Počítačové sítě, v. 3.1

Katedra softwarového inženýrství,
Matematicko-fyzikální fakulta,
Univerzita Karlova, Praha

Lekce 7: Techniky přenosu dat

Jiří Peterka, 2005

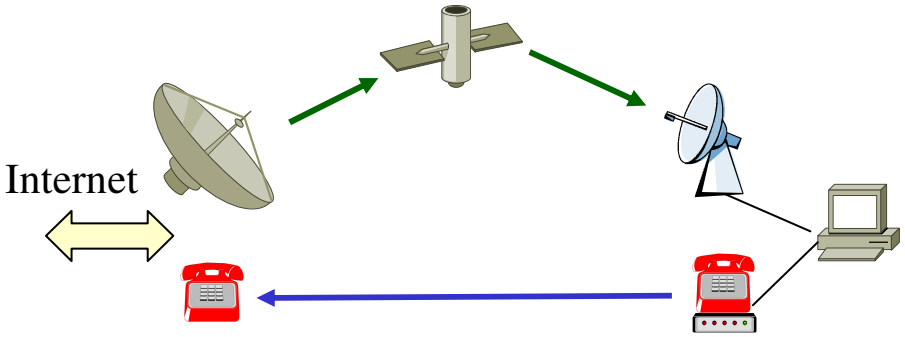
Co jsou "techniky přenosu dat"?

- obecně:
  - všechno, co se týká samotného přenosu dat
    - způsoby, postupy, ….
- patří sem:
  - paketový přenos
    - přenos dat na principu přepojování paketů – bylo dříve
      - první přednáška, jako jedno ze základních "paradigmat"
    - podobně: přenos buněk, přenos na principu přepojování okruhů
  - spolehlivý a nespolehlivý přenos
  - spojovaný a nespojovaný přenos
  - přenos "best effort" a s QoS
    - vše bylo dříve (1. přednáška)
- dále také:
  - simplexní, duplexní a poloduplexní přenos
    - jak je to s přenosem v různých směrech
  - asynchronní, arytmický a synchronní přenos
    - jak je to se vzájemnou synchronizací příjemce a odesilatele
  - izochronní přenos
    - je přenos v reálném čase?
  - zajištění transparence dat
    - kdy jsou přenášená data příkazy a kdy "čistá data"
  - framing (zajištění synchronizace na úrovni rámců, paketů, buněk, …)
    - jak správně rozpoznávat celé rámce, pakety …
  - detekce chyb
  - zajištění spolehlivosti přenosu
  - řízení toku

Simplex, duplex, poloduplex

- týká se možnosti přenosu v obou směrech
- (plně) duplexní přenos:
  - je možný v obou směrech, a to současně
- poloduplexní přenos:
  - je možný v obou směrech, ale nikoli současně
- simplexní přenos:
  - je možný jen v jednom směru
  - příklady:
    - optické vlákno bez WDM
    - digitální TV vysílání systémem DVB-T
    - obecně R a TV vysílání, jednosměrné satelitní přenosy
- týká se komunikace obecně:
  - nejde jen o to, co umožňuje přenosové médium
  - jde také o způsob využití
    - nad plně duplexní přenosovou cestou lze komunikovat např. jen poloduplexně
      - stylem: otázka - odpověď

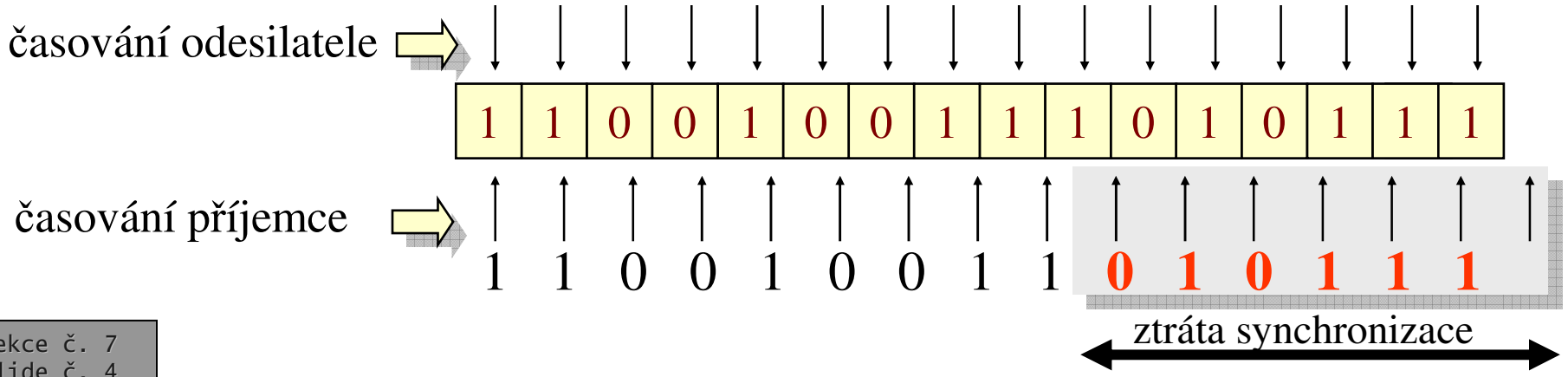
- další varianty:
- semiduplex (dusimplex): když je přenos každým z obou směrů realizován jinak
  - na jiných frekvencích, jinou cestou, jinou technologií
  - příklady:
    - jednosměrné satelitní připojení k Internetu
      - technologie DirecTV, zpětný kanál realizován "pozemní" cestou



- asymetrický přenos:
  - když jsou (maximální, nominální) rychlosti v obou směrech různé
  - příklad:
    - ADSL (Asymmetric DSL),
      - poměr rychlostí daný technologií je cca 1:10
      - poměr rychlostí v rámci komerčních nabídek je (dnes) 1:4

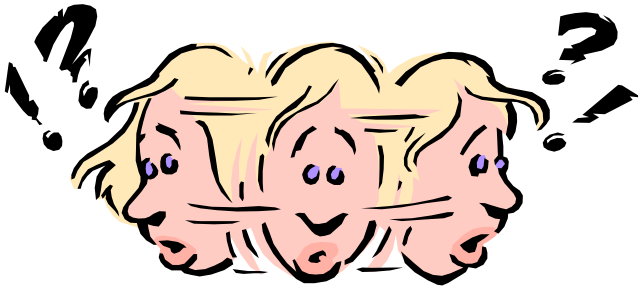
problematika synchronizace

- každý bit je přenášen v rámci určitého bitového intervalu
  - tj. přenos bitu není "okamžitý", ale trvá určitou dobu (bitový interval)
  - přenášená data reprezentuje stav signálu během bitového intervalu
- příjemce vyhodnocuje stav přenášeného signálu "někde" v rámci bitového intervalu
  - rozhodující je okamžik vyhodnocení signálu
  - na základě vyhodnocení okamžitého stavu signálu pak usuzuje na to, jaká data jsou přenášena
- problém synchronizace:
  - příjemce se musí "strefit" do správného bitového intervalu
    - jinak přijme nesmyslná data
- zjednodušení:
  - odesilatel i příjemce odměřují odesílaná data podle vlastních hodinek.
  - *tyto hodinky musí "tikat" dostatečně souběžně (synchronně)*
    - musí být tzv. v synchronizaci

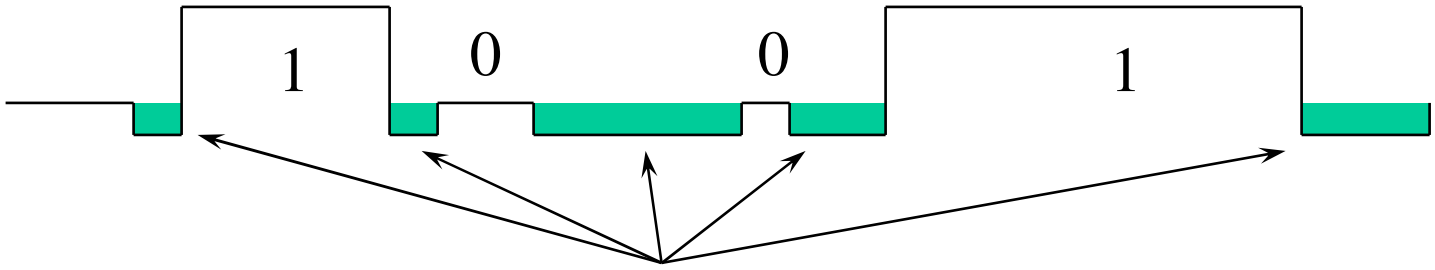


Asynchronní přenos

- jeden z možných způsobů zajištění synchronizace
- a-synchronní = zcela postrádá jakoukoli synchronizaci
  - bitový interval nemá konstantní délku
  - začátek i konec každého bitového intervalu musí být explicitně vyznačen
    - je k tomu potřebná alespoň tříhodnotová logika



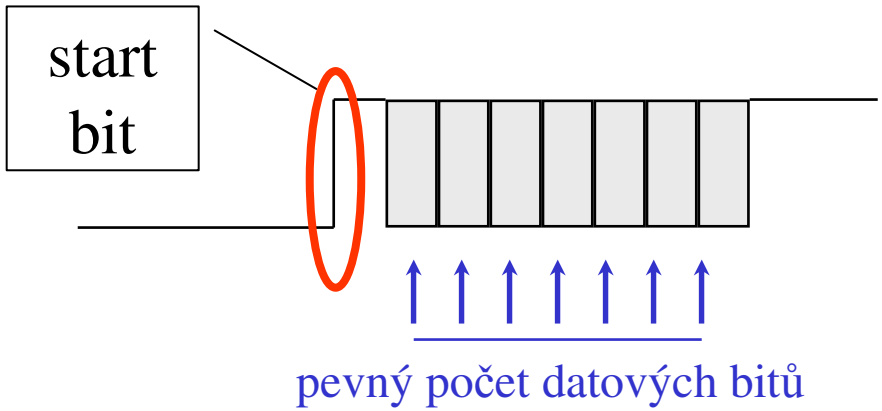
- terminologický problém:
  - když se dnes řekne "asynchronní", nemyslí se tím tato varianta !!!
    - ale to, co je správně označováno jako "arytmické" !!!
  - tato varianta se dnes prakticky nepoužívá



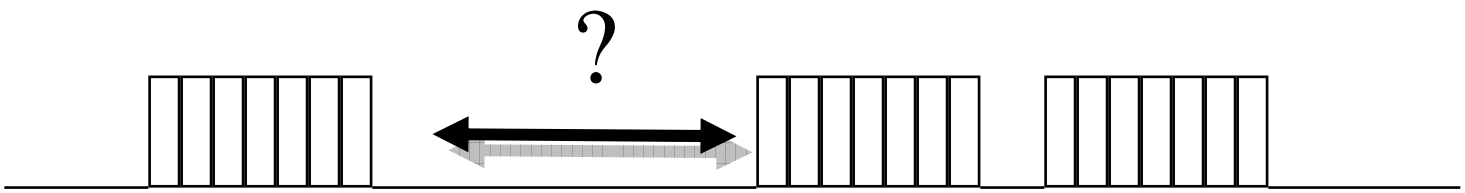
oddělovače bitových intervalů

Arytmický přenos

- arytmický přenos:
  - snaží se přenášet celé skupiny bitů, tvořící tzv. znaky
    - 4 až 8 bitů (dnes spíše 8 bitů)
  - na začátku každého znaku je tzv. start-bit
    - slouží k tomu, aby si příjemce "seřídil své hodinky"
    - předpoklad:
      - po seřízení na začátku každého znaku budou hodinky příjemce "tikat" po celou dobu trvání daného znaku
      - tj. příjemce bude správně vyhodnocovat jednotlivé bity v rámci znaku



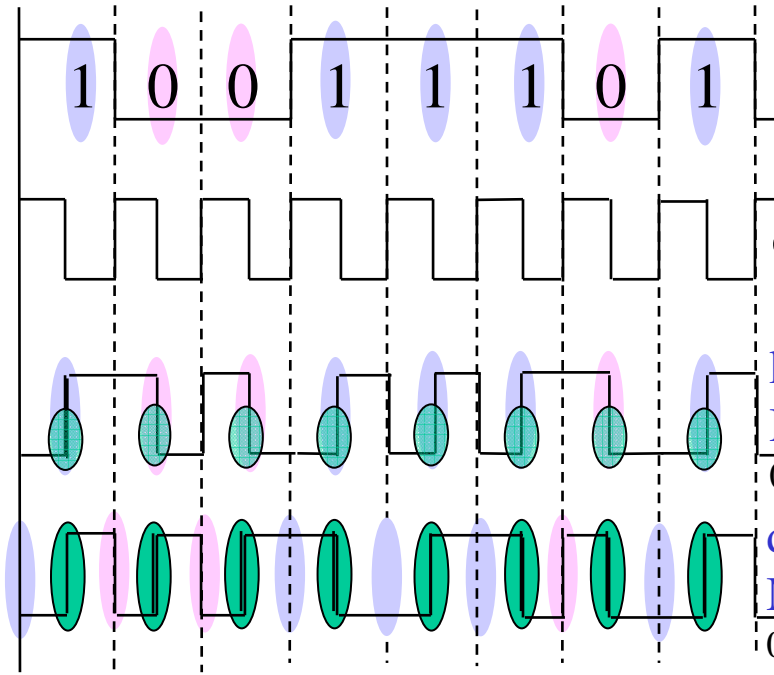
  - časové prodlevy mezi jednotlivými znaky mohou být různě velké !!!
    - proto a-rytmický přenos: chybí mu rytmus přenosu jednotlivých znaků
    - během prodlevy mezi znaky se hodinky příjemce mohou libovolně "rozejít"
      - na začátku dalšího znaku budou znovu "zasynchronizovány" pomocí start bitu



Synchronní přenos

- synchronní přenos:
  - synchronizace je udržována trvale
  - přenáší se celé souvislé bloky dat
    - libovolně velké!!
  - synchronizace se udržuje po celou dobu přenosu souvislého bloku
    - někdy se udržuje i mezi bloky
    - jindy se mezi bloky neudržuje
      - hodinky odesilatele i příjemce se se mezi bloky mohou "rozejít", a na začátku nového bloku se zase "zasynchronizovat"
- výhody:
  - synchronní přenos je obecně rychlejší než asynchronní a arytmický
    - používá se na vyšších rychlostech
- způsob zajištění trvalé synchronizace:
  - bloky jsou libovolně dlouhé = již není možné se spoléhat na to, že hodinky příjemce "vydrží"
    - a "nerozejdou se" během přenosu bloku
- synchronizaci je třeba udržovat průběžně
  - průběžně seřizovat hodinky příjemce během celého přenosu
  - možnosti:
    - skrze samostatný "synchronizační" (časovací) signál
      - přenáší "tikání" hodinek odesilatele
      - příliš nákladné, samostatný signál není k dispozici
    - skrze redundantní kódování
      - zahrnutí časového signálu do kódování jednotlivých bitů
      - příklad: kódování Manchester
    - synchronizací z dat

Příklad – časování spolu s daty

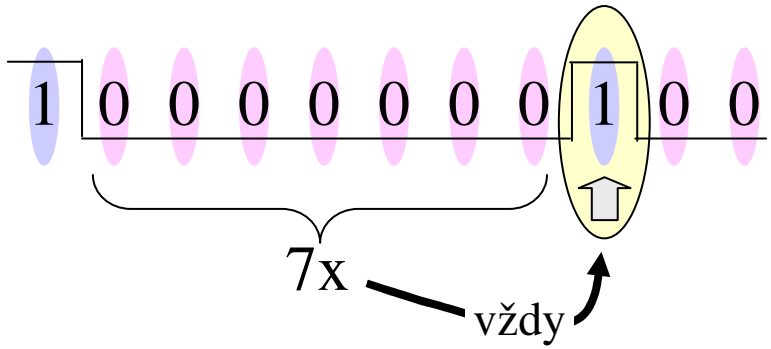


- představa:
  - časování se smíchá s daty
    - sloučí (sečte) se datový a časovací signál
  - příjemce využije "časovací část" pro průběžné seřizování svých hodinek
- nevýhoda:
  - modulační rychlost (i šířka pásma) je 2x vyšší než přenosová rychlost !!!
    - na 1 bit jsou 2 změny signálu

- příklad: kódování Manchester (např u Ethernetu)
  - uprostřed každého bitového intervalu je vždy hrana, která "nese" data (svou polaritou)
  - současně tato hrana může sloužit i pro potřeby synchronizace
    - vyskytuje se vždy, bez ohledu na hodnotu dat
- příklad: kódování "diferenciální Manchester" (např. u Token Ringu)
  - uprostřed každého bitového intervalu je hrana, slouží pouze potřebám časování
  - data "nese" hrana/absence hrany na začátku bitového intervalu
    - data nesdílí stejnou hranu s časováním !!!

Příklad: synchronizace z dat

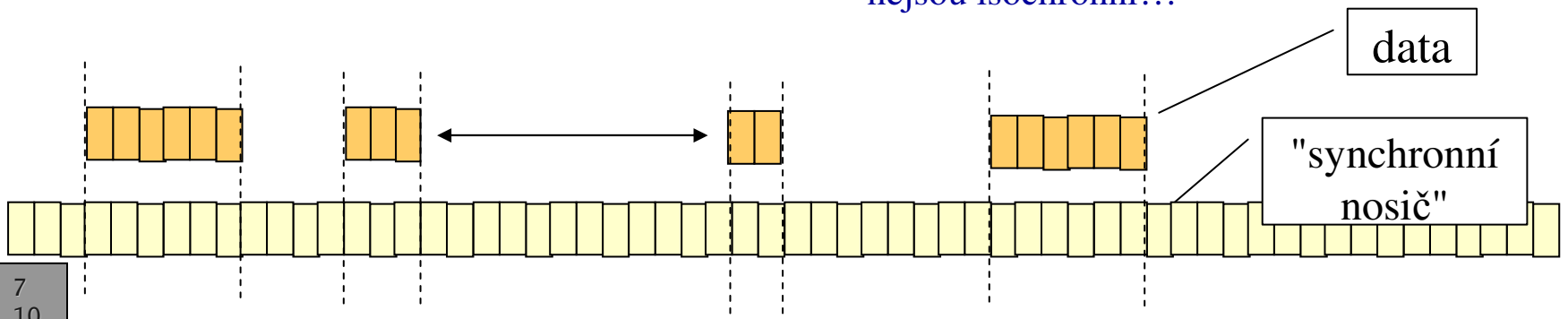
- myšlenka:
  - přenášený signál nebude obsahovat žádné časování
  - příjemce si průběžně seřizuje hodinky podle datových bitů
    - v okamžiku výskytu hrany která signalizuje bit
- problém:
  - mohou se vyskytnout dlouhé posloupnosti bitů, které negenerují žádnou změnu přenášeného signálu
    - hodinky příjemce by mohly ztratit synchronizaci
- řešení:
  - technika bit-stuffing (vkládání bitů)
    - pokud by se vyskytla příliš dlouhá sekvence bitů, která by mohla způsobit ztrátu synchronizace, odesilatel vloží do odesílaných dat vhodný bit, který vyvolá hranu
      - a příjemce ji zase odstraní
    - používá se i jinde
      - pro tzv. framing, u bitově orientovaných protokolů



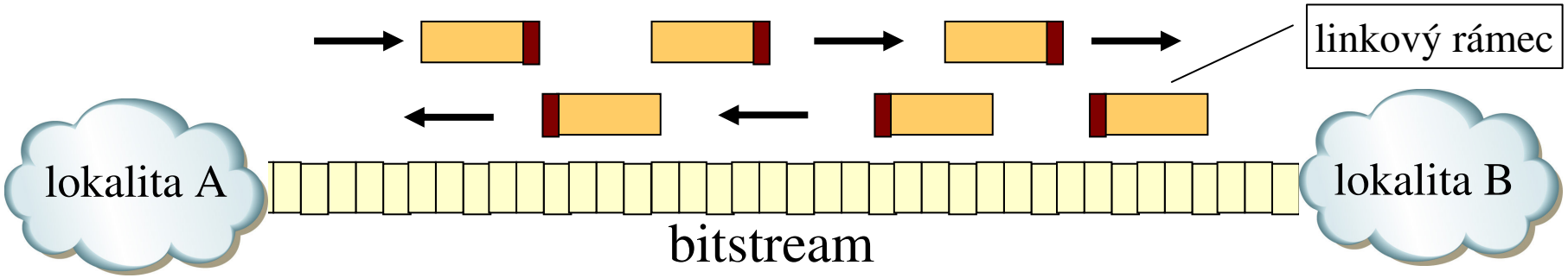
- příklad (techniky bit-stuffing):
  - je známo, že hodinky příjemce "vydrží" 7 bitových intervalů bez synchronizace
    - při 8 a více by se již rozešly
  - řešení:
    - na straně odesilatele: za každou šestou (po sobě jdoucí) nulu zařadí jeden jedničkový bit
    - na straně příjemce: po každých 7 souvislých nulách smaže následující jedničku
  - "spotřeba"
    - zvyšuje se tím počet přenesených bitů,
    - již to není 1 bit = 1 změna přenášeného signálu
    - ale je to velmi blízko (limitně rovno)

isochronní přenos

- isochronní:
  - = "probíhající ve stejném čase"
  - vhodné (nutné) pro multimediální přenosy
    - obraz, zvuk
  - může být určité přenosové zpoždění
    - např. až 500 ms
  - ale je požadována vysoká pravidelnost !!
    - přenosové zpoždění je konstantní a nemění se !!!
- důsledky "isochronnosti":
  - data mají zaručeno, za jak dlouho se dostanou ke svému cíli
    - nemusí to být "ihned", ale je to pravidelně
- představa:
  - jdou to asynchronní data, vkládaná do synchronního přenosového mechanismu
    - například do časových slotů, event. přímo do bitových intervalů
  - podstatné je:
    - mezi jednotlivými "částmi" (asynchronních) dat jsou vždy celistvé násobky prázdných slotů intervalů)
- příklady:
  - přepojování okruhů je (může být) isochronní
  - časový multiplex (TDM) zachovává isochronní charakter
  - statistický multiplex a přepojování paketů nejsou isochronní!!!



bitstream (bitový proud)

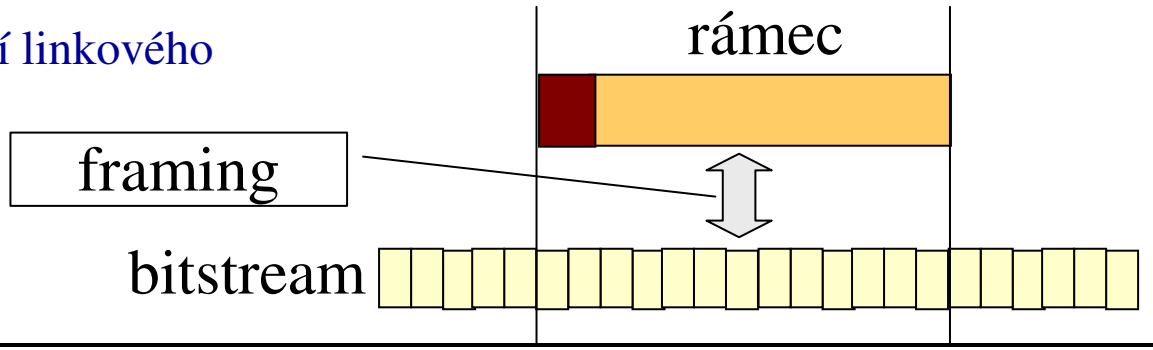


- tzv. bitstream (bitový proud) je telekomunikační služba
  - synchronní přenos bitů mezi dvěma lokalitami
  - má konstantní přenosovou rychlost
    - a konstantní přenosové zpoždění
- lze jej chápat jako službu fyzické vrstvy
  - službu charakteru odešli/přijmi bit
  - se synchronním způsobem fungování
- bitstream (bitový proud) je vhodným "podložím" pro přenosové služby vyšších úrovní
  - nad bitovým proudem lze realizovat přenos (linkových) rámců
- nad bitovým proudem lze realizovat různé druhy přenosů:
  - paketový / best effort
  - isochronní
  - s QoS

Framing, aneb: synchronizace na úrovni .....

- synchronizace na úrovni bitů
  - jde o správné rozpoznání jednotlivých bitů (bitových intervalů)
    - to, co jsme až dosud popisovali
- synchronizace na úrovni znaků
  - jde o správné rozpoznání celých znaků (u znakově orientovaných přenosů)
    - při asynchronním (arytmickém) přenosu je to dáno start bity
    - při synchronním přenosu je nutné „odpočítávat“ bity
- synchronizace na úrovni rámců
  - alias tzv. framing
  - jde o správné rozpoznání linkového rámce
    - začátku, konce atd.

- příklady:
  - znakově orientované linkové protokoly:
    - přenáší data členěná na znaky
    - pro vyznačení začátku/konce používají speciální znaky ASCII sady
  - bitově orientované linkové protokoly:
    - přenáší data jako posloupnosti bitů
      - nečlení je na znaky
    - pro vyznačení začátku/konce využívají speciálních bitových posloupností
      - tzv. křídlových značek

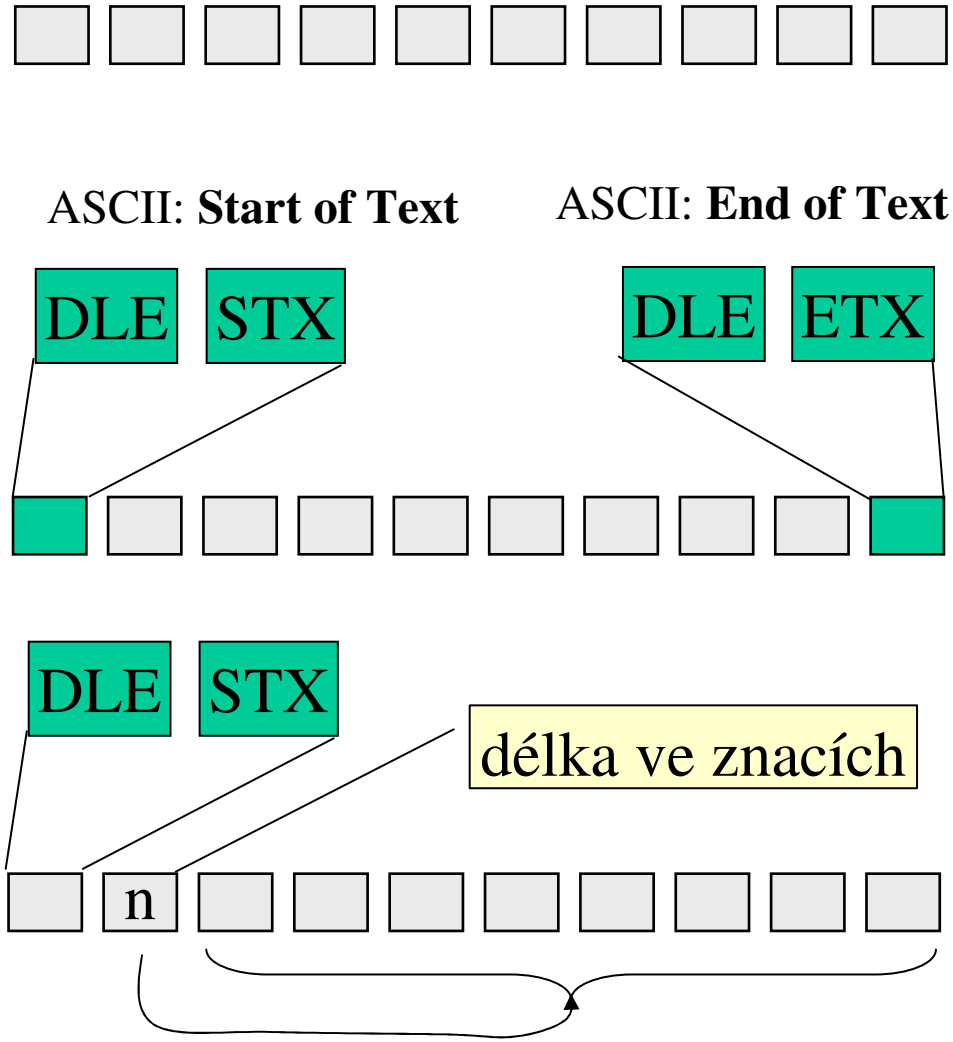


zajištění transparence dat

- související problém:
  - jak vždy spolehlivě poznat, která data jsou:
    - **řídící** (hlavičky, patičky, příkazy atd.) a mají být interpretována
    - **"užitečná data"** a nemají být nijak interpretována
- možné základní přístupy:
  - samostatné přenosové kanály pro řídící příkazy a pro data
    - někdy je možné, někdy ne
  - sloučení příkazů a dat do jednoho přenosového kanálu
    - častější
    - nutné mít schopnost rozpoznat, kdy se jedná o "užitečná data" a kdy o příkazy
- příklady řešení (se společným přenosovým kanálem):
  - prefixace speciálním ESCAPE znakem
    - před každý znak, který má mít význam řídícího znaku, se umístí speciální "escape" znak
      - např. znak DLE (Data Link Escape) ze sady ASCII
    - případný výskyt speciálního escape znaku v "užitečných datech" se řeší jeho zdvojením
      - příjemce musí druhý výskyt odstranit
    - tzv. **character stuffing**
  - prefixace speciální bitovou posloupností (tzv. křídlovou značkou)
    - používá se u bitově orientovaných protokolů, pro vyznačení začátku (a event. i konce rámce)
    - případný výskyt speciální bitové posloupnosti v užitečných datech se řeší pomocí **bit-stuffingu**

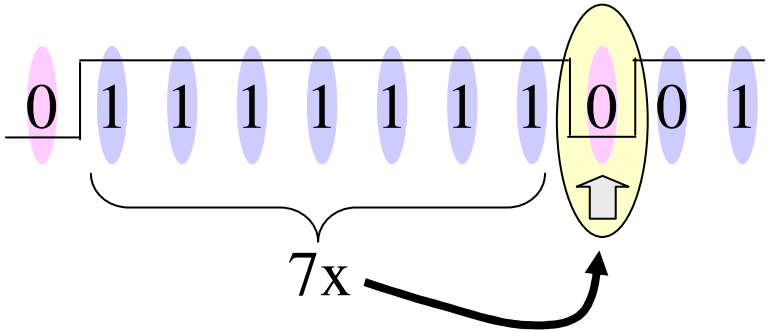
Znakově orientovaný přenos

- přenášená data jsou chápána jako posloupnost znaků
  - každý o stejném počtu bitů
- jak rozpoznat začátek a konec?
  - na začátek rámce dát speciální „uvozující“ znak, a na konec „ukončující“ znak
    - prefixovaný pomocí znaku DLE
  - na začátek rámce dát speciální "uvozující" znak, a za něj údaj o délce rámce
- příklad:
  - linkový protokol IBM BiSync
    - z roku 1964

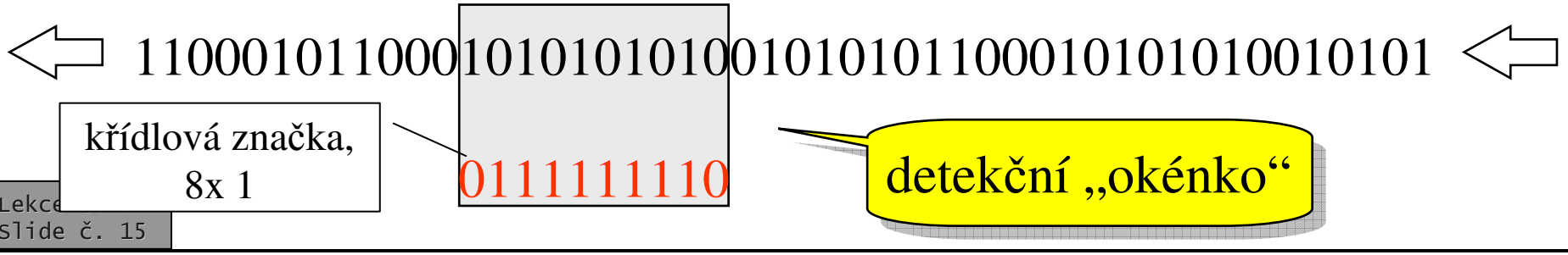


Bitově orientovaný přenos

- přenášený text je chápán jako posloupnost bitů
  - tj. přenášená data nejsou členěna na znaky
- představa:
  - v přenášeném řetězci bitů se hledá vzorek (posloupnost, značka), indikující začátek (konec)
  - tzv. křídlová značka
  - výskyt křídlové značky představuje začátek rámce
    - konec může být také označen křídlovou značkou, nebo určen údajem o délce (za úvodní křídlovou značkou)



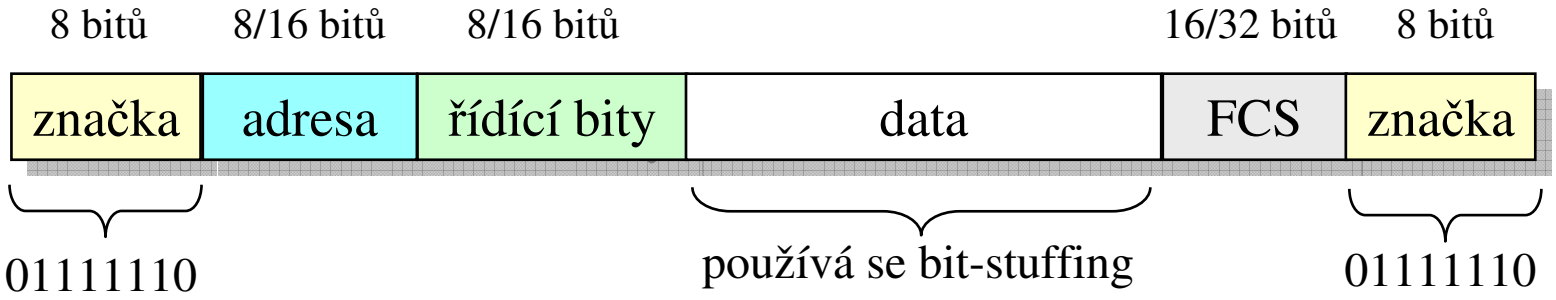
- zajištění transparence dat:
  - aby se křídlová značka nevyskytla "v datech"
- řeší se pomocí bit-stuffing
  - příklad:
    - tvoří-li křídlovou značku 8 po sobě jdoucích jedniček, pak
    - odesilatel za každých 7 po sobě jdoucích jedniček přidá 0



Bitově vs. znakově orientované protokoly

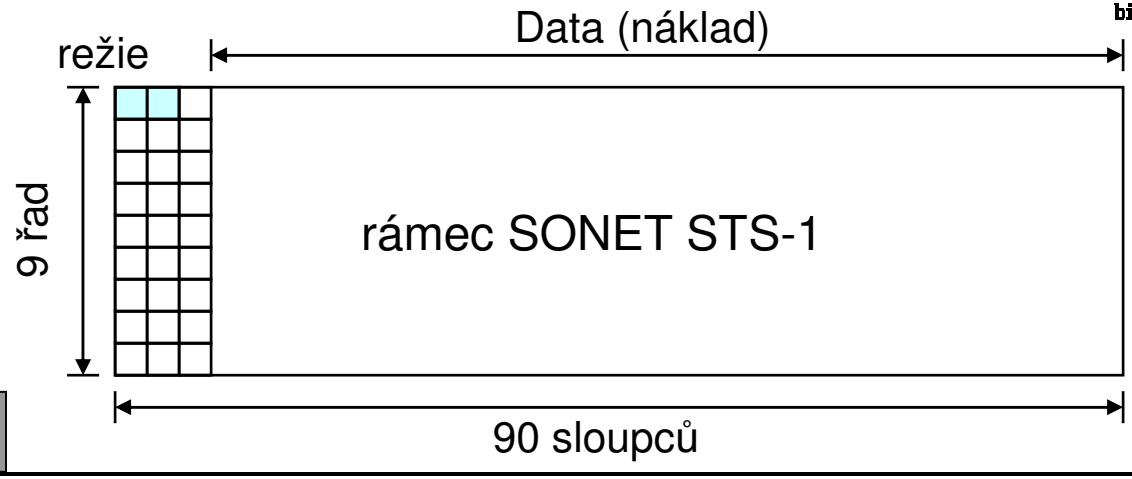
- dnes se úrovni linkové vrstvy používají téměř výlučně bitově orientované protokoly
  - kvůli nižší režii na zajištění transparence dat
  - jsou novější ….
- příklady bitově orientovaných protokolů:
  - SDLC
    - vyvinula firma IBM v roce 1975
      - první bitově orientovaný protokol
  - HDLC
    - vyvinula ISO v roce 1979 podle SDLC
      - základ všech dnešních bitově orientovaných protokolů
    - funguje poloduplexně nebo duplexně
    - lze použít na dvoubodových i vícebodových spojích
  - LAP (Link Access Protocol)
    - vyvinula ITU-T od roku 1981, podle HDLC
    - má několik verzí:
      - LAPB
        - » pro B kanály ISDN
      - LAPD
        - » pro D-kanál ISDN
      - LAPM
        - » pro modemy
  - Ethernet
    - rámce Ethernetu jsou také bitově-orientované
    - značce se říká "preambule" (preamble)
  - .....

formát rámce HDSL

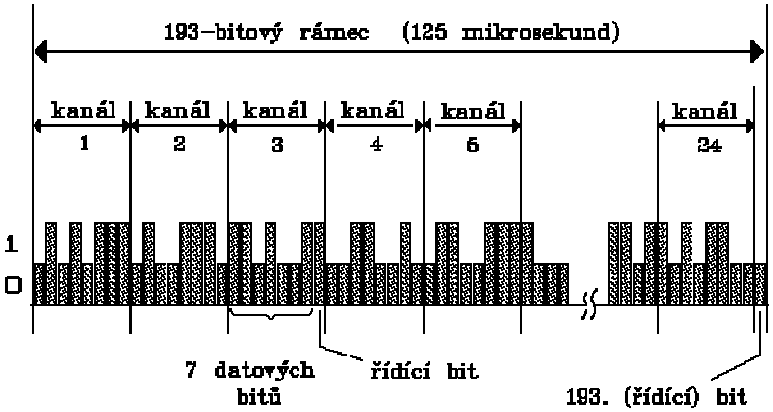


Rámce s pevnou velikostí

- v telekomunikacích se často používají rámce pevné velikosti
  - nejvíce v rámci digitálních hierarchií
    - PDH, SDH, SONET ….
  - začátek bloku (rámce) obsahuje speciální bitovou sekvenci
  - údaj o délce/konci není nutný
    - předpokládá se pevná velikost bloku !!!
  - nepoužívá se bit stuffing !!!
    - příjemce zná velikost bloku a další bitovou sekvenci hledá až po "uplynutí" bloku
- příklad: rámec SONET
  - Synchronous Optical NETworking
  - rámec má pevnou velikost 810 bytů (90 "sloupců" x 9 "řádek")



- příklad: rámec T1
  - 23x 8 bitů
    - pro 23+1 hlasových kanálů, každá z nich potřebuje přenést 8 bitů 8000x za sekundu
    - rámec T1 se musí opakovat 8000x za sekundu



- příklad: buňka ATM
  - 5 bytů hlavička
  - 48 bytů náklad

zajištění spolehlivosti

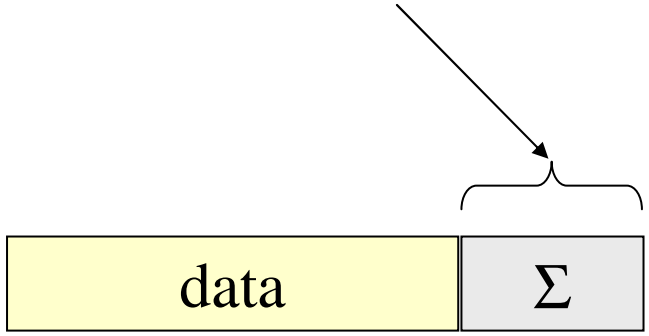
- může být realizováno na kterékoli vrstvě
  - kromě fyzické
- TCP/IP:
  - řeší se až na transportní vrstvě
    - protokol TCP
- RM ISO/OSI:
  - očekává se od všech vrstev, počínaje linkovou vrstvou
- princip a způsob realizace je v zásadě stejný na všech vrstvách
- podmínkou je schopnost detekce chyb
  - schopnost rozpoznat, že došlo k nějaké chybě při přenosu
    - musí být použit vhodný detekční mechanismus

používá se

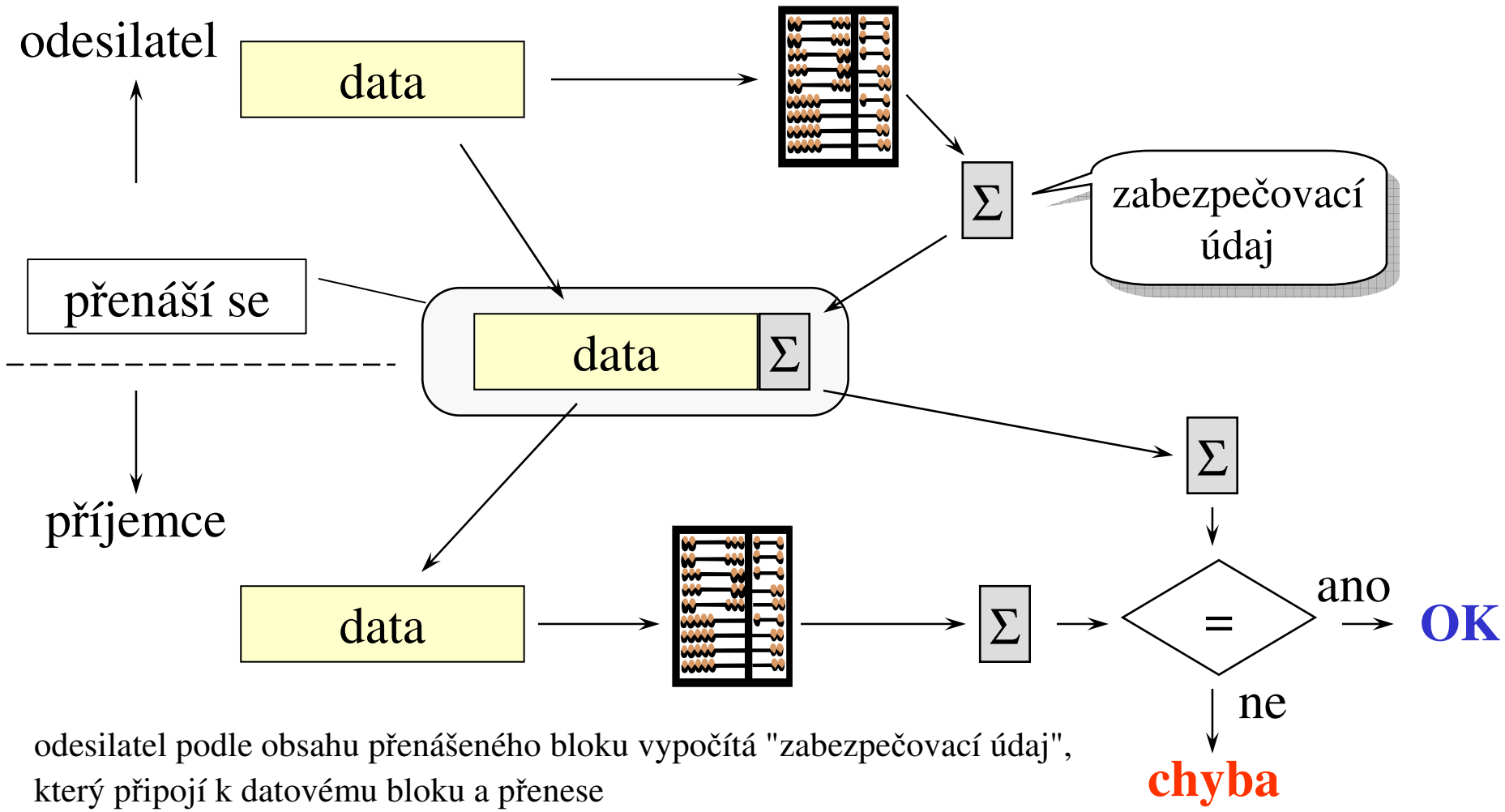
- co dělat, když se zjistí chyba při přenosu?
  - nespolehlivý přenos: nic
- spolehlivý přenos:
  - postarat se o nápravu
- možnosti:
  - použití samoopravných kódů
    - např. Hammingovy kódy
    - problémem je velká míra redundance, která zvyšuje objem přenášených dat
    - používá se jen výjimečně
  - pomocí potvrzování
    - příjemce si nechá znovu zaslat poškozená data
    - podmínkou je existence zpětné vazby / zpětného kanálu
      - alespoň poloviční duplex, aby příjemce mohl kontaktovat odesilatele

Jak řešit detekci?

- možnosti detekce chyb:
  - parita (příčná a podélná)
    - má nejmenší účinnost
  - kontrolní součty
    - lepší účinnost
  - cyklické redundantní kódy (CRC)
    - zdaleka nejlepší účinnost
- druhy chyb:
  - pozměněná data
    - některé bity jsou změněny
  - shluky chyb
    - celé větší skupiny bitů/bytů jsou změněny nebo ztraceny
  - výpadky dat
    - například ztráta celého rámce
- u synchronních protokolů:
  - stačí detekovat chybu/bezchybnost na úrovni celých rámců/paketů
    - kvůli možnost vyžádat si opakované vyslání
      - to se dělá pro celé bloky
  - informaci o chybě v určitém bytu by nebylo možné využít
    - stejně by se znovu přenesl celý rámec/paket
- obecná představa:
  - k přenášeným datům se připojí "zabezpečovací údaj"



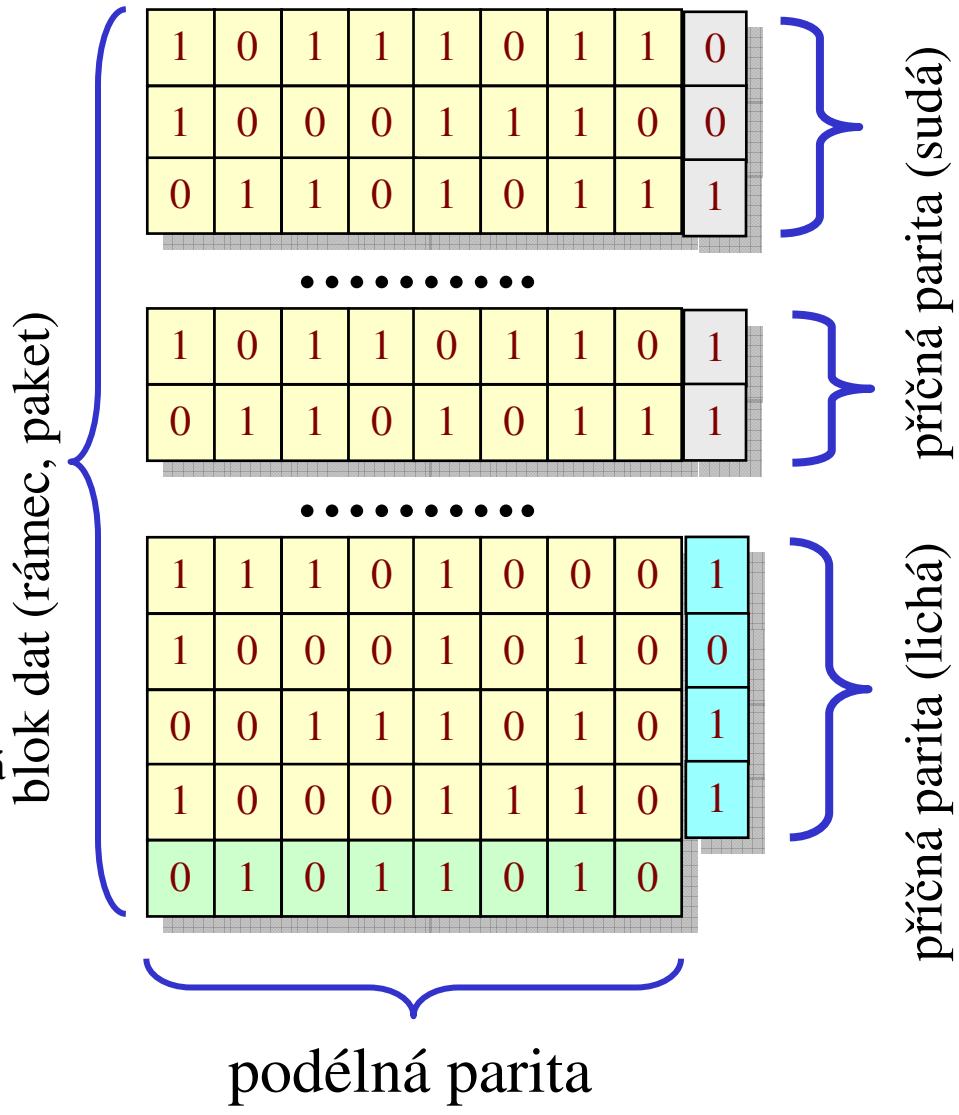
Obecná představa



- odesilatel podle obsahu přenášeného bloku vypočítá "zabezpečovací údaj", který připojí k datovému bloku a přenese
- příjemce znovu vypočítá "zabezpečovací údaj" (stejným postupem) a porovná jej s přijatým zabezpečovacím údajem

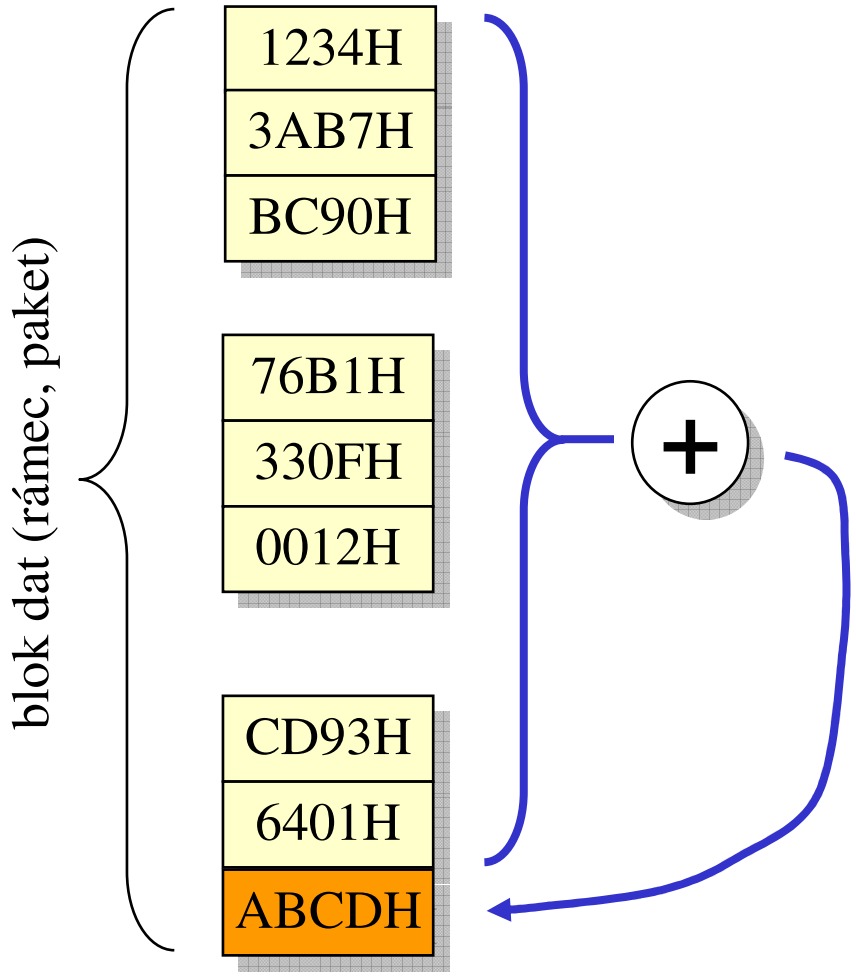
Parita

- paritní bit
  - bit přidaný navíc k datovým bitům
  - sudá parita:
    - paritní bit je nastaven tak, aby celkový počet 1 byl sudý
  - lichá parita:
    - … aby byl lichý
  - jedničková parita:
    - paritní bit pevně nastaven na 1
      - nemá zabezpečující efekt
  - nulová parita
    - … nastaven na 0
- příčná parita:
  - po jednotlivých bytech/slovech
    - informace o tom, který byte (slovo) je poškozen, je nadbytečná
      - stejně se znovu posílá celý blok (rámec, paket)
- podélná parita:
  - parita ze všech stejnolehlých bitů všech bytů/slov



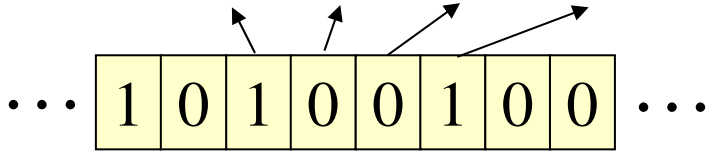
Kontrolní součet

- jednotlivé byty/slova/dvojslova tvořící přenášený blok se interpretují jako čísla a sečtou se
- výsledný součet se použije jako zabezpečovací údaj
  - obvykle se použije jen část součtu, například nižší byte či nižší slovo
- alternativa:
  - místo součtu se počítá XOR jednotlivých bitů
- účinnější než parita
  - ale stále je "míra zabezpečení" příliš nízká

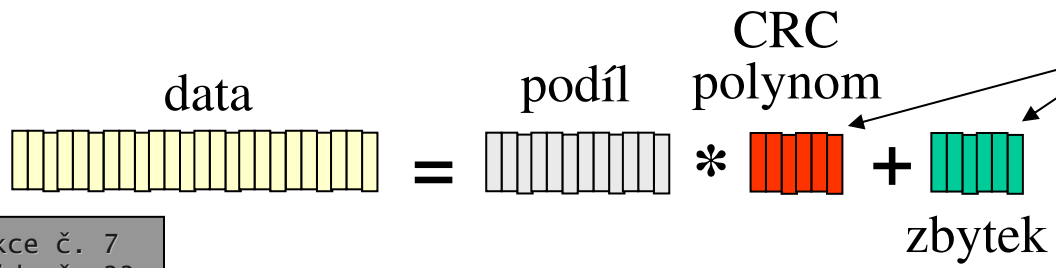


CRC – Cyclic Redundancy Check

- posloupnost bitů, tvořící blok dat, je interpretována jako polynom
  - polynom nad tělesem charakteristiky 2, kde jednotlivé bity jsou jeho koeficienty
    - …. + **1**.x^{14} + **0**.x^{13} + **0**.x^{12} + **1**.x^{11} + …



- tento polynom je vydělen jiným polynomem
  - např. CRC-16: $x^{16} + x^{15} + x^2 + 1$
- výsledkem je podíl a zbytek
  - v roli zabezpečení se použije zbytek po dělení charakteristickým polynomem
    - chápaný již jako posloupnost bitů

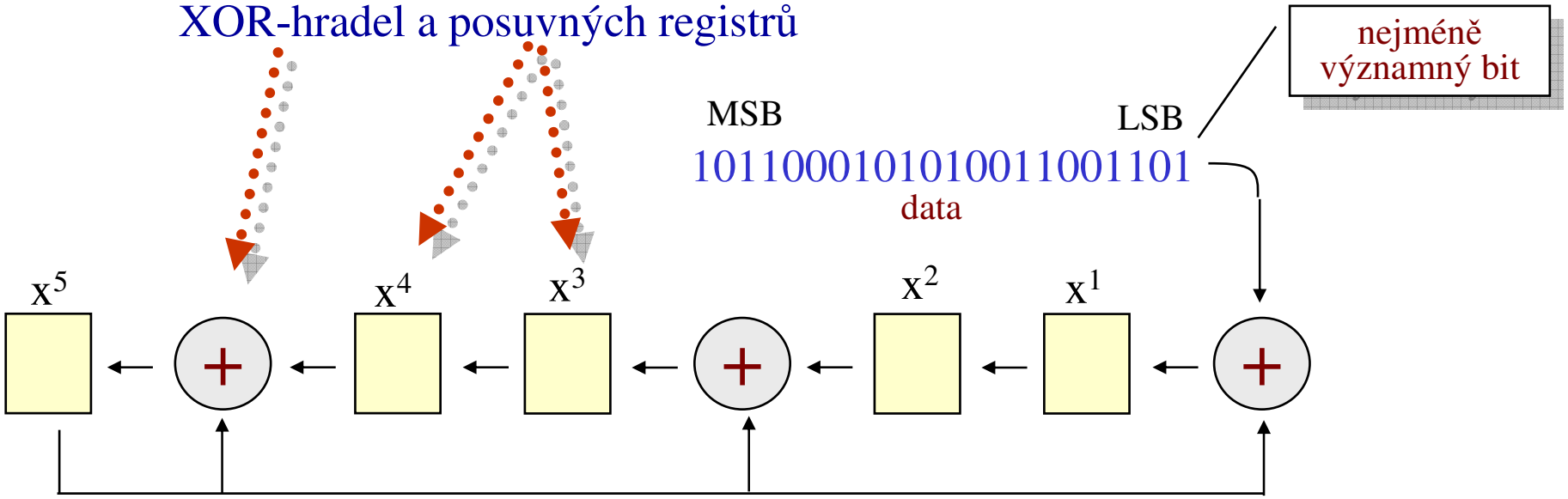


- schopnosti detekce jsou "vynikající":
  - všechny shluky chyb s lichým počtem bitů
  - všechny shluky chyb do velikosti n bitů
    - kde n je stupeň charakteristického polynomu
  - všechny shluky chyb velikosti > n+1 s pravděpodobností 99.99999998%
    - CRC-32

používá se CRC v rozsahu 16 bitů nebo 32 bitů

Výpočet CRC

- spolehlivost CRC kódů se opírá o silné teoretické výsledky z algebry
- samotný výpočet CRC-kódu (zbytku po dělení) je velmi jednoduchý
  - a může být snadno implementován v HW, pomocí XOR-hradel a posuvných registrů

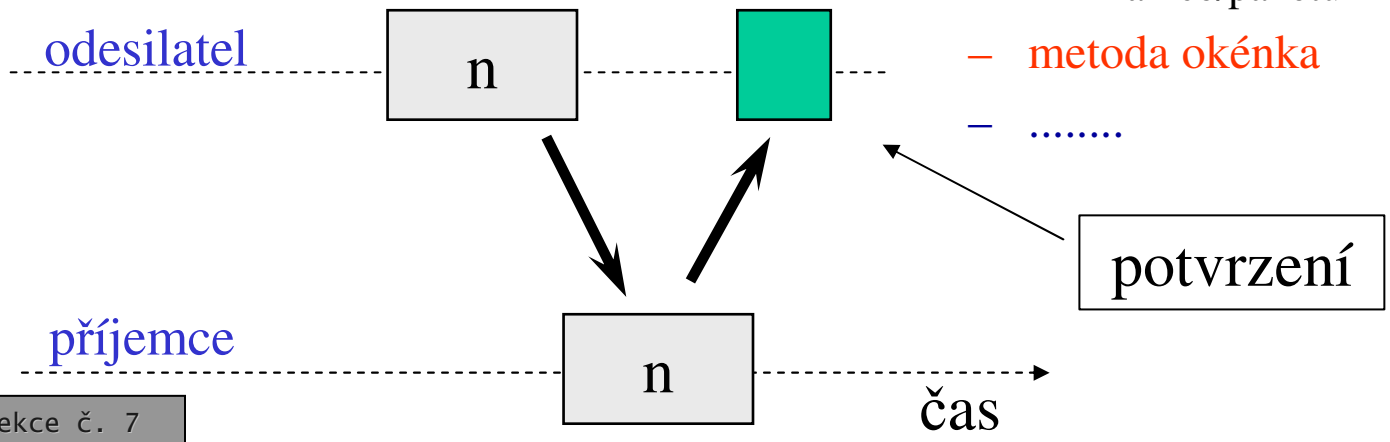


(charakteristický polynom je $x^5 + x^4 + x^2 + 1$)

Potvrzování (acknowledgement)

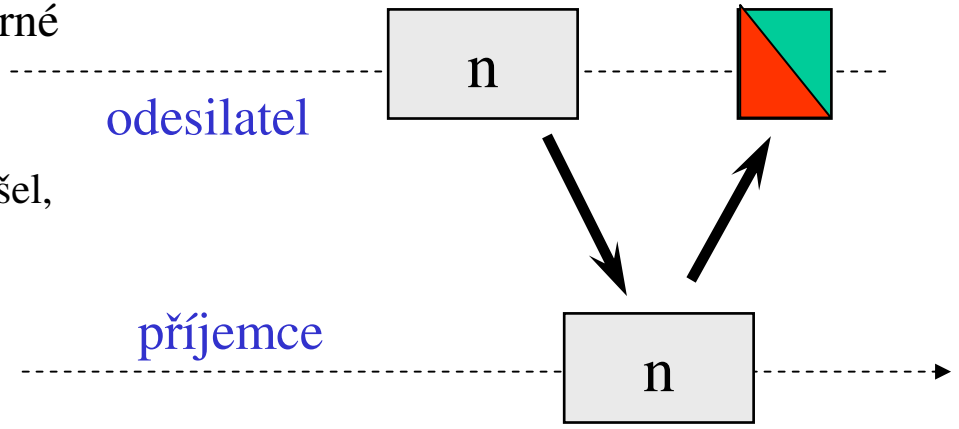
- jde o obecnější mechanismus, který slouží (může sloužit) více účelům současně:
  - zajištění spolehlivosti
    - umožňuje, aby si příjemce vyžádal opakované zaslání poškozeného rámce
  - řízení toku
    - aby příjemce mohl regulovat tempo, jakým mu odesilatel posílá data

- existuje více možných způsobů jak realizovat potvrzování:
  - kladné a záporné potvrzování
    - potvrzují se správě resp. chybně přijaté bloky
  - jednotlivé a kontinuální potvrzování
    - podle toho, zda odesilatel vždy čeká na potvrzení nebo odesílá "do foroty"
  - samostatné a nesamostatné potvrzování
    - zda potvrzení cestuje jako samostatný rámec/paket, nebo je vnořeno do datového rámce/paketu
  - metoda okénka
  - .....

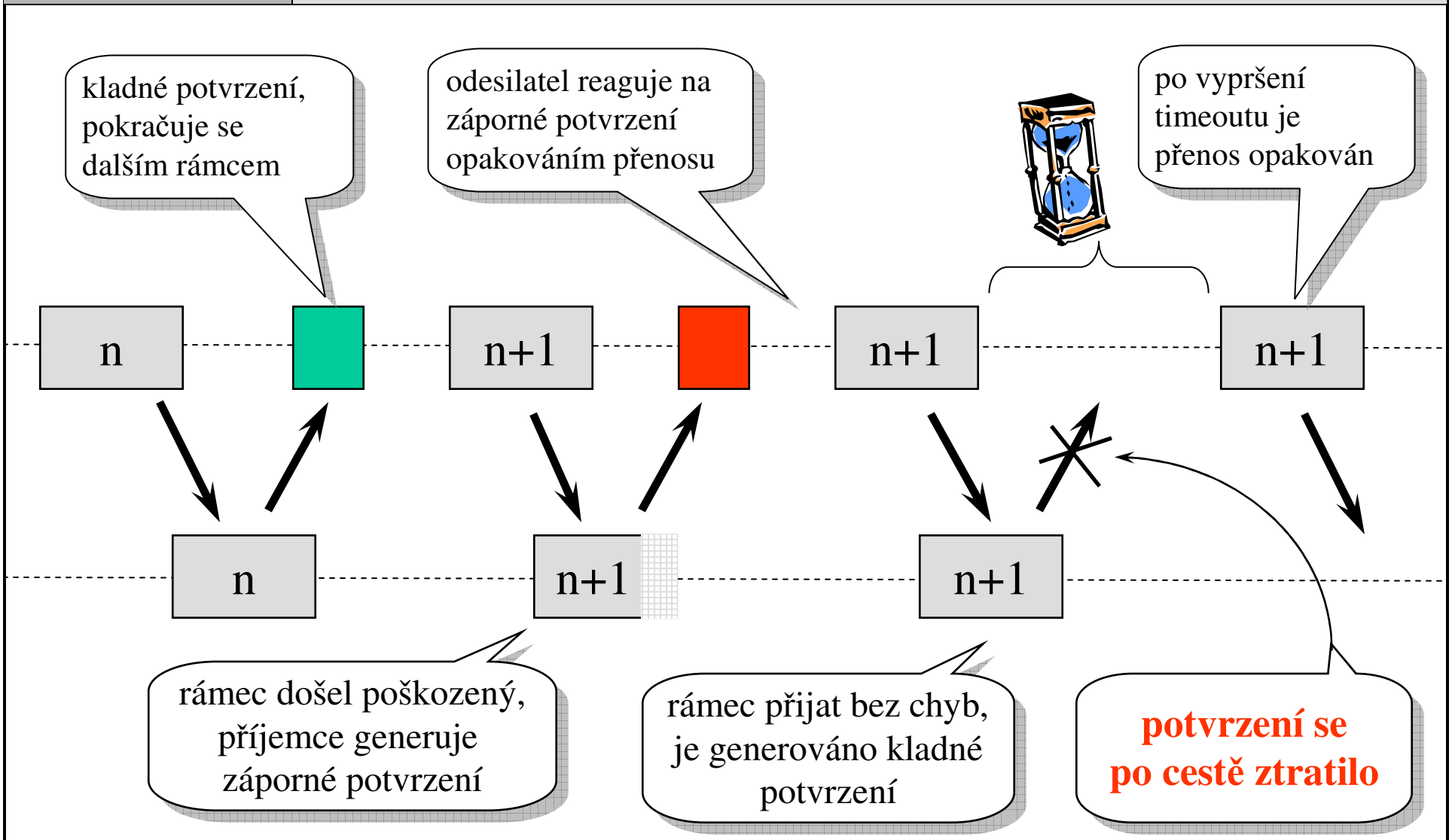


Stop&Wait ARQ

- jde o samostatné jednotlivé potvrzování
  - samostatné = potvrzení je přenášeno jako samostatný (řídící) blok
  - jednotlivé = potvrzován je každý jednotlivý rámec/paket
    - **kladně:** že došel v pořádku
    - **záporně:** že došel, ale nebyl v pořádku
    - **timeout:** když potvrzení nepřijde do předem stanoveného intervalu (interpretuje se stejně jako záporné potvrzení)
      - možné příčiny:
        - » rámec/paket vůbec nedošel, příjemce neví že by měl něco potvrdit
        - » ztratilo se potvrzení
- průběh:
  - odesilatel odešle datový rámec a čeká na jeho potvrzení (kladné či záporné)
    - tj. další rámce ještě neodesílá
  - příjemce odešle potvrzení
    - kladné nebo záporné
  - podle druhu potvrzení odesilatel buď opakuje přenos téhož rámce, nebo vyšle další rámec
    - nebo čeká na vypršení timeoutu, které interpretuje stejně jako záporné potvrzení

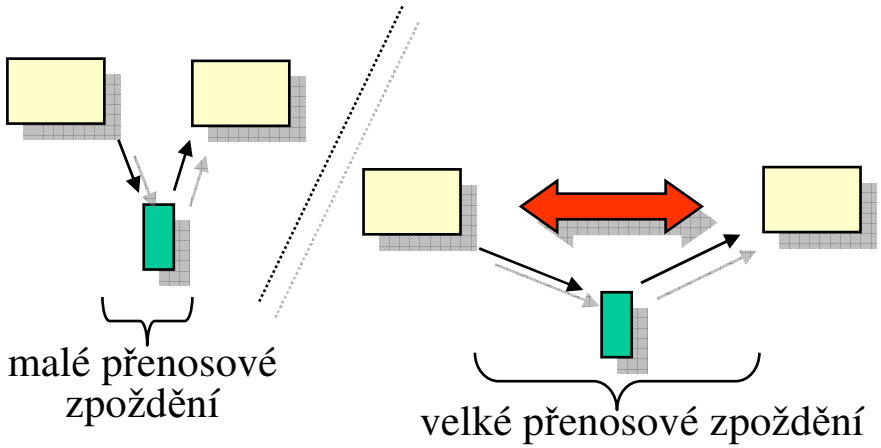


Příklad (stop & wait ARQ)



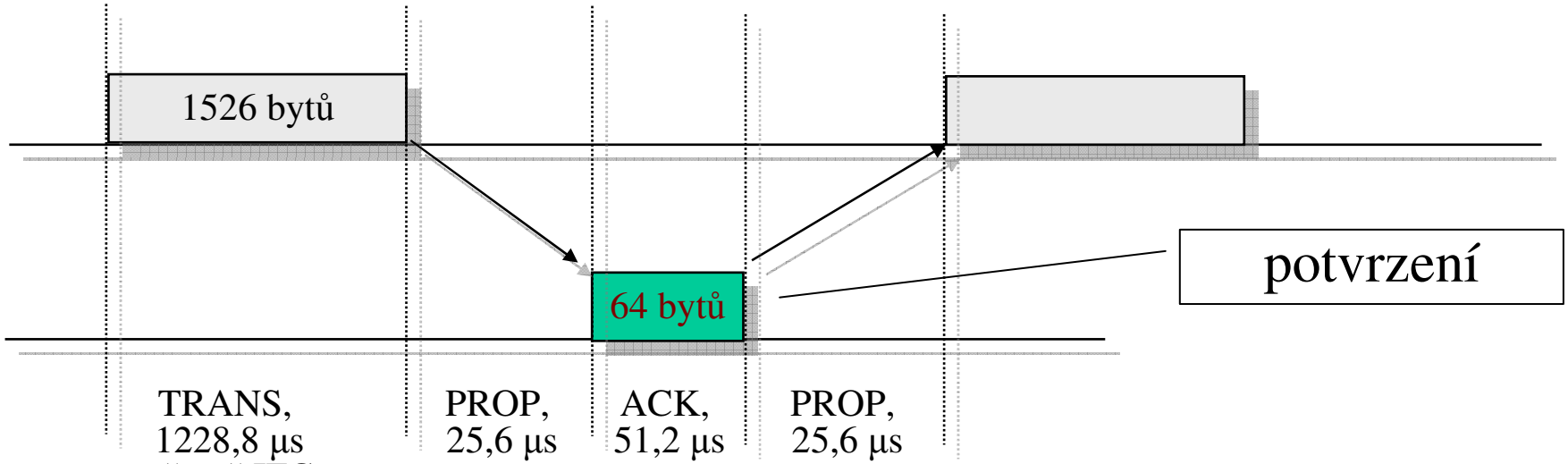
Vlastnosti „stop&wait“

- jednoduchá a přímočará implementace
- charakter přenosu vychází ryze poloduplexní
  - nevyužívá se případné (plné) duplexnosti přenosové cesty
- používá se např. v protokolech IPX/SPX firmy Novell



- má smysl v sítích LAN,
  - kde je přenosové zpoždění únosně malé
- ale nikoli v sítích WAN
  - kde je zpoždění velké
- při větším přenosovém zpoždění se tento způsob potvrzování stává velmi neefektivní
  - dochází k velkým prodlevám mezi přenosy jednotlivých bloků
  - novellské protokoly IPX/SPX nejsou vhodné pro nasazení v rozlehlých sítích!!!
  - řešení s IPX/SPX
    - náhrada protokoly TCP/IP
    - speciální úprava, která změní jednotlivé potvrzování na kontinuální

Příklad: Ethernet

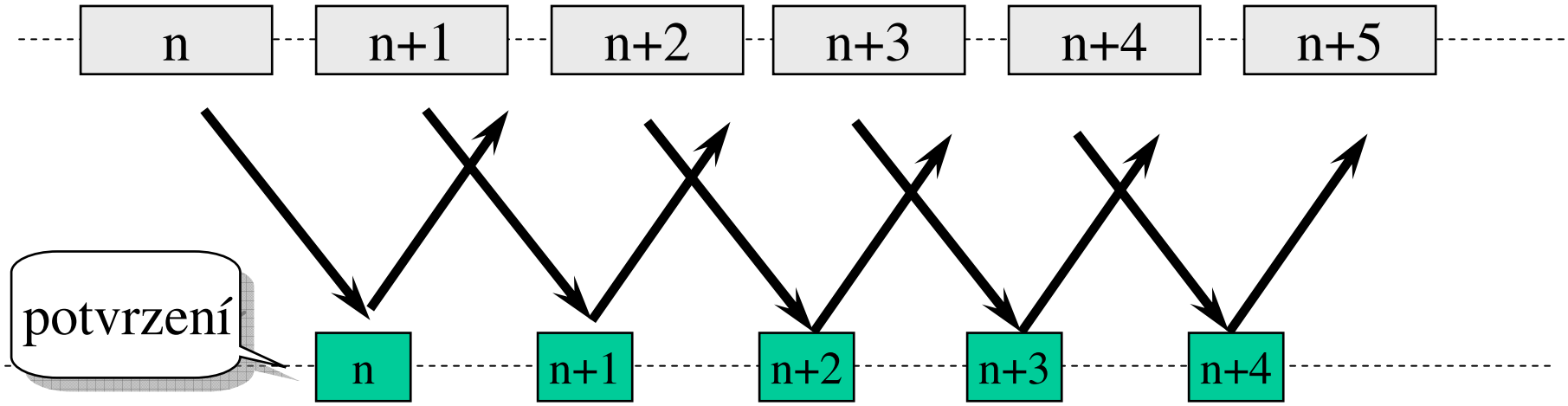


$$\text{efektivnost} = \frac{\text{TRANS}}{\text{TRANS} + \text{ACK} + 2 \,.\, \text{PROP}}$$

- pro 10 Mbps Ethernet v prostředí LAN, s RTT (Round Trip Time) 52,1µs
  - vychází efektivnost cca 92%
- v prostředí WAN se RTT pohybuje v řádu milisekund!
  - např. při RTT = 100 ms (PROP=50 000 µs) klesla na pouhé 2,3%

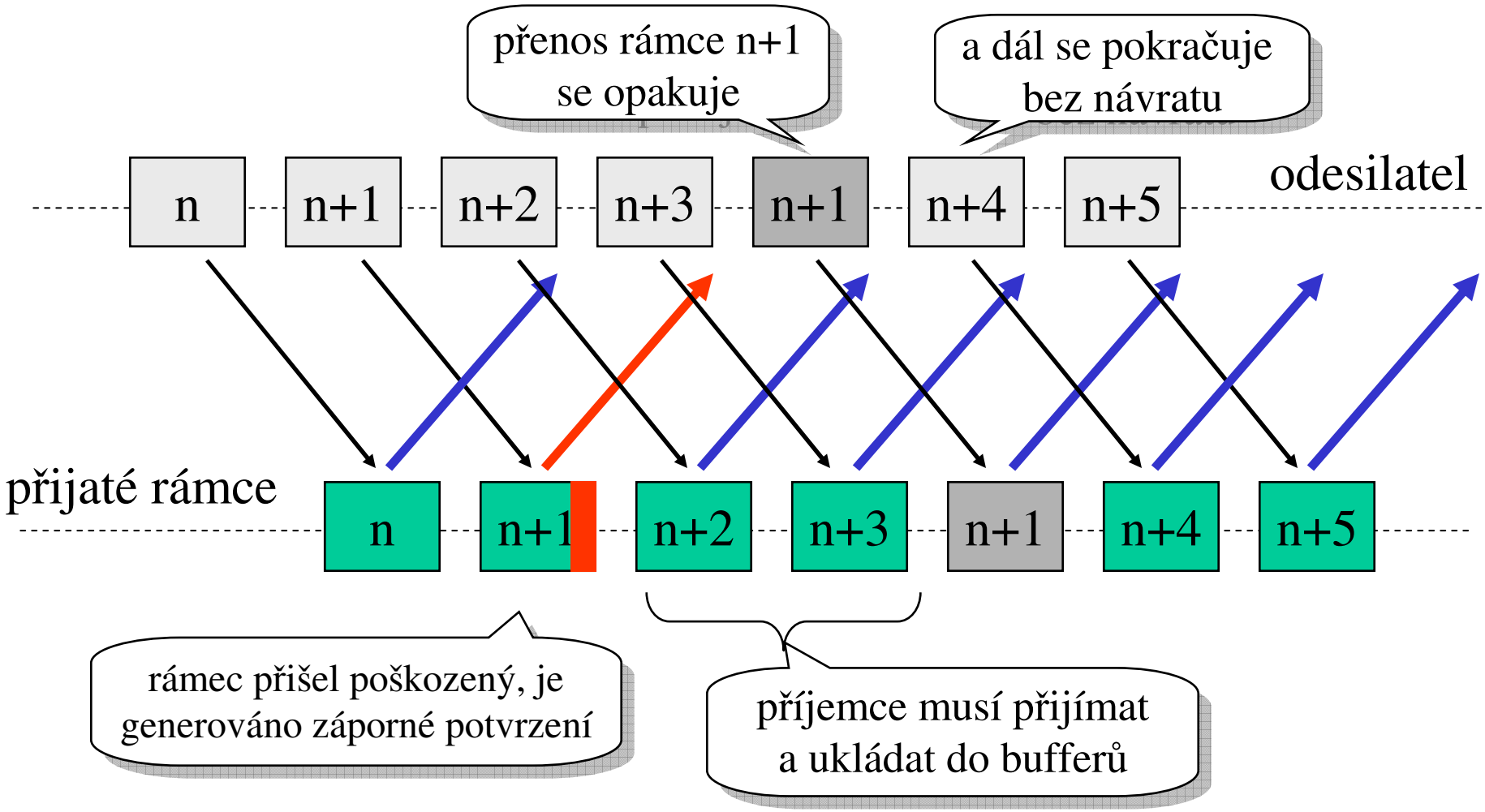
kontinuální potvrzování continuous ARQ

- idea: odesilatel bude vysílat datové rámce „dopředu“, a příslušná potvrzení bude přijímat průběžně, s určitým zpožděním



- otázka: jak se má odesilatel zachovat, když dostane záporné potvrzení?
  - a už mezitím odeslal několik dalších rámců
- varianta „selektivní opakování“:
  - odesilatel znovu vyšle jen ten rámec, který se poškodil
    - další rámce, které se mohly úspěšně přenést, se nevysílají znovu (šetří to přenosovou kapacitu)
    - příjemce musí úspěšně přijaté rámce ukládat do bufferů (je to náročné na jeho hospodaření s pamětí)

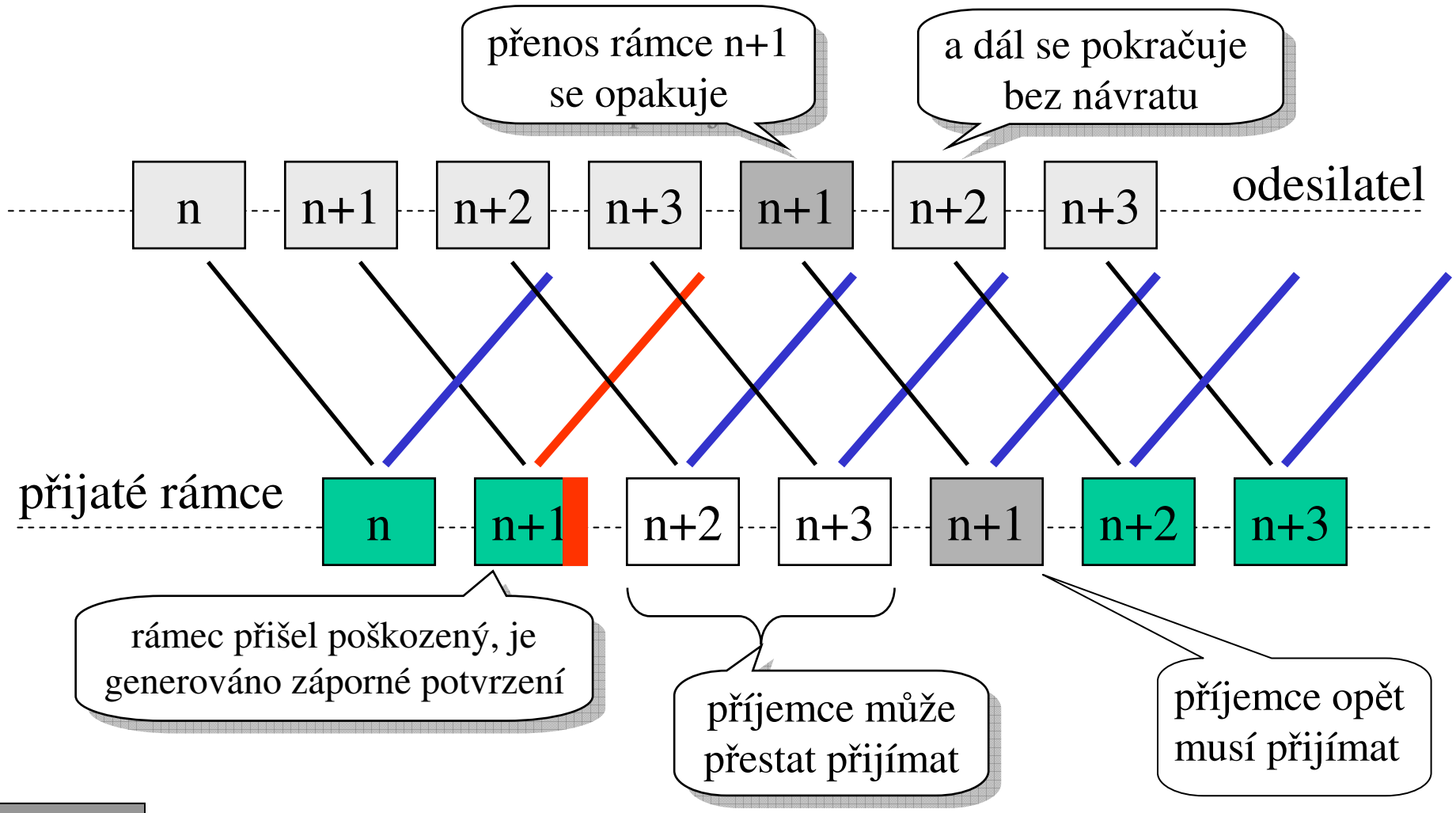
kontinuální potvrzování, varianta se selektivním opakováním



Varianta: návrat zpět

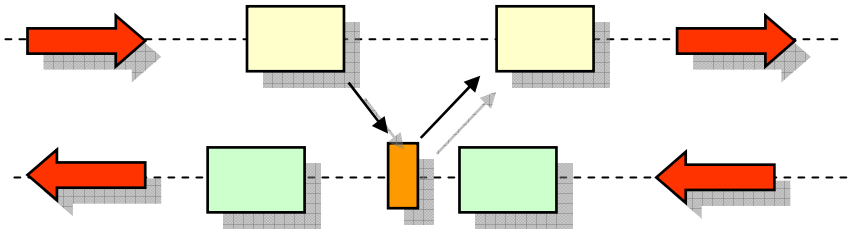
- alternativa k selektivnímu opakování
- řeší situaci kdy záporné potvrzení (informace o poškození určitého rámce) přijde se zpožděním
  - v době kdy již byly odeslány nějaké další rámce
  - řeší se „zahozením“ již odeslaných rámců
- odesilatel znovu vyšle poškozený rámec
- a po něm postupně vysílá následující rámce
  - které již mohly být jednou odeslány
- nevýhody:
  - „plýtvání“ přenosovou kapacitou
- výhody:
  - příjemci stačí čekat na nový přenos poškozeného rámce, a pak pokračovat v příjmu dalších rámců
- obecné vlastnosti kontinuálního potvrzování:
  - dokáže lépe „snášet“ větší přenosové zpoždění
    - hodí se i do prostředí WAN, kde přenosové zpoždění je velké
  - používá se např. v protokolech TCP/IP
    - potvrzování se používá v protokolu TCP, který zajišťuje spolehlivý přenos
    - TCP se snaží průběžně adaptovat na podmínky přenosu
      - dynamicky si upravuje různé časové limity a další parametry, aby se choval optimálně
- další otázky:
  - kolik rámců si odesilatel může dovolit vyslat „dopředu“
    - ještě než dostane jejich potvrzení?
  - odpověď záleží na konkrétní velikosti přenosového zpoždění, reakční době protistrany, velikosti rámců, ...

Kontinuální potvrzování, varianta s návratem

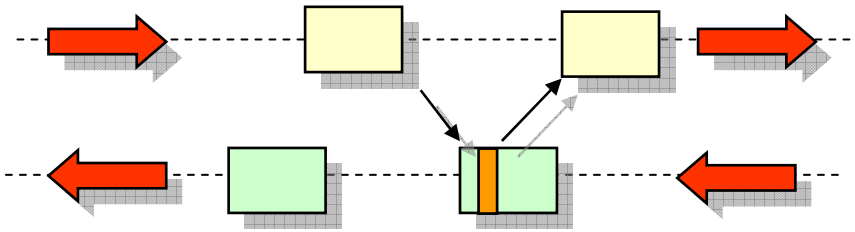


Samostatné a nesamostatné potvrzování

- samostatné = potvrzení je přenášeno jako samostatný rámec speciálního typu
  - je to spojeno s relativně velkou režií
    - samotné potvrzení je hodně malé, „obal“ je pak velký



- nesamostatné = potvrzení je zasíláno jako součást „datových“ rámců
  - přenášených v opačném směru než rámce, které jsou potvrzovány
  - označováno jako tzv. piggybacking

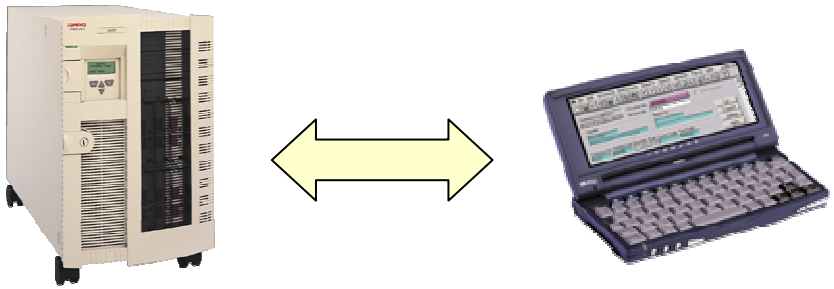


Problematika řízení toku

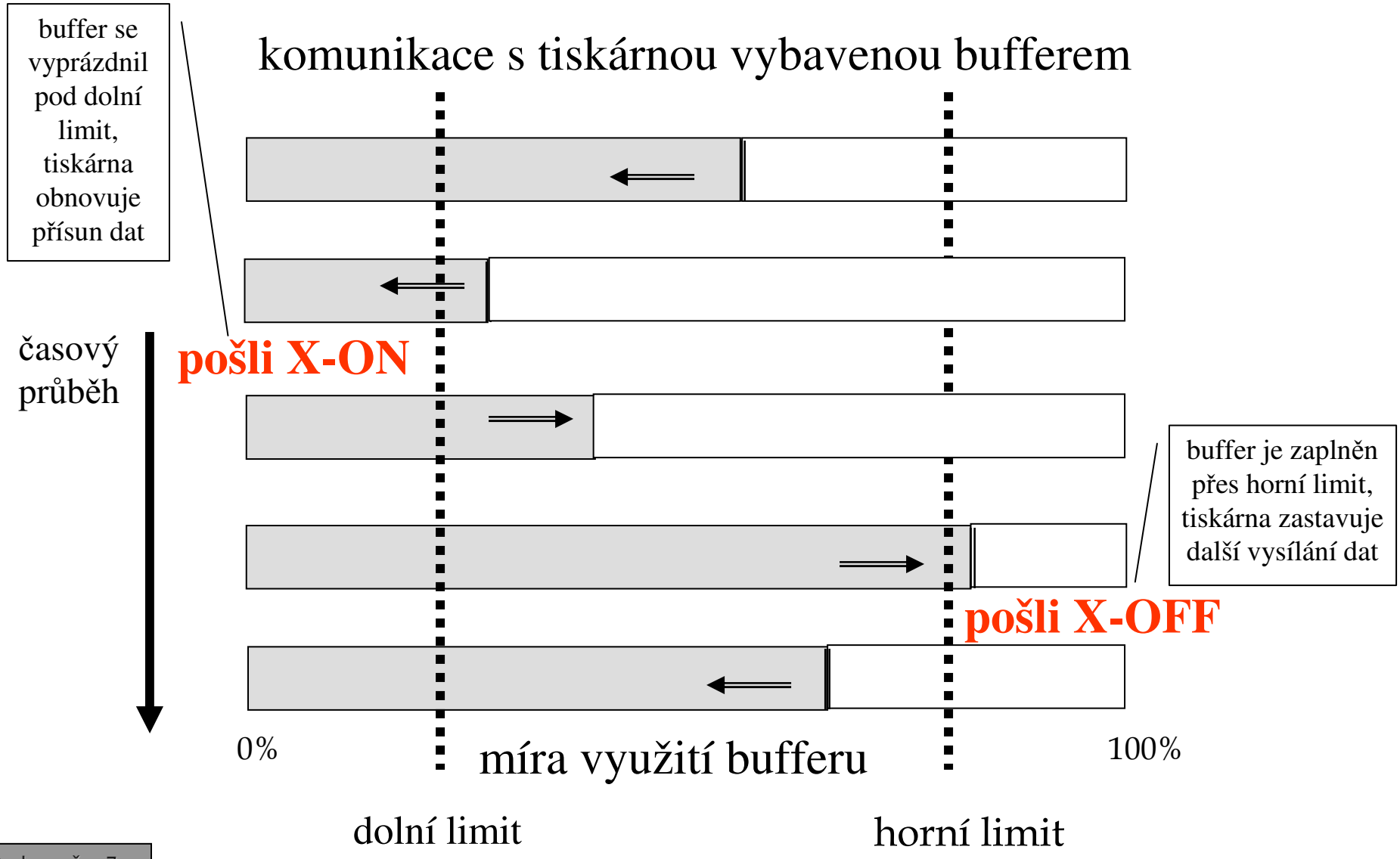
- podstata problému:
  - rychlost (výpočetní síla) dvou komunikujících stran může být i dosti výrazně odlišná
  - je nutné se vyvarovat toho, aby příjemce „nestíhal“
    - kvůli své rychlosti
    - kvůli nedostatku bufferů
    - .....
  - a musel kvůli tomu zahazovat správně přenesené rámce/pakety
- proto je nutné řídit tok dat mezi odesilatelem a příjemcem
  - podle možností příjemce!!!

tj. příjemce by měl diktovat tempo

- lze řešit na různých úrovních:
  - na úrovni jednotlivých znaků
    - tzv. hardwarový handshake (využívají se k tomu samostatné signály, RTS a CTS rozhraní RS-232-C)
    - tzv. softwarový handshake (příjemce posílá odesilateli znaky XON/XOFF, regulující tok dat)
  - na úrovni celých rámců
    - příjemce si reguluje, zda chce nebo nechce poslat další rámce



Příklad: řízení toku pomocí XON/XOFF



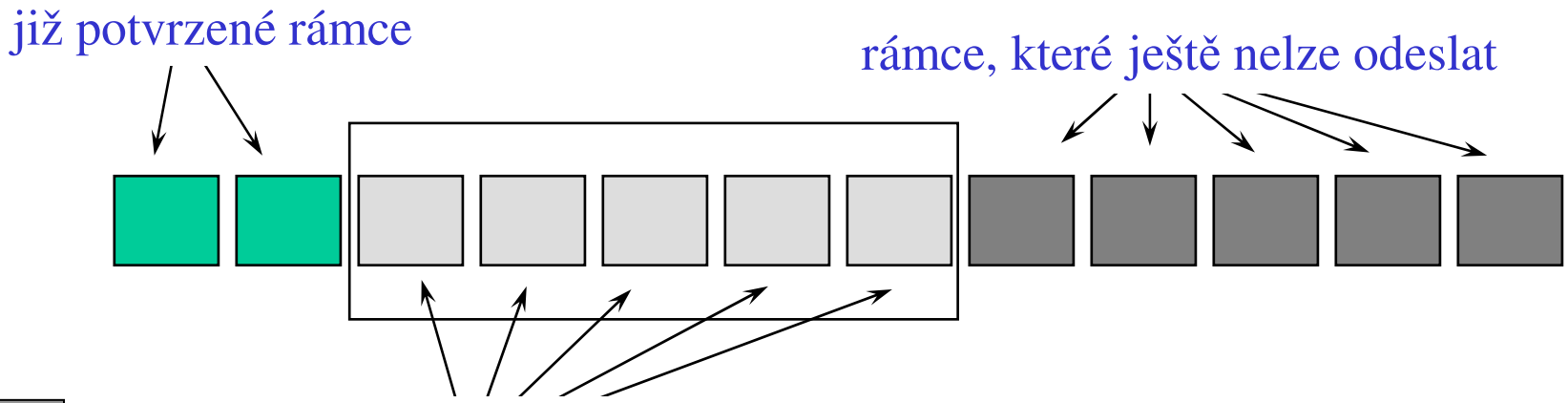
Metoda okénka (sliding window)

idea:

- spojit potvrzování s řízením toku na úrovni rámců
- odesilatel si udržuje vysílací „okénko“
  - velikost okénka udává, kolik rámců smí vyslat "dopředu"
    - aniž by je měl ještě potvrzené
- používá např. protokol TCP

velikost okénka určuje:

- odesilatel, dle „chování“ a vlastností sítě
  - většinou stanoví maximální velikost
- příjemce, podle svých možností (např. dostupnosti bufferů)
  - ovlivňováním velikosti okénka může příjemce efektivně regulovat tok dat směrem k sobě !!!!!
  - zmenšením okénka na nulovou velikost lze zastavit vysílání



Poznámka

- příjemce by mohl regulovat tok dat i tím, že nebude potvrzovat přijaté rámce
  - nebude posílat žádná potvrzení
- odesilatel bude čekat na vypršení timeoutu, a pak vyšle rámec znovu
- bude to fungovat, ale nebude to příliš „šetrné“
  - budou opakovány přenosy, které proběhly úspěšně, bude se plýtvat přenosovou kapacitou
  - hrozí nebezpečí, že při větším počtu neúspěšných pokusů (bez kladného potvrzení) to odesilatel vzdá
- v praxi se to nepoužívá