

Rodina protokolů TCP/IP verze 3.0

Téma 1: Vznik TCP/IP

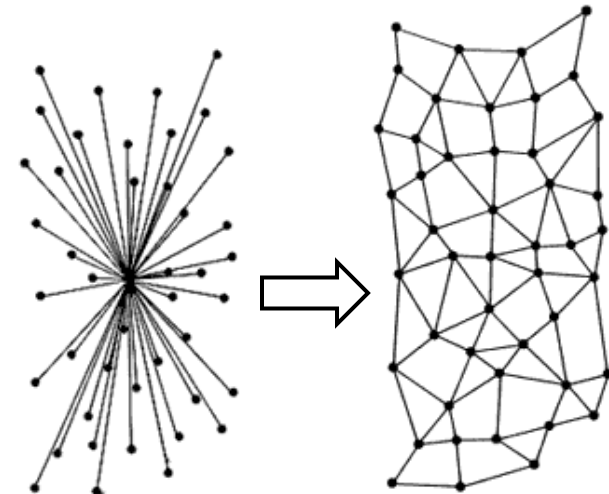
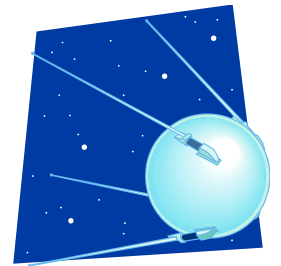
Jiří Peterka

- většina textů o historii TCP/IP (a Internetu) začíná slovy:

- **na počátku byl ARPANET**

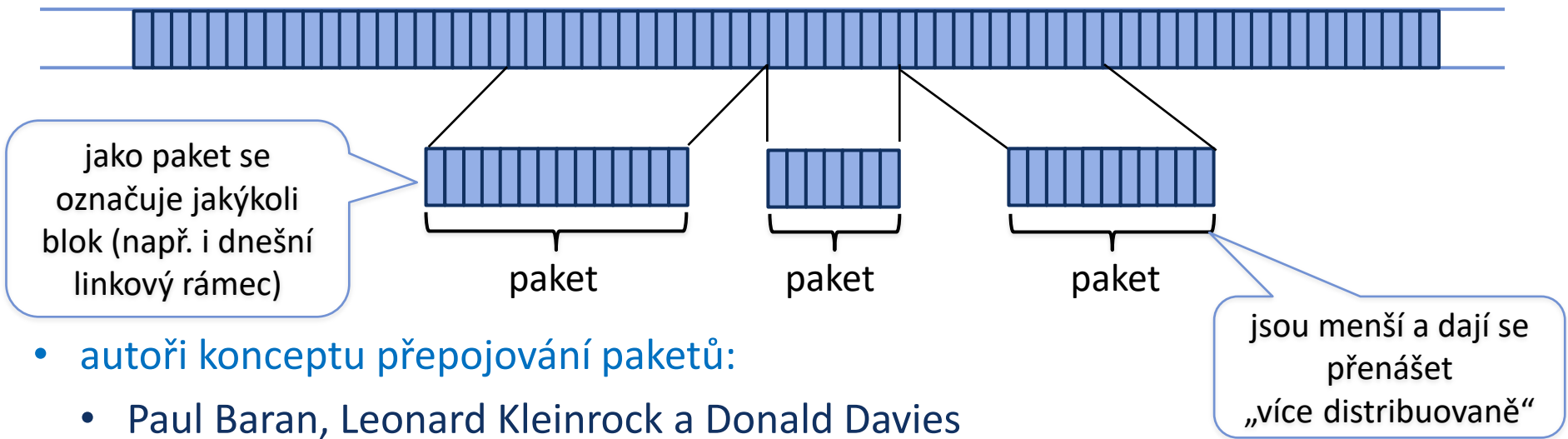
- existuje ale ještě starší impuls:

- v říjnu 1957 vypustil Sovětský svaz první Sputnik
 - v USA se toho hodně lekli – že je někdo předběhl v technologiích
- následovaly štědré investice do vědy&výzkumu
 - r. 1958: založena grantová agentura ARPA (Advanced Research Projects Agency)
 - pod ministerstvem obrany (DoD, Department of Defense)
- v roce 1962: vypukla Kubánská krize
 - další šok pro USA
 - vyústil ve snahu hledat taková řešení, která by se nedala „odstřelit“ jedním úderem
 - decentralizovaná řešení, bez centrální autority
 - příklad: Paul Baran, RAND Corporation
 - navrhnul decentralizované komunikační systémy (místo dosud používaných centralizovaných)



myšlenka paketového přenosu

- další „produkt“ oné doby: myšlenka paketového přenosu
 - dříve: data se přenášela „jako proud“
 - či jako dlouhé zprávy (messages), apriorně neomezené délky
 - na principu přepojování okruhů, jak bylo zvykem v oblasti telekomunikací
 - nový návrh:
 - „naporcovat“ data na bloky (**pakety**) a přenášet je po těchto blocích (paketech)
 - výsledkem je **přepojování paketů** (packet switching)



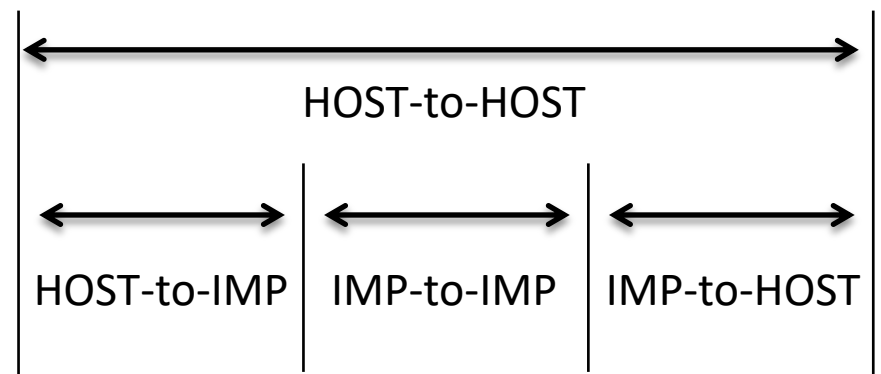
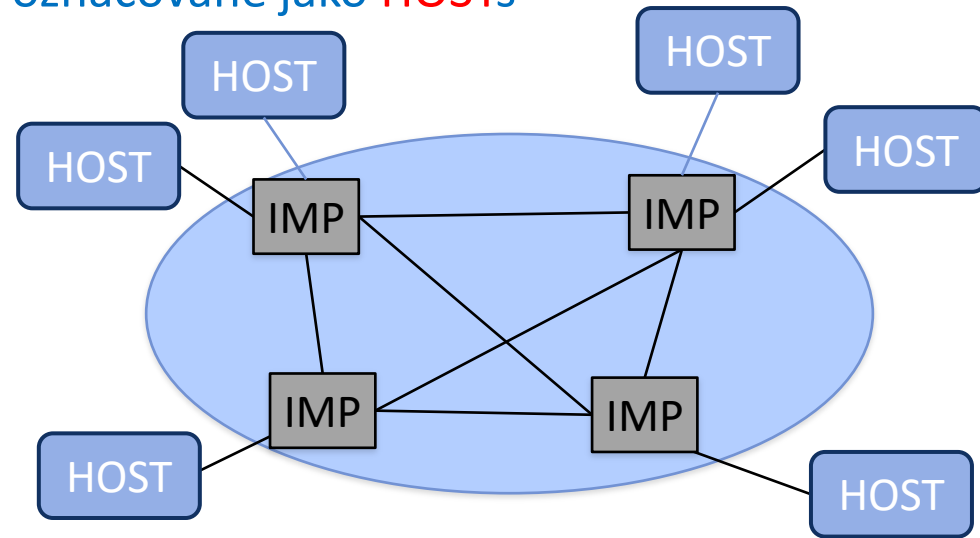
- autoři konceptu přepojování paketů:
 - Paul Baran, Leonard Kleinrock a Donald Davies
 - pojem „paket“ a „přepojování paketů“ poprvé použil Donald Davies, v listopadu 1965
 - fakticky ale vymyslel jako první Paul Baran
 - jako „distributed adaptive message block switching“

kde vyzkoušet paketový přenos?

- myšlenka přepojování paketů (paketového přenosu) byla ve své době velmi revoluční
- například AT&T rezolutně tvrdila, že přepojování paketů nemůže nikdy fungovat!!
- bylo třeba ji někde v praxi vyzkoušet
 - optimálně včetně dalších principů (decentralizace,
- 1968:
 - agentura ARPA vypisuje výběrové řízení na stavbu experimentální sítě
 - velké firmy jako IBM a AT&T se ani nepřihlásily – nevěřily celému konceptu
 - zakázku nakonec získala malá firma BBN (Bolt, Beranek & Newman)
- 1969: spuštěn **ARPANET**
 - vybudování a provoz financovala agentura ARPA – proto „ARPANET“
 - co bylo nutné udělat? A to hodně rychle?
 - navrhnout síťový hardware
 - navrhnout síťový software
 - hlavně: komunikační protokoly pro paketový přenos

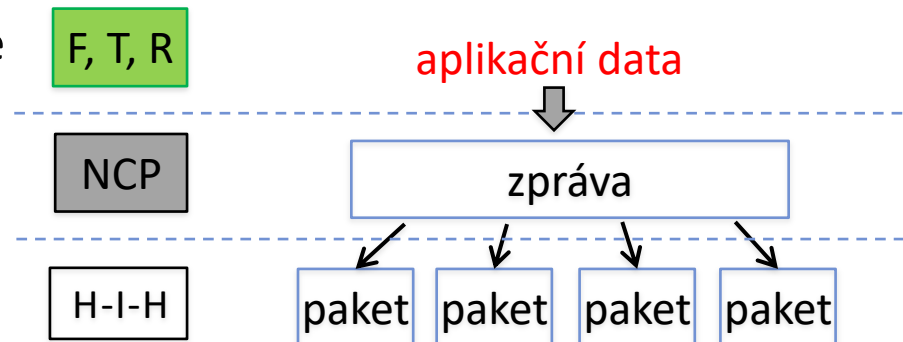
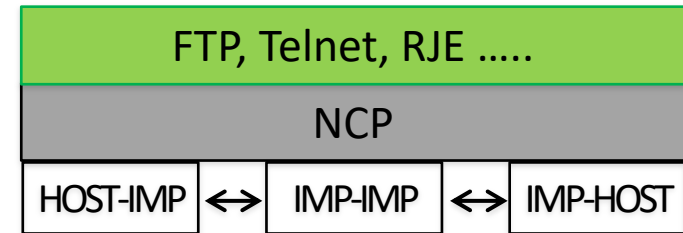
} obojí vzniká jako dočasné řešení

- předpokládala jen jednu síť (samotný ARPANET)
 - ještě není pamatováno na jakékoli propojování sítí (internetworking)
- koncovými uzly byly tehdy běžně dostupné počítače
 - střediskové počítače a minipočítače, označované jako **HOSTs** (hostitelské počítače)
- komunikační funkce zajišťovala specializovaná zařízení: **IMP**
 - Interface Message Processor
 - dnes by jim odpovídal **přepínač** (switch)
- „narychlo“ vznikly specializované protokoly:
 - IMP-IMP protokoly
 - HOST-IMP a IMP-HOST protokoly
 - HOST-HOST protokoly



- **NCP: Network Control Program**

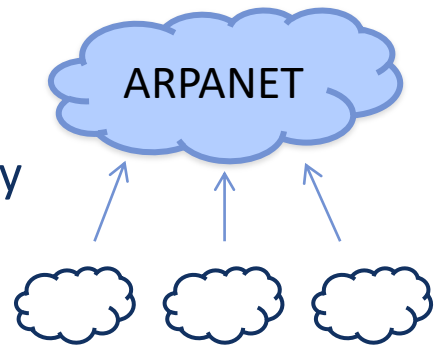
- jednalo se o jeden konkrétní (i jediný) host-to-host protokol
 - dnes bychom jej považovali za transportní protokol
 - zprostředkoval vzájemnou komunikaci koncových uzlů (HOSTů)
- fungoval spojovaně
 - zajišťoval navazování a rušení spojení, řízení toku
- „nad ním“ fungovaly aplikační programy
 - jako FTP, Telnet a RJE (Remote Job Entry)
- „pod ním“ fungovaly síťové/linkové protokoly
 - HOST-IMP, IMP-IMP a IMP-HOST,
 - které přenášely jednotlivé pakety (z dnešního pohledu spíše: linkové rámce)
- přenášel: zprávy (messages)
 - apriorně neomezené délky, obvykle „větší“
 - které se v IMP rozdělovaly na jednotlivé pakety
 - fakticky: rámce



potřeba nových protokolů

- princip paketového přenosu se osvědčil
 - ARPANET uspěl – ověřil smysluplnost paketového přenosu
- agentura ARPA ale ARPANET nezrušila !!!
 - poté, co splnil svůj úkol
- místo toho:
 - rozhodla se ponechat ARPANET (širší) akademické obci k rutinnímu používání
 - původně: mohlo jej využívat jen několik prestižních univerzit
 - které se podílely na vojenském výzkumu
 - dokonce: rozšířila jeho dostupnost
 - nově: možnost připojení k ARPANETu získaly i další univerzity
 - které si v mezidobí začaly budovat (a používat) své vlastní sítě
 - dosud zcela oddělené od ARPANETu
- důsledek:
 - bylo nutné vyvinout nové protokoly pro rutinní používání ARPANETu
 - místo protokolu NCP
 - NCP byl pouze dočasným řešením – „narychlo spíchnutým“

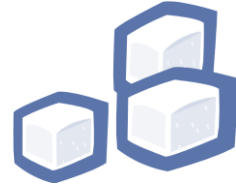
i když „paket“ se říkalo různým blokům (segmentům, rámcům)



bylo nutné umožnit jejich napojení na ARPANET

- agentura ARPA podpořila vznik nových protokolů:

- metodou cukru



- zaplatila jejich návrh
 - řešila hlavně akademická sféra
 - výsledný návrh pochází od skupiny, kterou vedli Vinton G. Cerf a Robert Kahn
- zaplatila jejich implementaci
 - realizovala opět firma BBN (Bolt, Beranek & Newman)
 - implementováno v Unixu
- zaplatila jejich distribuci
 - v rámci BSD Unixu
 - který distribuovala Univ. of Berkley

- metodou biče



- v roce 1973/4 první verze nových protokolů
- v roce 1980 ARPA vyhlásila, že uživatelé ARPANETu musí přejít na nové protokoly
 - jinak nebudou moci ARPANET dále používat
- k 1.1.1983 ukončena možnost používání protokolu NCP
- kdo nepřešel na nové protokoly, již nemohl dále komunikovat s ARPANETem

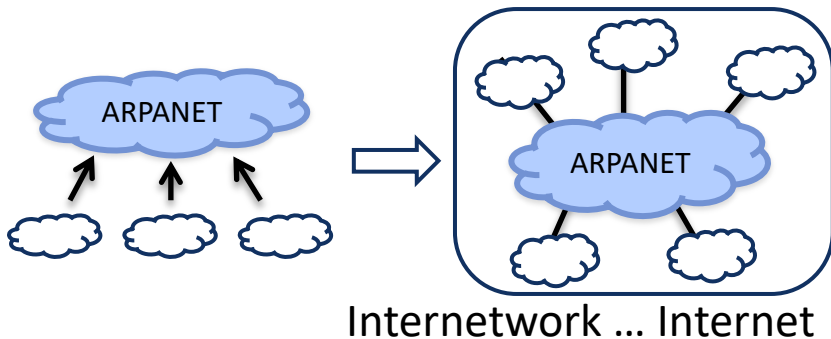


- **novými protokoly jsou právě protokoly TCP/IP**

- původně označované také jako DoD protocols, či DARPA Internet Protocols
 - DoD Protocol Suite, DARPA Internet Protocol Suite

jaké bylo zadání?

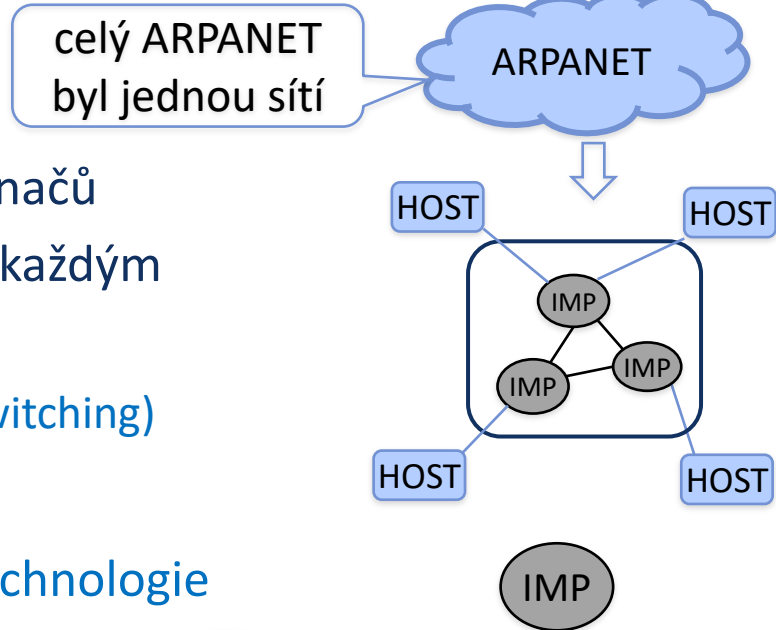
- jaké požadavky se uplatnily při návrhu protokolů TCP/IP?
- podpora propojování sítí
 - původní ARPANET byl jedinou sítí
 - bylo potřeba „napojit na něj“ další sítě
 - které používaly i hodně odlišné síťové technologie
 - požadavek:
 - aby propojení sítí vůbec bylo možné
 - aby toto propojení bylo jednoduché, univerzální a efektivní
 - aby nebránilo využití žádné konkrétní síťové technologie
- decentralizovaný charakter
 - bez jakékoli centrální autority
- robustnost
 - odolnost vůči ne-ideálním podmínkám
 - tolerance vůči chybám ostatních
 - „ale sám chyby nedělej“
- preference end-to-end
 - snaha řešit co nejvíce funkcí až v koncových uzlech (HOSTech)
 - snaha o co nejjednodušší přenosovou síť – měla by toho dělat co nejméně



- podpora různých druhů komunikačních služeb (TOS) nepodařilo se
- možnost distribuované správy
 - síťový management

potřeba propojování sítí

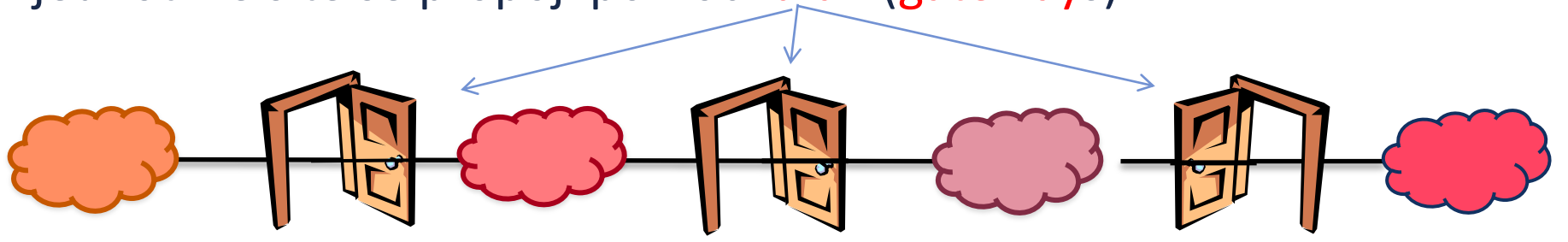
- cílem je umožnit propojení různých sítí
 - síť = odpovídá dnešnímu pojetí sítě
 - uzly (HOSTy) propojeny na L2, pomocí přepínačů
 - možnost komunikace HOSTů stylem každý s každým
 - přenáší se linkové rámce
 - ale jde o formu přepojování paketů (packet switching)
- ale:
 - různé sítě mohou používat různé přenosové technologie
 - mohou se lišit (a v praxi liší):
 - ve způsobu adresování (formátu a významu adres)
 - ve velikosti přenášeného bloku (rámce)
 - latenci, přenosové rychlosti a dalších parametrech
 - spolehlivém/nespolehlivém způsobu fungování
 - a způsobu zajištění spolehlivosti
 - hledání nejvhodnější cesty, způsobu odstraňování chyb
 - možných stavech, ve kterých se síť může nacházet
 -



Interface Message Processor byl fakticky přepínač

jak se vyrovnat s těmito odlišnostmi (při vzájemném propojování sítí)?

- jednotlivé sítě se propojí pomocí bran (gateways)



- pak autoři řešili otázku: jak mají jednotlivé brány pracovat?

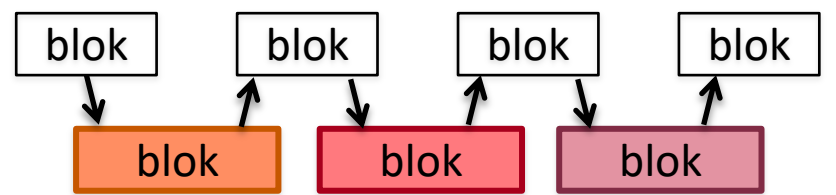
toto řešení autoři zvolili



a) překládající brány

- HOSTy odesílají „reálné datové bloky“ používané v dané síti (rámce)
- brány tyto bloky překládají do tvaru, se kterým pracuje druhá síť
 - ne vždy je to možné – třeba kvůli různé max. velikosti bloku !!

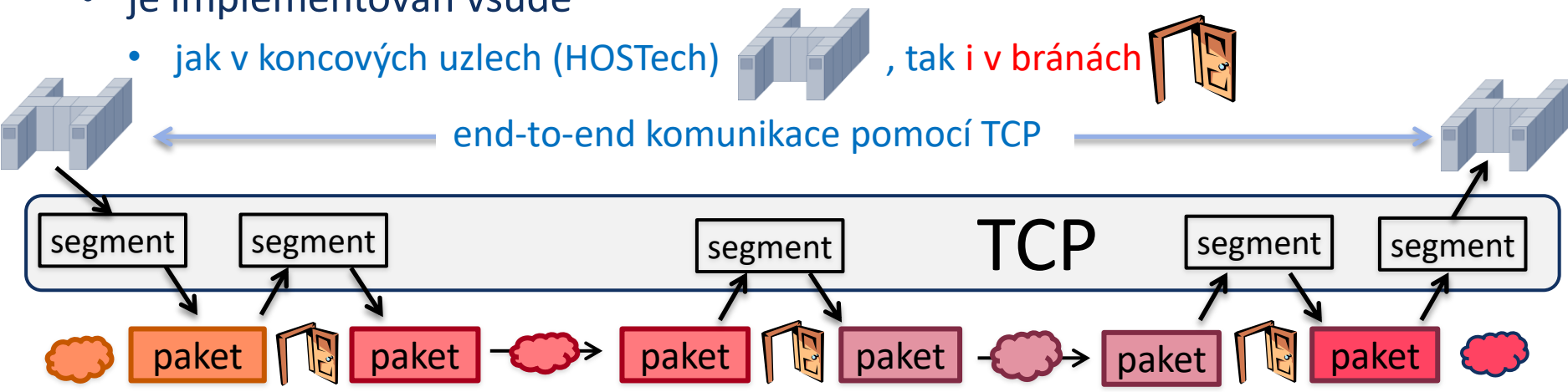
b) zapouzdřující brány

- HOSTy generují „abstraktní bloky“, které se pro přenos vkládají (zapouzdřují) do „reálných bloků“ (rámců)
 - odpovídá to „vrstevnaté“ komunikaci
- takto lze zakrýt specifika jednotlivých sítí a způsobu jejich fungování



- jen jeden „přenosový“ protokol:
- **TCP (Transmission Control Program)**
 - který vytváří jednotnou a abstraktní „pokličku“ (vrstvu) nad všemi jednotlivými sítěmi, zakrývá jejich specifika
 - přenáší souvislý proud dat (stream)
 - který rozděljuje na „abstraktní“ bloky (tzv. segmenty)
 - které se vkládají do „reálných“ bloků jednotlivých sítí (paketů, fakticky: rámců)
 - zakrývá specifika všech konkrétních sítí
 - zajišťuje jednotné adresování
 - funguje spolehlivě a spojovaně, stylem best effort, řeší řízení toku
 - je implementován všude
 - jak v koncových uzlech (HOSTech) , tak i v bránách 

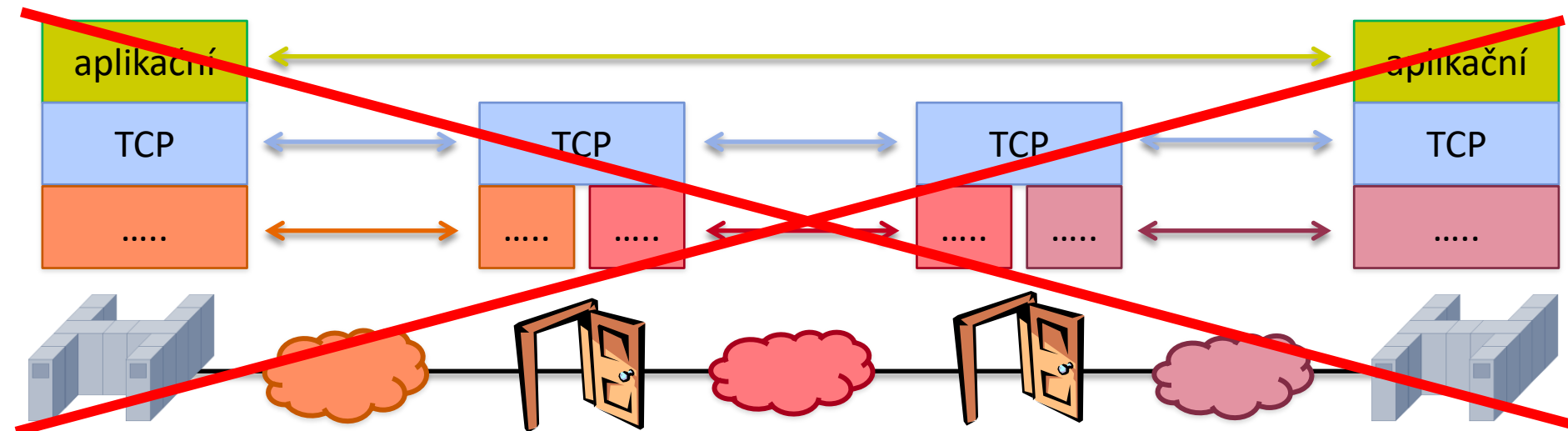
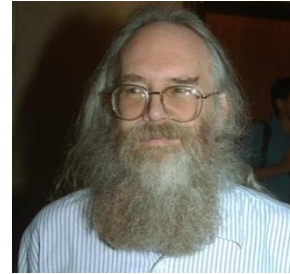
8 bitů	16 bitů
ID sítě	TCP ID





- vznikla v roce 1973
 - publikována 5.5.1974, IEEE Transactions on Communications
 - Cerf, Kahn: A Protocol for Packet Network Intercommunication
 - RFC 675, Specification of Internet Transmission Control Program, December 1974
- první verze
 - jen jeden transportní protokol TCP, který „dělá všechno“
 - žádný protokol UDP
 - jen spojovaný a spolehlivý způsob fungování
 - žádný nespolehlivý a nespojovaný
 - data k přenosu přijímá jako proud
 - není žádný síťový protokol
 - není ani klasická síťová vrstva
 - propojovacím uzlem je brána
 - mezi sítěmi jsou brány (gateways)
 - TCP musí být implementován všude
 - nejenom v HOSTech, ale také v bránách
- dnešní TCP/IP
 - dva transportní protokoly: TCP a UDP
 - aplikace si samy vybírají mezi TCP a UDP
 - nejenom spolehlivý a spojovaný způsob fungování
 - ale i nespolehlivý a nespojovaný
 - data přijímá jako proud nebo po blocích
 - síťový protokol IP
 - je síťová vrstva
 - propojovacím uzlem je (IP) směrovač
 - mezi sítěmi směrovače
 - TCP se implementuje jen v HOSTech

- v březnu 1977 byla publikována vylepšená verze TCP
 - jako TCP (Transmission Control **Program**) verze 2
- v srpnu 1977 přichází Jon Postel s kritikou TCP:
 - *porušuje princip vrstevnatých modelů, řeší dvě různé věci současně:*
 1. *end-to-end komunikaci mezi HOSTy*
 - *takový protokol patří na transportní vrstvu*
 2. *vkládání bloků (segmentů) do linkových rámců, jejich přenos a směrování*
 - *takový protokol patří na síťovou vrstvu*
 - *spíše bychom měli zavést nový síťový protokol a ponechat TCP jen jako transportní end-to-end protokol*

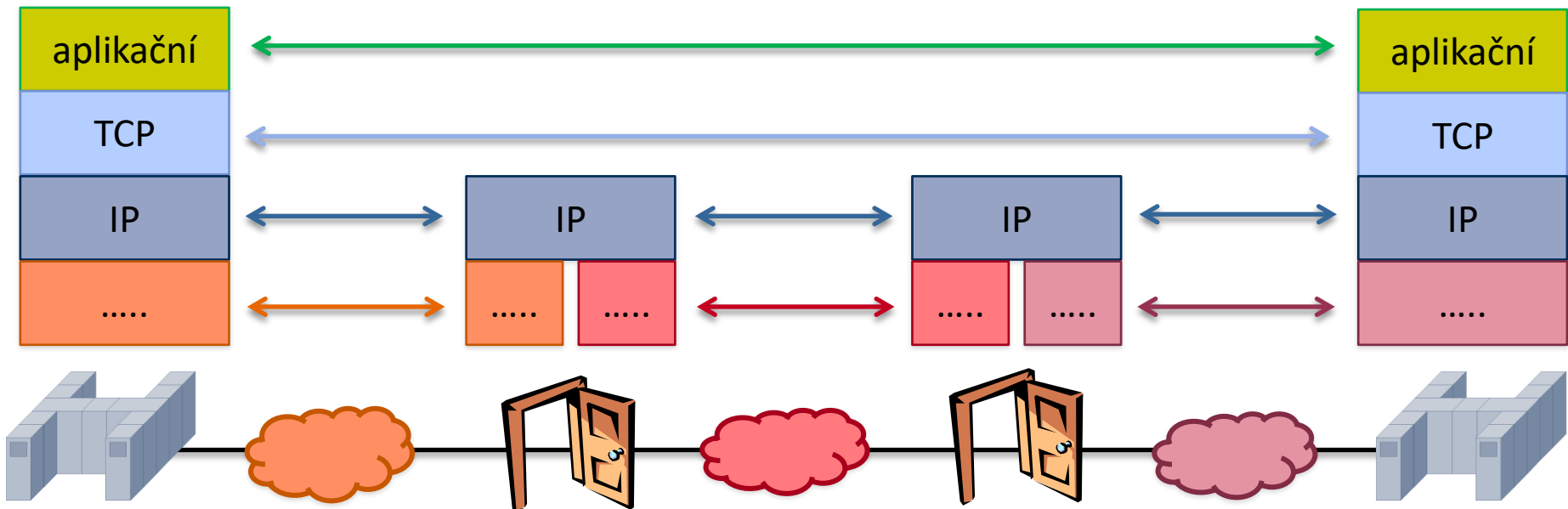
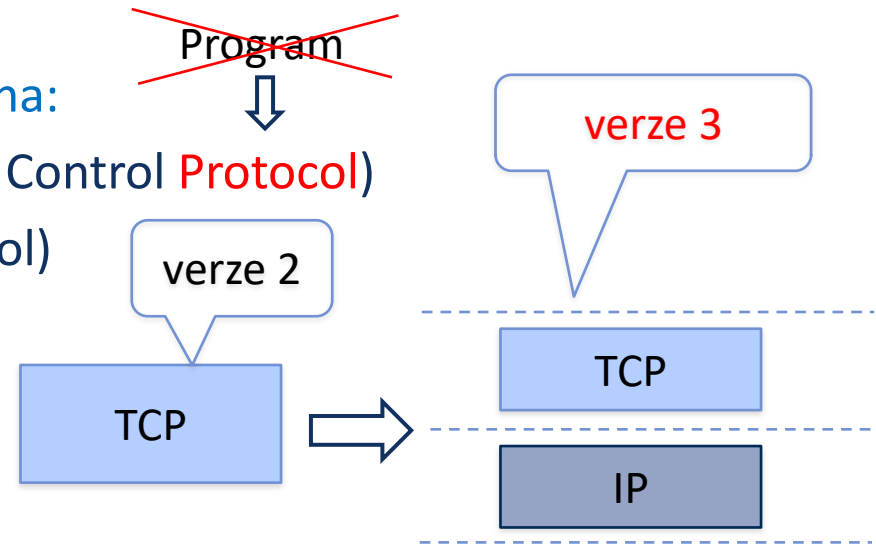


- v únoru 1978:

- návrh na rozdělení (a přejmenování) TCP, na:

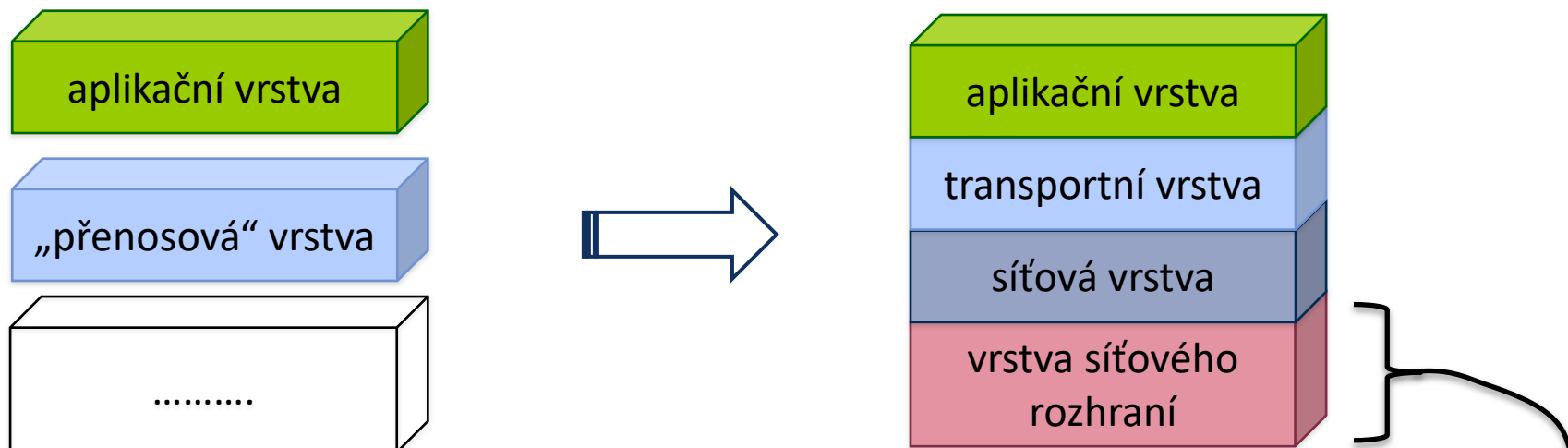
- transportní protokol **TCP** (Transmission Control **Protocol**)
- síťový protokol **IP** (Internetwork Protocol)

pro zdůraznění tohoto kroku se začalo hovořit o TCP/IP



- původní TCP (do verze 2) fungoval pouze spolehlivě a spojovaně
 - to nebylo vhodné pro aplikace preferující nespolehlivost
 - v podmínkách vyšší chybovosti nelze spolehlivé přenosy vůbec realizovat
 - zatímco při nespolehlivém přenosu se přenese „aspoň něco“
 - to nebylo vhodné pro multimediální aplikace vyžadující pravidelnost doručování
 - zatímco snahy o zajištění spolehlivosti vnáší do přenosu nepravidelnosti
 - svými snahami o opakování přenosu
 - bylo to proti logice:
 - je to „složitý“ způsob fungování, na kterém sice lze dále stavět „jednoduché“ mechanismy - ale není to efektivní
 - výhodnější je „jednoduchý“ způsob fungování, na kterém lze dále stavět „složitější“ mechanismy podle skutečných potřeb
- důsledek:
 - přenosové mechanismy na nižších vrstvách by měly být spíše „jednodušší“
 - proto je protokol IP nespolehlivý a nespojovaný, best effort
 - přenosové mechanismy na vyšších vrstvách již mohou být „složitější“
 - proto je protokol TCP spolehlivý a spojovaný (a také best effort)

- TCP/IP vznikal „obráceně“ oproti RM ISO/OSI
 - nejprve byly připraveny konkrétní protokoly
 - a teprve z nich vyplývala představa o vrstvách
- teprve po rozdělení TCP na TCP/IP se představa o vrstvách ustálila do dnešní podoby
- „stabilizoval“ se síťový model TCP/IP



- důsledek důrazu na internetworking (propojování sítí):
 - TCP/IP nezasahuje to toho, jak fungují jednotlivé sítě, které propojuje
 - proto: „*nepokrývá to, co je pod síťovou vrstvou*“
 - nedefinuje protokoly, spadající do vrstvy síťového rozhraní

- připomenutí:
 - v únoru 1978 navrženo rozdělení TCP a IP
- v srpnu 1978:
 - **TCP a IP verze 4** dodnes používaná verze
 - standard publikován jako dokument IEN
 - Internet Experiment Note
 - IP původně ještě jako „Internetwork Protocol“
 - od roku 1981 (RFC 791) již jako **Internet Protocol**
- v lednu 1979:
 - **UDP (User Datagram Protocol)**
 - jako jednoduchá a lehká nadstavba nad IP
 - funguje stejně: **nespolehlivě, nespojovaně**, stylem **best effort**
 - autor: David P. Reed z MIT
 - standard publikován jako IEN 71
 - 28.9.1980 jako RFC 768
 - který „vydržel až dodnes“, nemusel být měněn



aplikační protokoly



transportní v.



síťová v.

„co je k dispozici“

vrstva
síťového
rozhraní

aplikační protokoly



transportní v.



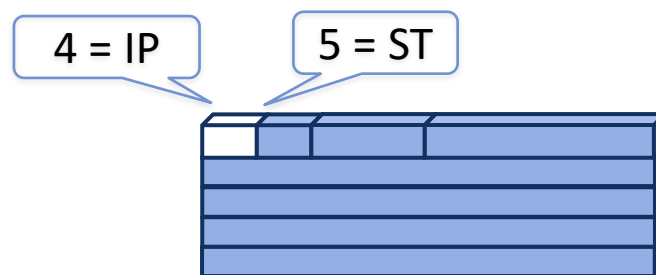
síťová v.

„co je k dispozici“

vrstva
síťového
rozhraní

existovalo IP verze 5 ???

- připomenutí:
 - protokol IP (Internet Protocol) je nespolehlivý a nespojovaný
 - jeho nespojovaný charakter nevyhovuje multimedialním aplikacím
- 1979: vzniká návrh **spojované** alternativy k protokolu IP
 - **ST (Internet Stream Protocol)**
 - měl fungovat na síťové vrstvě (paralelně k nespojovanému IP)
 - měl vycházet vstříc potřebám přenosu hlasu
 - tehdy: packetized voice (dnes: Voice over IP)
 - byl to experimentální protokol
 - poprvé definovaný v IEN-119 (Internet Experiment Note, 1979)
 - později zdokonalený jako ST-II (RFC 1190, říjen 1990)
 - a jako ST 2+ (RFC 1819, srpen 1995)
- ST se v běžné praxi nepoužíval
 - zůstal vždy jen experimentální
 - ani nebyl nikdy „komerčně“ implementován



- pro rozlišení ST paketů od IP datagramů dostal ST číslo verze 5
 - **ale nikdy nebyl prezentován jako IPv5 !**
 - nicméně tím zabránil tomu, aby někdy vzniklo nějaké jiné IPv5
 - a nový IP protokol už musel vzniknout jako IPv6 !!!!!

shrnutí: milníky v historii TCP/IP

- 7.4.1969: vydáno RFC 1
- 5.12.1969: ARPANET má 4 uzly
- 1973:
 - TCP verze 1
- březen 1977:
 - TCP verze 2
- únor 1978:
 - návrh na rozdělení TCP a IP
- srpen 1978:
 - TCP a IP verze 4
- leden 1979:
 - UDP
- září 1981:
 - TCP a IPv4 publikovány jako RFC
 - RFC 791 (TCP) a 793 (IP)
- 1.1.1983:
 - konec NCP v ARPANETu
 - nadále už jen pomocí TCP/IP
- říjen 1972: vzniká IWG
 - Internetworking Working Group
- 1979: založeno ICCB
 - Internet Configuration Control Board
- září 1984: vznik IAB (místo ICCB)
 - Internet Activities Board
- 1984: první implementace DNS
- 1986: vzniká IETF a IRTF
- 1989: vzniká IANA
- 1992: vzniká ISOC
- 1994: založeno konsorcium W3C
- 1995: zveřejněno IPv6
- 18.9.1998: založen ICANN