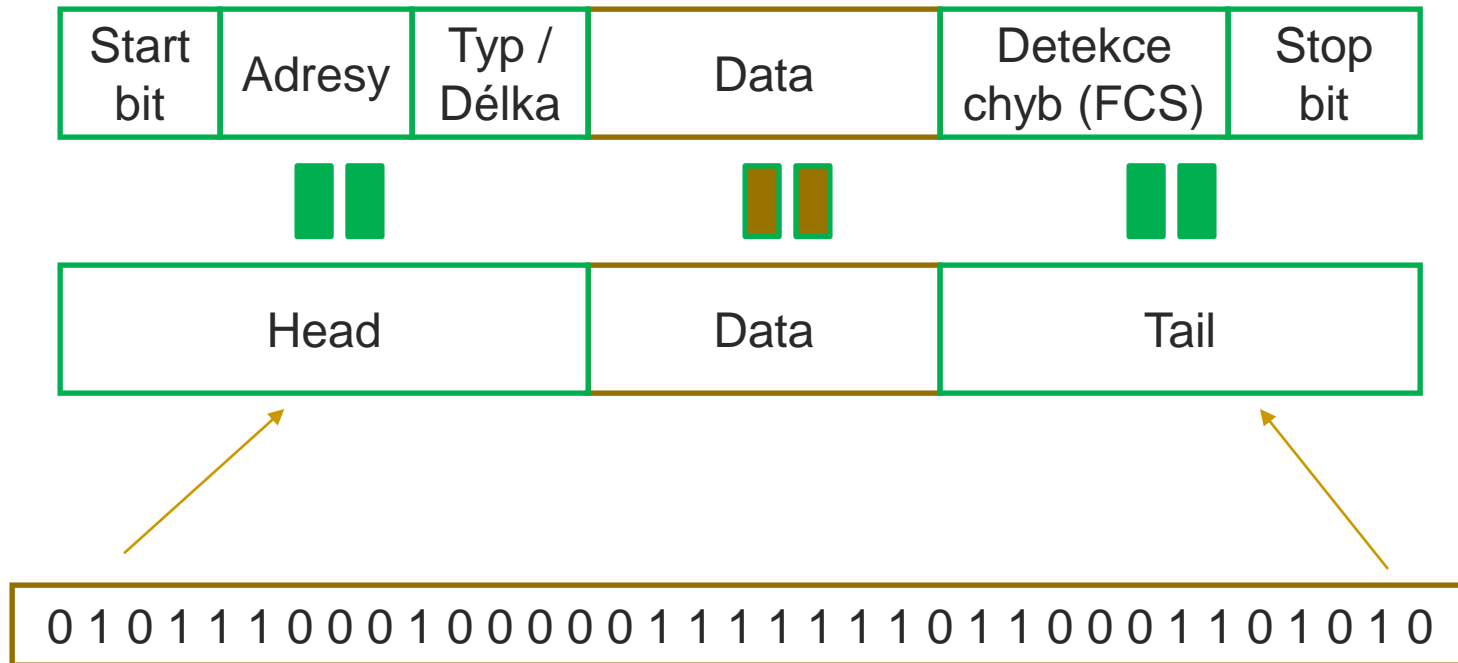
Linková vrstva - kontrola

- Odlišuje kde začíná a končí rámec přenášených dat.
 - Fyzická vrstva nerozlišuje jednotlivé bity!
- **Zabezpečuje**, aby datový rámec v pořádku dorazil od odesílatele k příjemci.
 - Potvrzování (acknowledgement).
- **Flow control**, tj. aby odesílatel nezahltl příjemce.
- **Pozor – vše se týká pouze lokální sítě (LAN)!**
- Majoritní protokol na lokální (drátové) síti na L2 je Ethernet (II).
- Konkurenční protokoly využívají jeho nevýhod při vysokých rychlostech:
 - Infiniband.
 - Fibre Channel.

Vytváření rámce

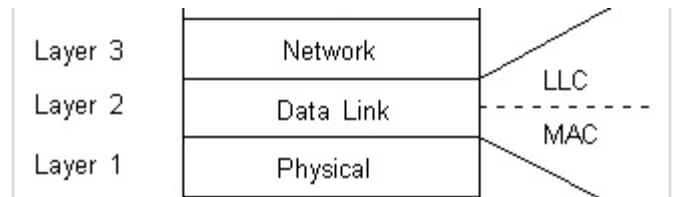


Vytváření rámce obecně (ASYNC)



LLC & MAC

- LLC
 - Zabezpečuje zapouzdření do rámce z vyšších vrstev (síťová).
 - Zajišťuje de/multiplexing!
 - Detekuje protokol síťové vrstvy (IP atd.).
 - Erro-checking.
 - Zajišťuje Flow Control.
- MAC
 - Přidává adresy do hlavičky rámce.
 - Identifikuje médium na lokální síti.
 - Označuje začátek a konec rámce.

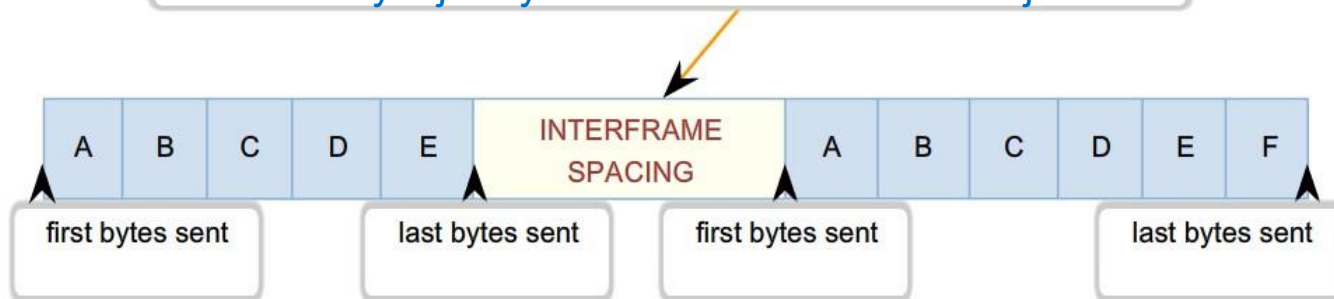


Mezera mezi rámci

- Mezera je nutný čas ke zpracování rámce a připravení se na přijetí následujícího.

Speed	Interframe Spacing	Time Required
10 Mbps	96 bit time	9.6 μ s
100 Mbps	96 bit time	0.96 μ s
1 Gbps	96 bit time	0.096 μ s
10 Gbps	96 bit time	0.0096 μ s

Se zvyšující rychlostí ethernetu se snižuje.



Standardní Ethernetový rámec

Název pole	Preambul	SFD	Cílová MAC adresa	Zdrojová MAC adresa	Typ / Délka	Data (Výplň)	(FCS)
Délka v bajtech	7	1	6	6	2	46 - 1500	4

- **Preamble** - 7 bajtů, střídavě binární 0 a 1; slouží k synchronizaci hodin příjemce.
- **Start of Frame Delimeter** – 1 bajt
- **Cílová MAC adresa** - MAC adresa cílového síťového rozhraní o délce 48 bitů; adresa může být individuální (unicast), skupinová (multicast) a všeobecná (broadcast).
- **Zdrojová MAC adresa** - 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 bajtů (46—1500 B); minimální délka je nutná pro správnou detekci kolizí v rámci segmentu.
 - **Výplň** - vyplní zbytek datové části rámce, pokud je přepravovaných dat méně než 46 B.
- **FCS** - kontrolní součet (Frame Check Sequence, FCS) 32 bitový 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.
- Celková maximální velikost rámce (bez preamble) je $6+6+2+1500+4=1518$ bajtů.

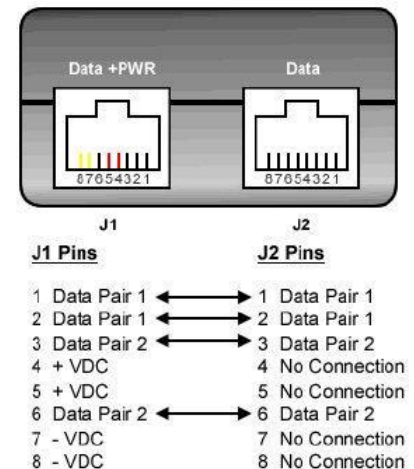
MAC

- Jednoznačně identifikuje médium na **lokální** síti.
- Skládá se ze šesti dvojic hexadecimálních čísel.
 - Má délku 6 bajtů.
 - Např. 00-1E-4C-5A-FF-58 (00:1E:4C:5A:FF:58; 001E4C5AFF58).
 - FF:FF:FF:FF:FF:FF nám značí MAC adresu broadcastu!
- První tři dvojice (tři oktety) identifikují výrobce, poslední tři pak dané zařízení.
 - Seznam výrobců a jejich MAC online:
<https://www.macvendorlookup.com/>
 - Jednoznačný identifikátor nelze měnit*, je nahrán v ROM daného média.
- První úroveň zabezpečení.

* Na HW úrovni – na SW úrovni měnit lze, je-li podporováno ovladačem.

Power over Ethernet

- Způsob napájení koncového zařízení (PD) přes Cat5+ kabel.
- Rok 2000 - max 7W u PSE (Switch).
- Pasivní PoE.
 - Původně 2 páry data + 2 páry napájení.
 - Nevyjednává o napájení (hrozí poničení non-PoE PD).
- Aktivní PoE (standard 802.3af/at/bt) definuje vyjednávání o napájení přes datové vodiče.
 - Detekce odporu – využívá se především u 1000Base-T+!
- U 802.3af je max. odběr u PD 12.95W (15W u PSE).
 - 802.3at (2009) (PoE+) max 25,5W (30W u PSE)
 - 802.3bt (2018) (PoE++) max 51W (60W u PSE), resp. 71.3W (100W u PSE).
- <https://community.fs.com/blog/understanding-poe-standards-and-poe-wattage.html>



Princip PoE

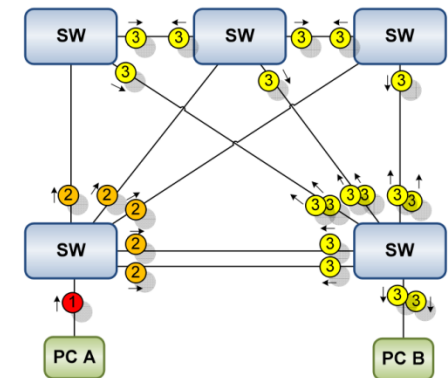
- PoE Injector vs PoE splitter.
 - MIDSPAN vs ENDSPAN
 - <https://community.fs.com/blog/active-vs-passive-poe-switch.html>
- Pasivní PoE není pro nás zajímavý.
 - Direct injecting dle použitého DC adaptéru.
 - Frekvenční oddělení od dat pokud probíhá po stejných vodičích.
 - Měničem je možné určit výstupní napětí.
- IEEE U 802.3af/at definuje aktivní vyjednávání o napájení.
- Probíhá v těchto krocích:
 1. Detekce PoE zařízení (PD) – odpor - 24.9kΩ resistor.
 2. Určení výkonové třídy PD (class).
 3. Aktivace napájecího zdroje PD.
 4. Napájení.

<https://community.fs.com/blog/poe-power-supply-how-does-poe-switch-deliver-power-for-poe-devices.html>

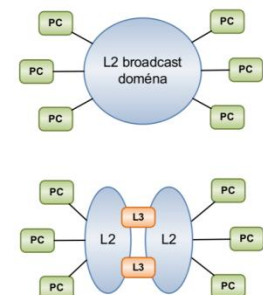


Smyčka na L2

- Problém existence jedné broadcast domény.
- Broadcast Storm.
- Různé přístupy
 - STP – Podrobněji v PS II.
 - Cisco implementace - CST, PVST(+), RSTP, MISTP.
 - Transparent Interconnection of Lots of Links (TRILL).
 - Zatím asi nejpokročilejší technologie.
 - Rbridge (Router + Bridge) = Trill Switch.
 - Původní MAC adresy jsou skryty. Nové slouží pro přenos mezi RBridge.
 - TRILL TTL (ochrana proti zacyklení).
 - Základ v SPF algoritmu.



Vnější Ethernetová hlavička dle 802.3 (14-18 bajtů)	TRILL hlavička (min 6 bajtů)	Původní (nativní) Ethernetový rámec 802.3 hlavička + 802.1Q tag + data bez CRC součtu (až 1518 bajtů)	CRC součet (4 bajty)
---	------------------------------------	---	----------------------------



Bezdrát - navázání spojení

- Sondování
 - Beacon rámce.
 - CL+AP: SSID.
 - CL+AP: Podporované rychlosti.
 - AP: Zabezpečení.
 - V případě dotazu na dostupné všechny dostupné sítě. Pokud není SSID vysíláno AP neodpoví.
 - Pokud již známe SSID dotaz obsahuje jak SSID tak také kanál na kterém probíhala poslední komunikace.
- Autentizace
 - Otevřený
 - WEP
 - WPA/WPA2/WPA3
 - Pair-Wise Master Key vs Simultaneous Authentication of Equals (SAE)
 - Radius (IEEE 802.1x)
- Přidružení
 - Navázání spojení na linkové vrstvě (CL MAC-AP BSSID)
 - Proces je podobný procesu na prepínači.

Bezdrát - Bezpečnost

Open Access	First Generation Encryption	Interim	Present
SSID	WEP	WPA	802.11i/WPA2
<ul style="list-style-type: none"> • No encryption • Basic authentication • Not a security handle 	<ul style="list-style-type: none"> • No strong authentication • Static, breakable keys • Not scalable 	<ul style="list-style-type: none"> • Standardized • Improved encryption • Strong, user-based authentication (e.g., LEAP, PEAP, EAP-FAST) 	<ul style="list-style-type: none"> • AES Encryption • Authentication: 802.1X • Dynamic key management • WPA2 is the Wi-Fi Alliance implementation of 802.11i

TKIP – Temporal Key Integrity Key	AES – Advanced Encryption Standard
<ul style="list-style-type: none"> • Encrypts by adding increasingly complex bit coding to each packet • Based on same cipher (RC4) as WEP 	<ul style="list-style-type: none"> • New cipher used in 802.11i • Based on TKIP with additional features that enhances the level of provided security

Přepínač

- Typické zařízení druhé vrstvy.

