

Telekomunikacijski protokoli

Drago Hercog

*Univerza v Ljubljani,
Fakulteta za elektrotehniko*

*VSP-TK, 3. letnik
2011/2012*

TK protokoli - izvajalec

- izr. prof. dr. Drago Hercog
- soba 306, 3. nadstropje
- govorilne ure:
 - torek 11:15-12:00
 - četrtek 12:15-13:00
- spletna stran:
<http://fides.fe.uni-lj.si/~hercog>
- obvestila:
<http://fides.fe.uni-lj.si/~hercog/obvestila.htm>
- elektronska pošta:
Drago.Hercog@fe.uni-lj.si

Telekomunikacijski protokoli

- predavanja:
 - 3 ure / teden
 - torek 8³⁰-11⁰⁰, PR 15
 - izvajalec: Drago Hercog
- laboratorijske vaje: CIT (PR 22)
 - 2 uri/teden
 - četrtek 8¹⁵-10⁰⁰
 - z vajami bomo začeli 27.10.
 - število skupin bo znano po končanem vpisu
 - izvajalec: Drago Hercog

Predavanja odpadejo :

- 18.10.2011

Nadomeščanje:

- 6.10.
- 13.10.

Laboratorijske vaje

- nadzorovan vhod v in izhod iz PR 22
- udeležba je obvezna
- navodila bodo objavljena na spletu
- ena ali dve domači nalogi, zagovor obvezno pred pisnim izpitom! (v času govorilnih ur)
- poročilo o vajah prinesete na ustni izpit (ne kopirajte navodil, objavljenih na spletu!)

Študijska literatura

- nadaljevanje predmeta
Telekomunikacijska omrežja
- učbenik v pripravi (dobite za kopiranje!)
- prosojnice v formatu pdf (bodo objavljene na spletu)
- navodila za vaje (bodo objavljena na spletu)

Izpit

- Pisni izpit:

- pogoj:

- odobrena(i) domača(i) naloga(i)
- prijava na izpit

- Ustni izpit:

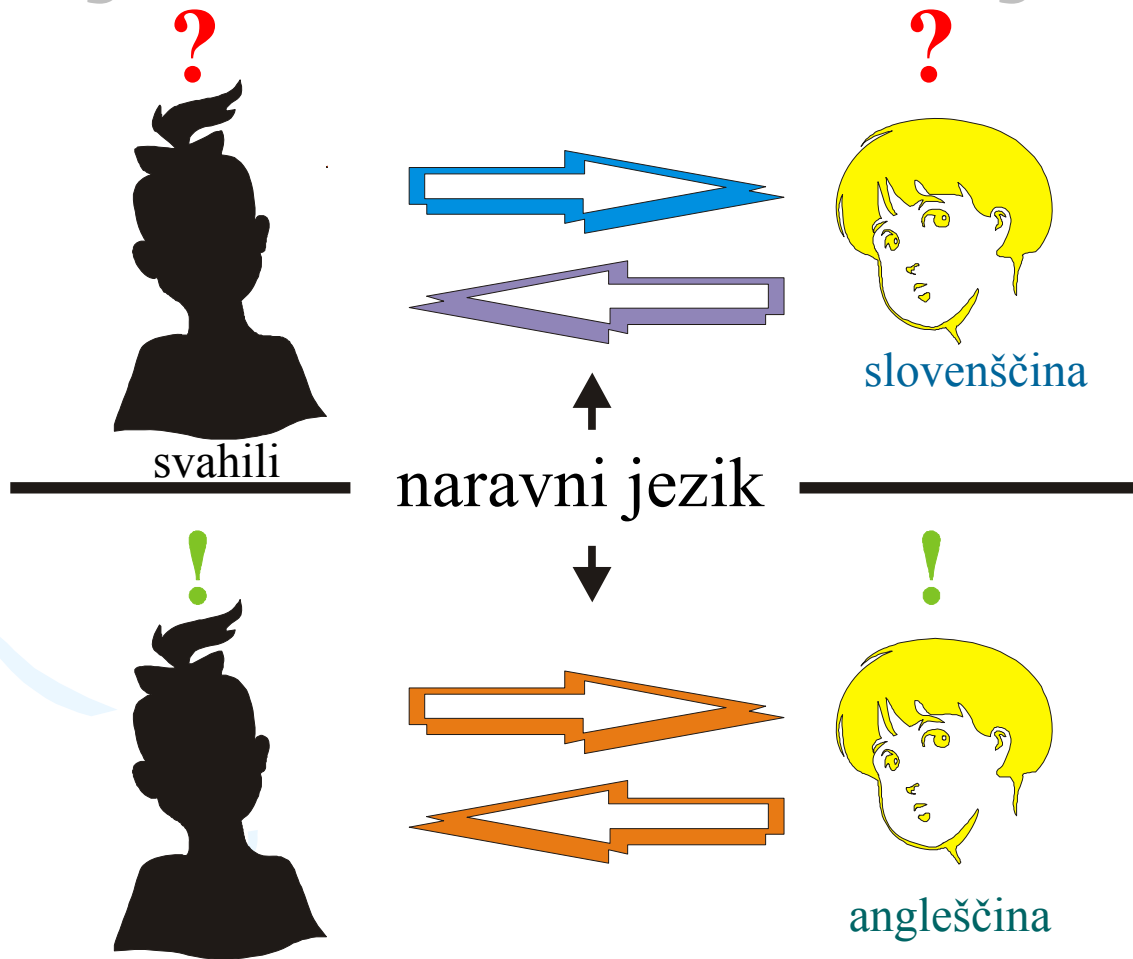
- pogoj: opravljen pisni izpit, poročilo o vajah

- Na izpitu morate znati snov predavanj in vaj!

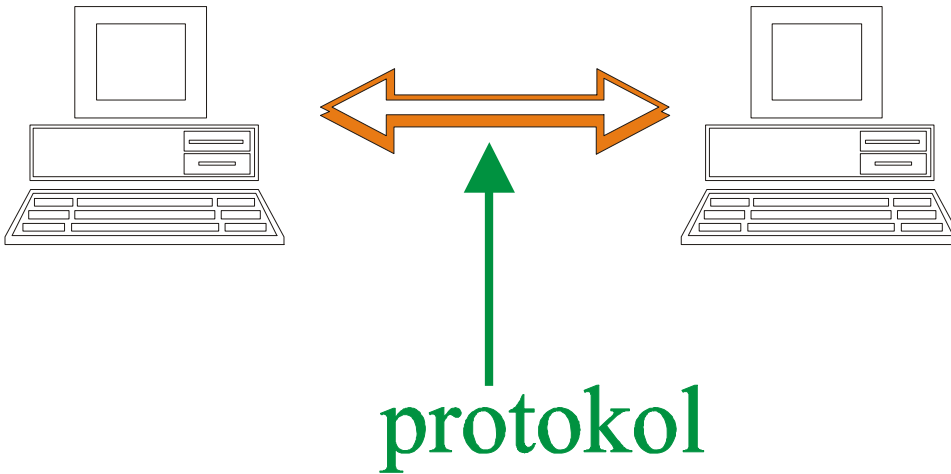
TK omrežja: namen predmeta

- nadaljevati in poglobiti znanje o metodah komuniciranja (Telekomunikacijska omrežja)
- spoznati osnovne mehanizme in algoritme, na katerih temeljijo telekomunikacijski protokoli
- ilustrirati te mehanizme s pomočjo nekaj dobro znanih in uporabljenih standardnih protokolov

Sporazumevanje med ljudmi: naravni jeziki



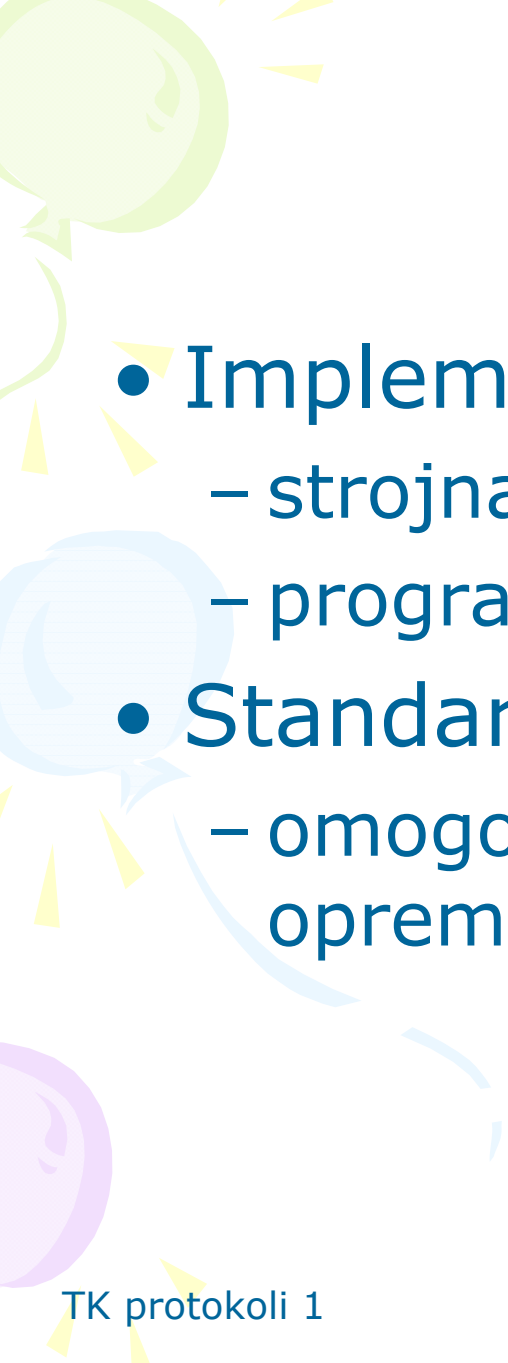
Sporazumevanje med računalniki: telekomunikacijski protokoli



- protos = prvi
- kollan = lepiti

Namen protokolov

- izmenjevanje informacije med prostorsko ločenimi osebkami
- podpora izvajanju skupne naloge (porazdeljene aplikacije)
- podpora izvajanju porazdeljenega algoritma

- 
- Implementacija protokolov
 - strojna
 - programska
 - Standardizacija
 - omogoča medsebojno komunikacijo opreme različnih proizvajalcev

Pomen protokolov

- pomembnost telekomunikacij v današnjem času
- protokoli omogočajo komuniciranje
- protokoli določajo vsebino prenešene informacije
- kompleksnost telekomunikacijskih sistemov in protokolov



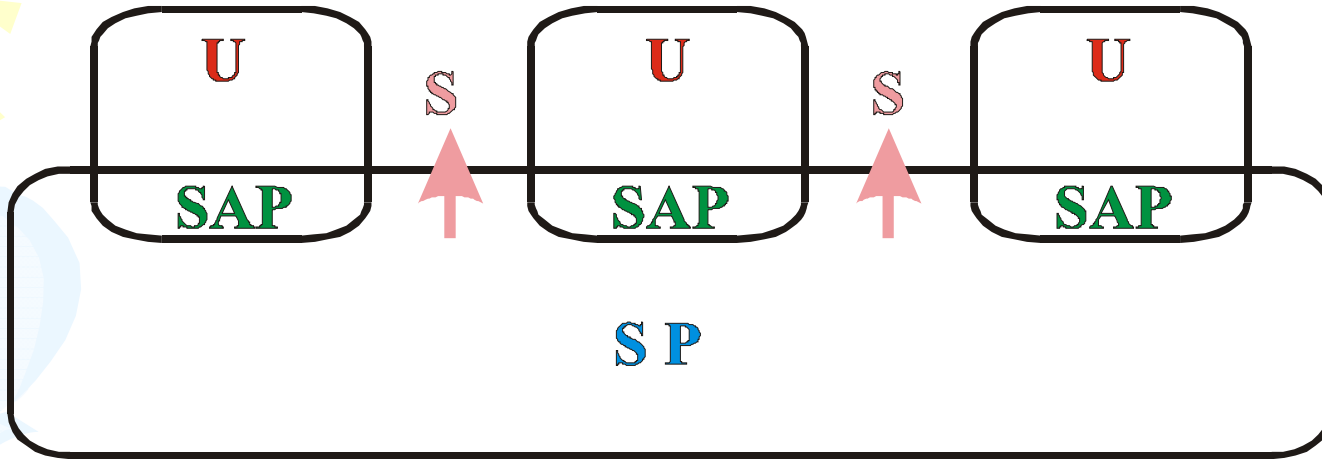
Telekomunikacijski protokoli

Storitve in protokoli

Elementi in struktura telekomunikacijskih sistemov

- Storitev
- protokol
- protokolni sklad

Storitev



U = user (uporabnik)

S = service (storitev)

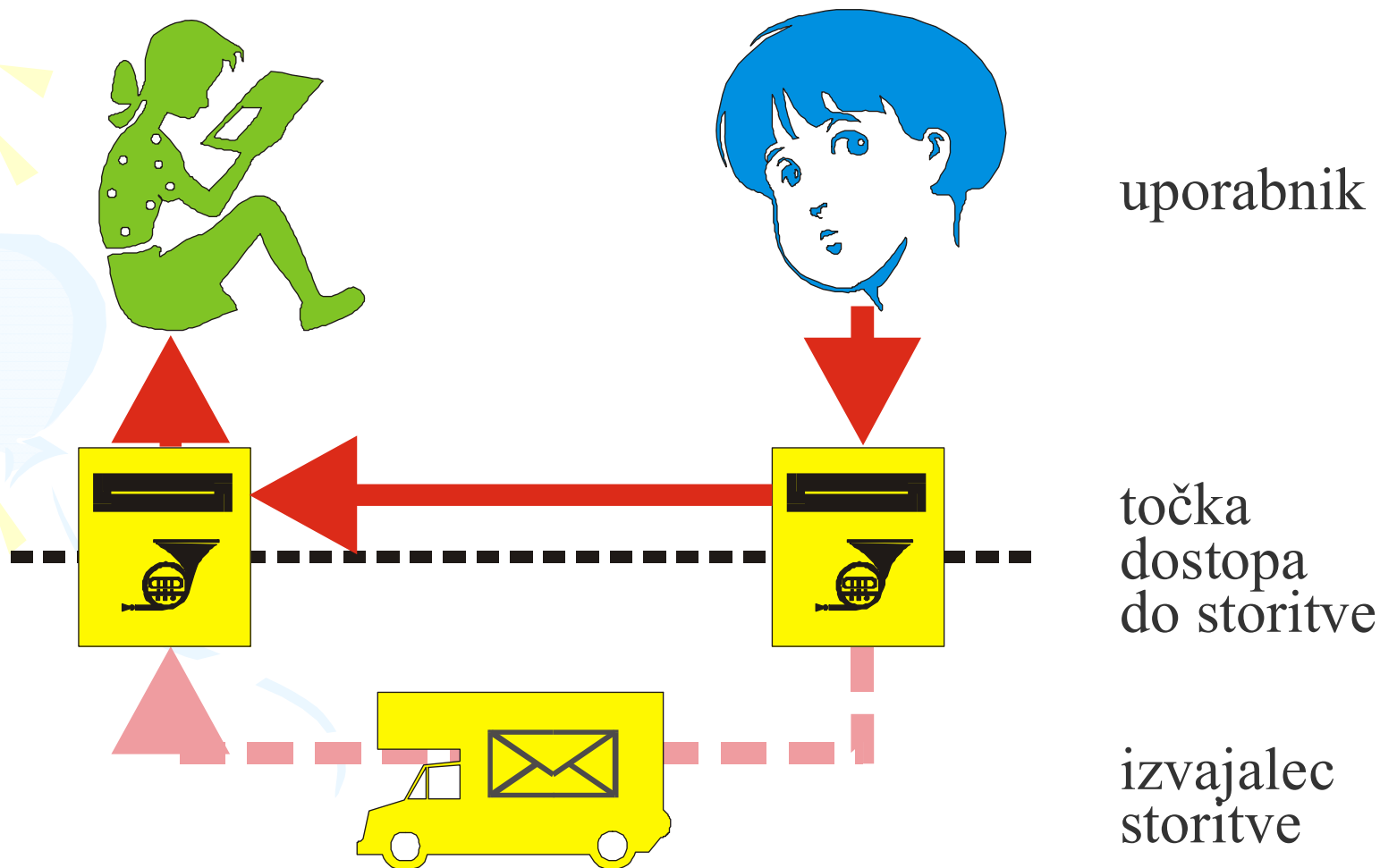
SP = service provider (ponudnik, izvajalec storitve)

SAP = service access point (točka dostopa do storitve)

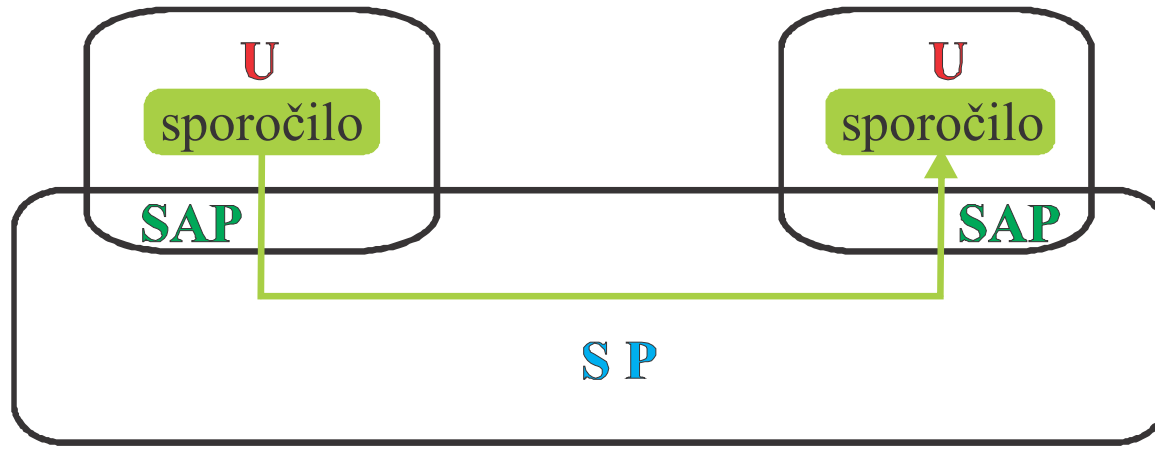
Zgled: prenos poštne pošiljke

- storitev: prenos pisemske pošiljke
- uporabnik: uporabnik Pošte
- izvajalec storitve: Pošta
- točka dostopa do storitve: okence poštne urada, poštni nabiralnik
- specifikacija storitve: navadna pošta, pospešena pošta, pošta s povratnico, osebna vročitev...

Zgled: prenos poštna pošiljke



Osnovna storitev: "prenos sporočila"



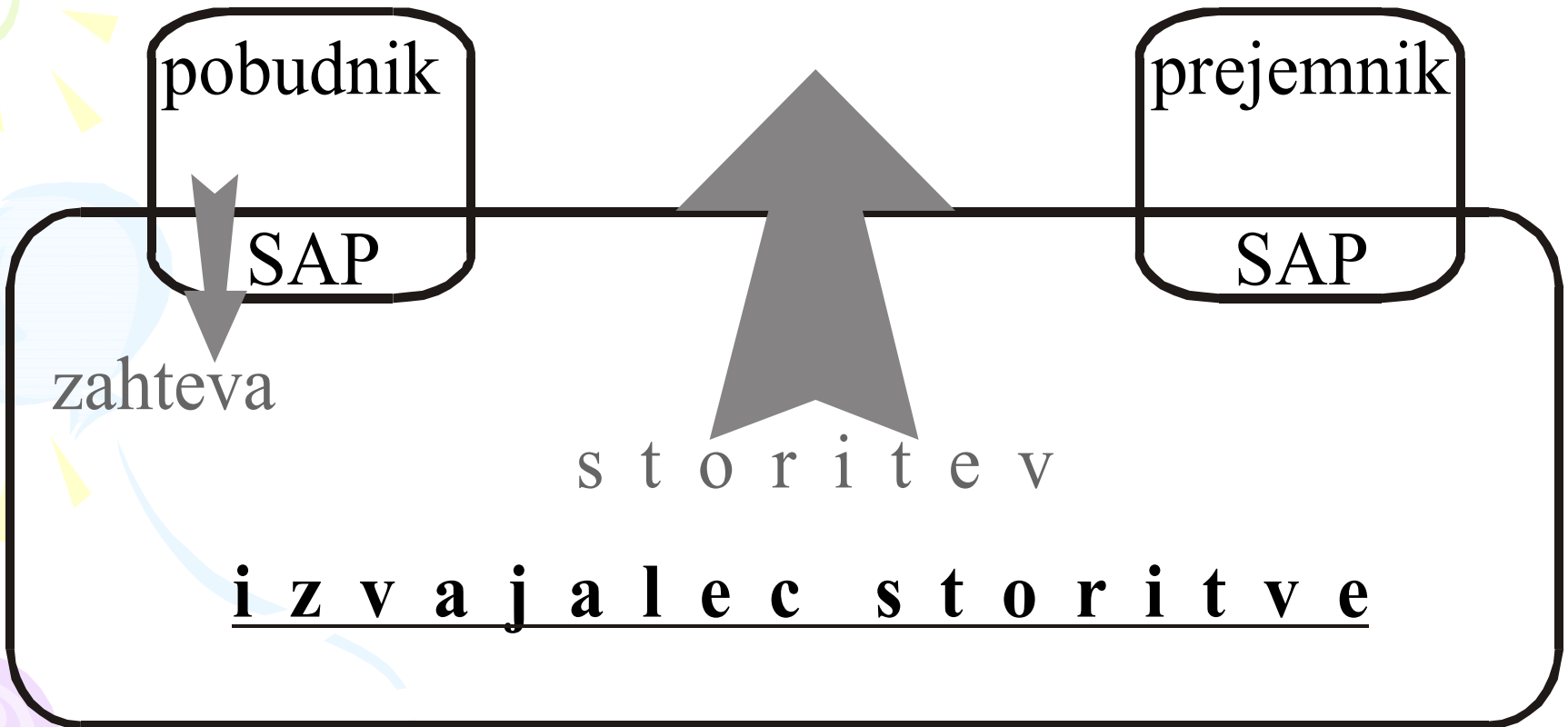
Možne lastnosti storitve "prenos sporočila:

- garancija sprejema
- sprejem brez napak in/ali izgub
- sprejem z omejeno zakasnitvijo
- sprejem z omejeno variacijo zakasnitve
- ohranjanje vrstnega reda sporočil
- varnost prenosa

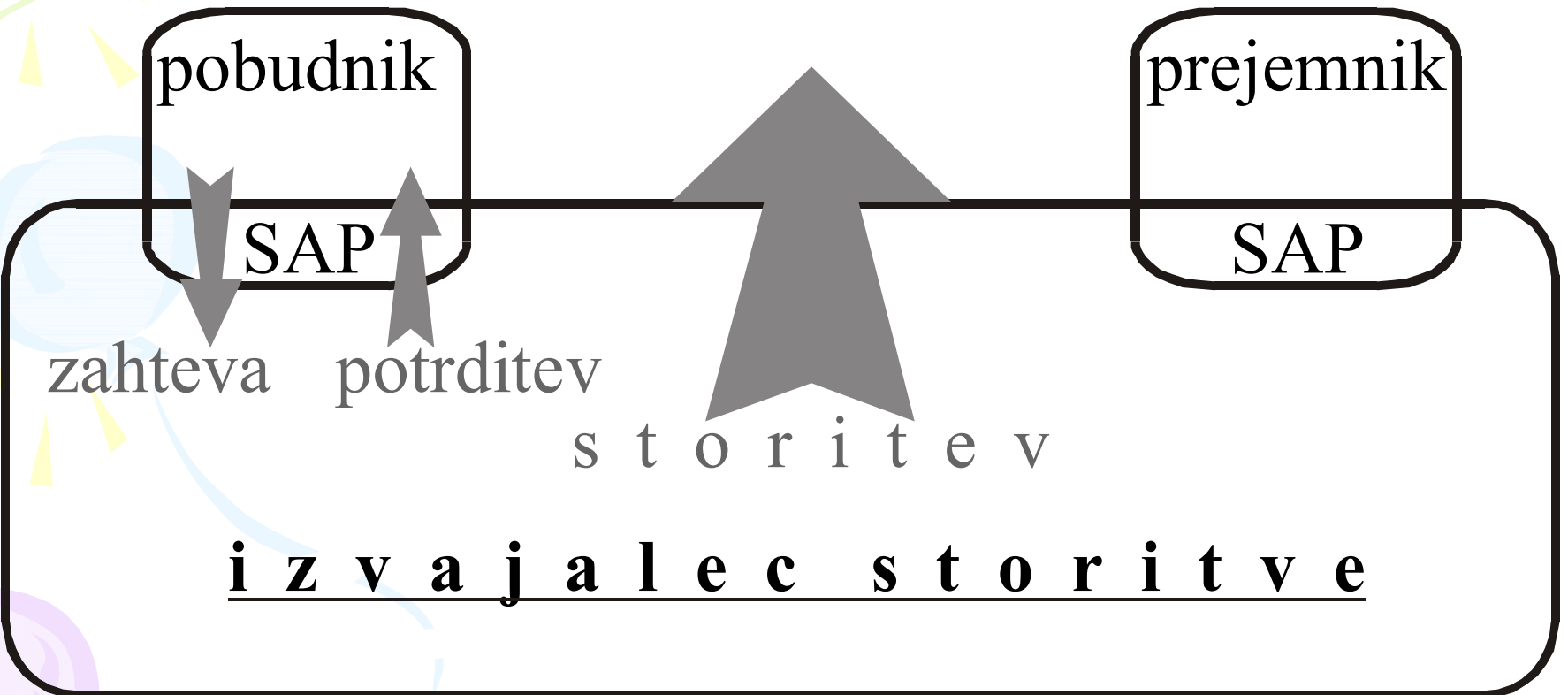
Storitev upravljanja kanala

- vzpostavitev kanala
- sprostitvev kanala
- spreminjanje parametrov kanala

Storitev brez potrditve

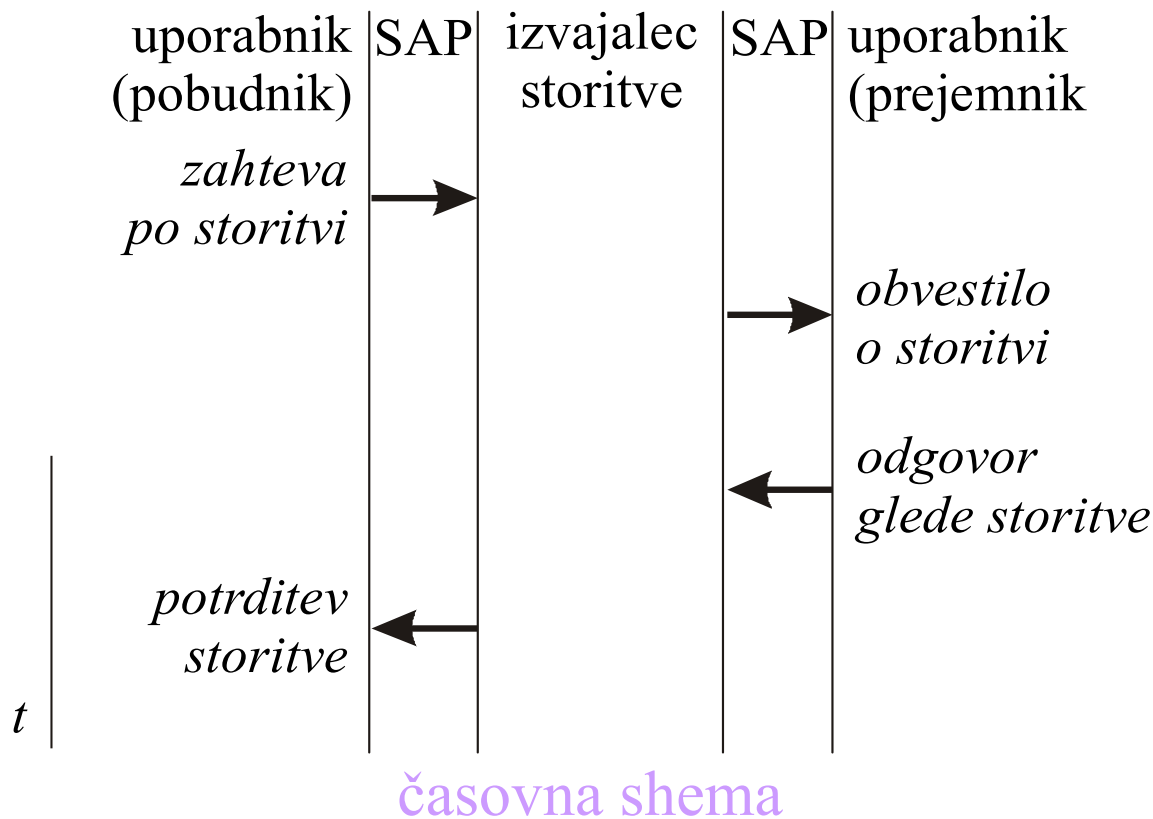


Storitev s potrditvijo



Komunikacija med uporabnikoma s posredovanjem izvajalca storitve

- kanal med uporabnikoma je navidezen
- interakcija med uporabnikoma in izvajalcem storitve



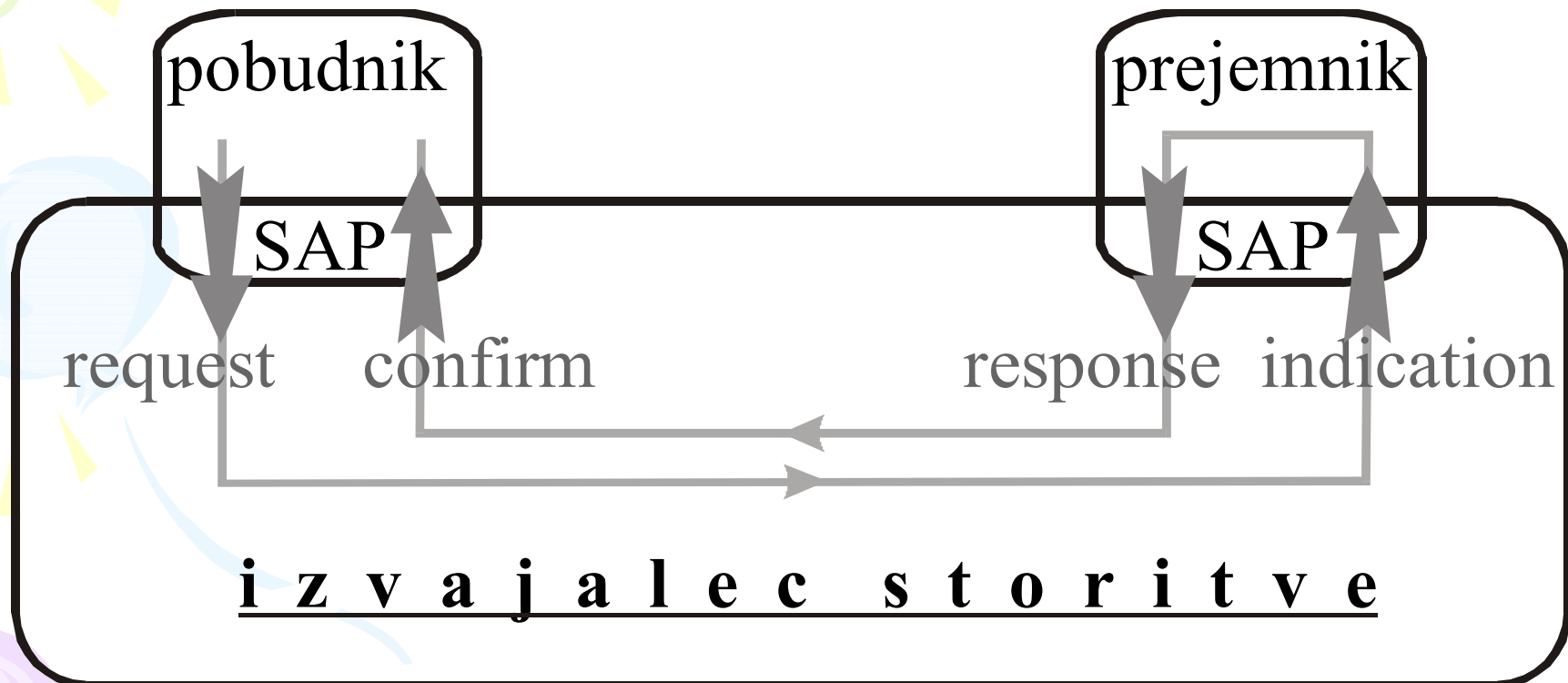
Osnovni tipi interakcije (primitivi)

- req: request (zahteva)
- ind: indication (obvestilo)
- resp: response (odgovor)
- conf: confirm (potrditev)

Specifikacija primitiva

- *spec.primitiv (parametri)*
- npr.:
 - `establish.request`
 - `data.request` (*sporočilo uporabnika*)
 - `release.request`

Vrstni red uporabe primitivov



Primeri zaporedja primitivov

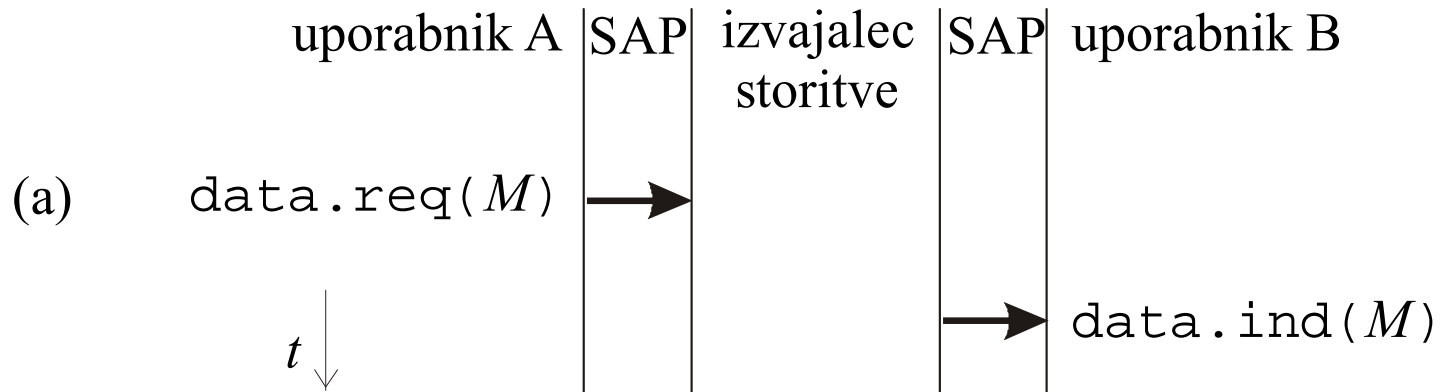
- req - ind - resp - conf
- req - ind - conf
- req - ind
- ind

Specifikacija storitve

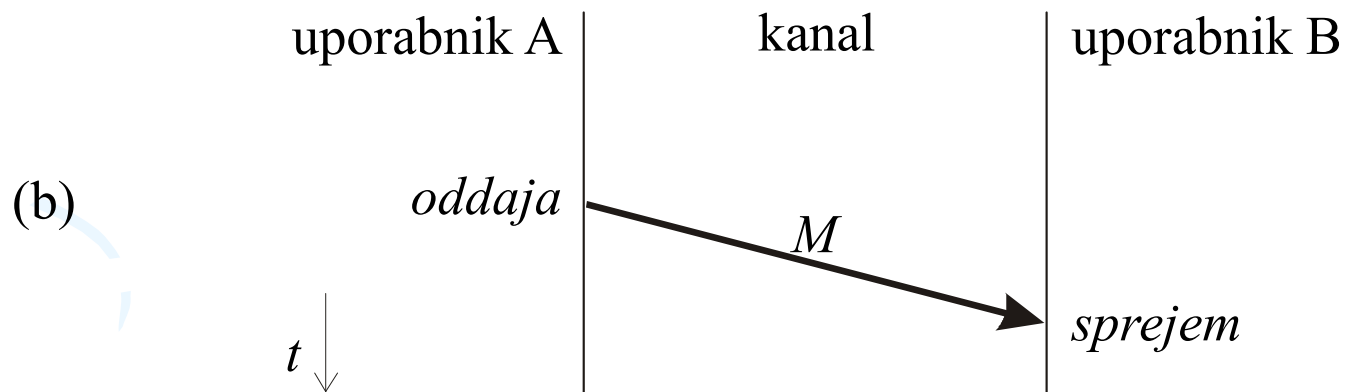
- Kaj nudi storitev
- Kvaliteta storitve
- Kako dostopamo do storitve s pomočjo primitivov

Dva modela prenosa sporočila

- konkretni



- abstraktni



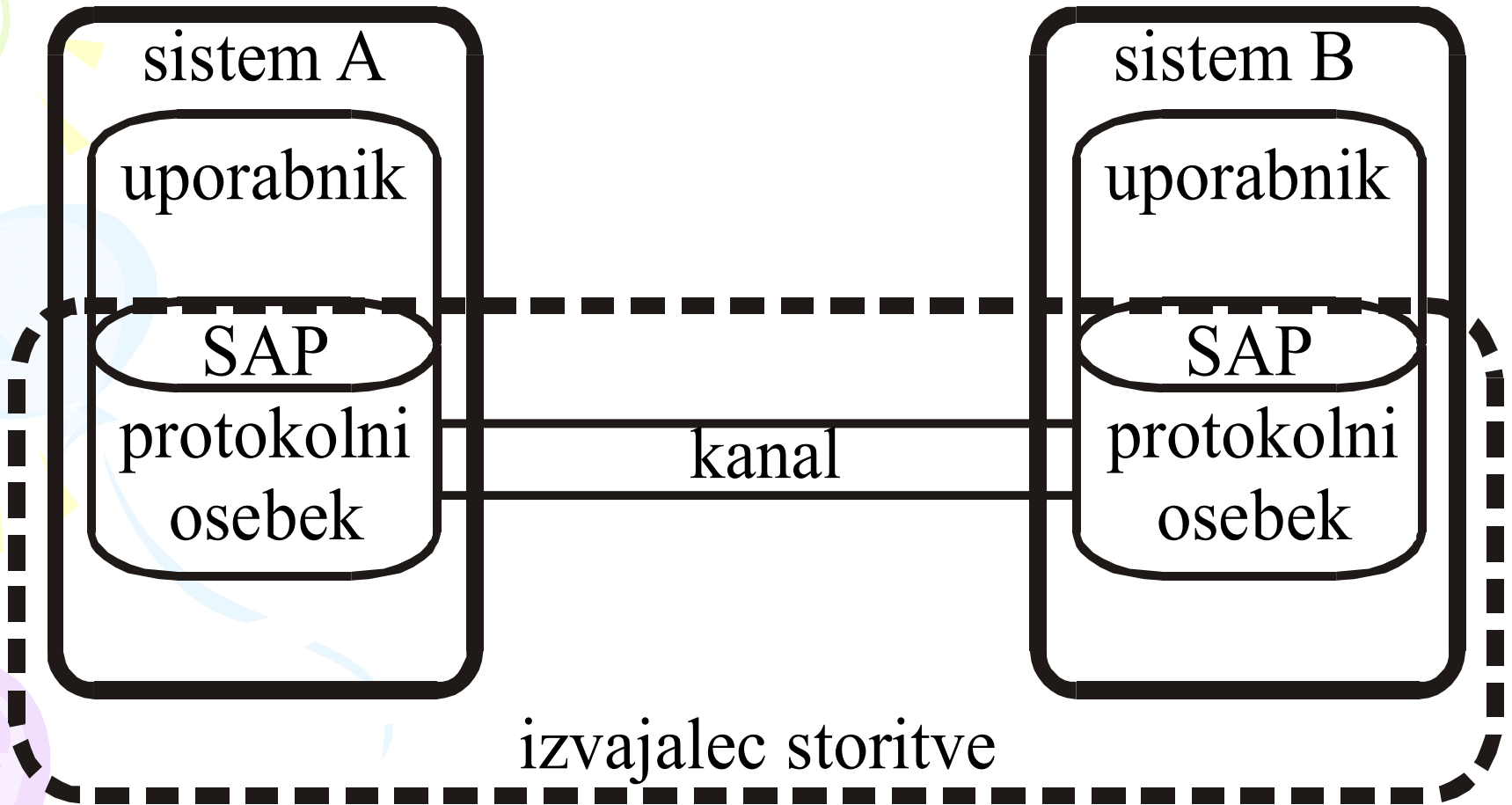
Komponente izvajalca storitve

- protokolni osebek, protokolna entiteta (ang. protocol entity)
 - interakcija z uporabnikom
 - odločitve
 - oddaja v / sprejema iz kanala
- kanal
 - prenos protokolnih sporočil (Protocol Data Units - PDU) med protokolnimi osebki
- protokol

Protokol

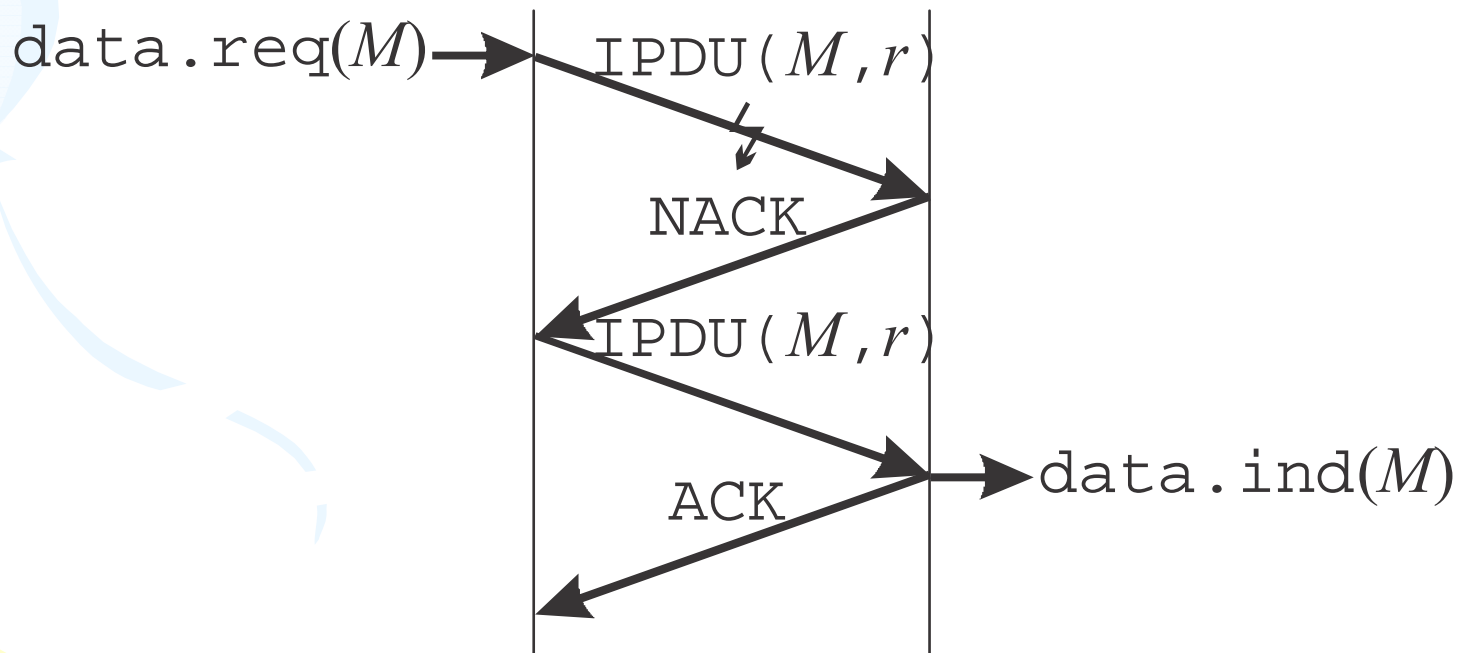
- množica pravil, ki določajo izmenjavo sporočil ter formate in interpretacijo njihovih vsebin
- implementacija storitve

Model komunikacijskega sistema



Zgled: preprost protokol za prenos uporabniških sporočil

- predpostavka: v kanalu se sporočilo lahko pokvari
- storitev: zanesljiv prenos uporabniških sporočil
- protokolna sporočila: *IPDU*, *ACK*, *NACK*



Sestava protokolnega sporočila (PDU)

- protokolna nadzorna informacija (PCI)
 - glava (header)
 - rep (trailer)
- storitvena podatkovna enota (SDU)



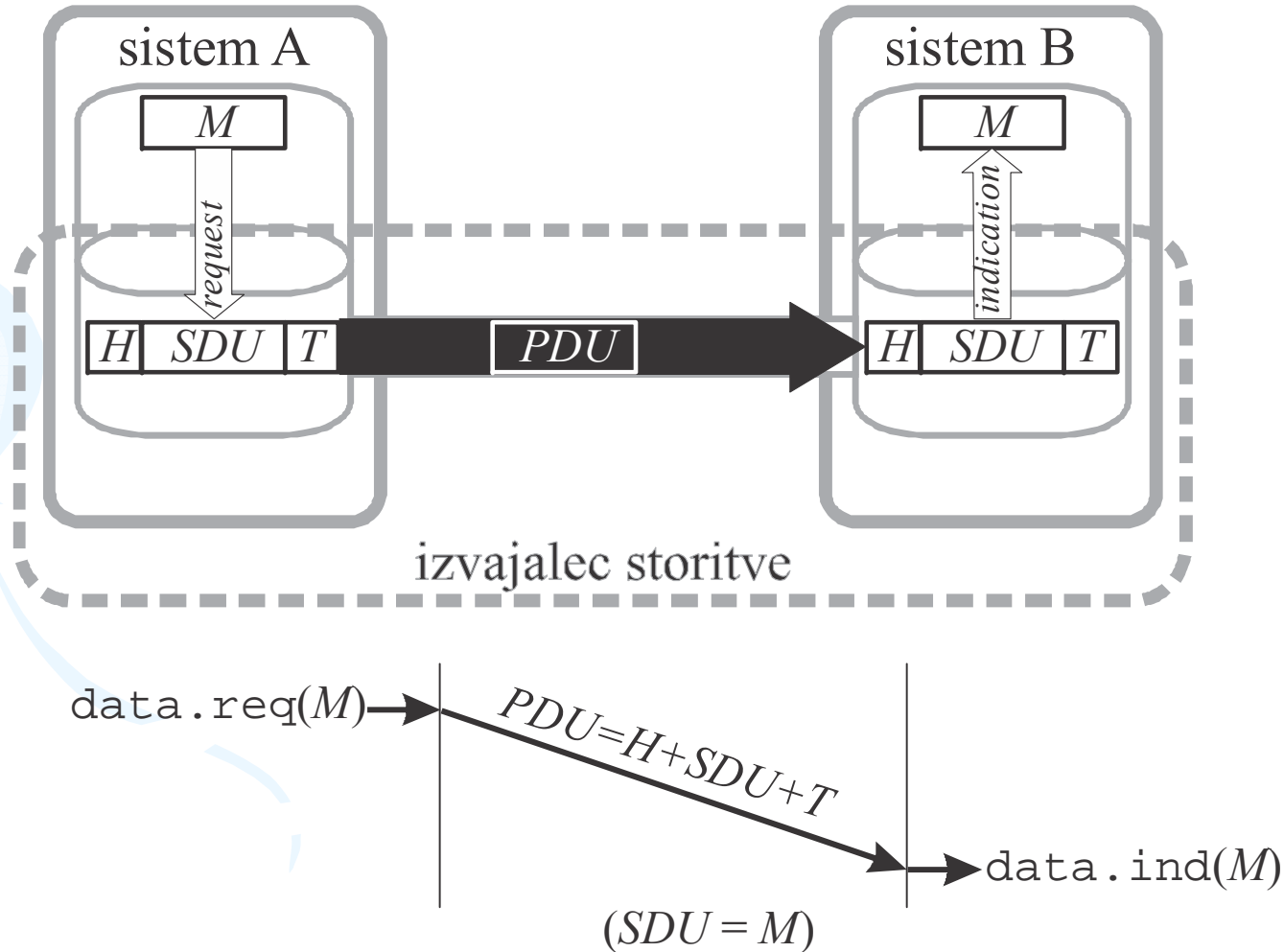
PDU

protokolno sporočilo = protokolna podatkovna enota

Pogosta vsebina nadzorne protokolne informacije (PCI)

- sinhronizacijska sekvenca
- oznaka tipa PDU
- zaporedna številka PDU
- dolžina PDU
- naslov pošiljatelja / prejemnika
- informacija za odkrivanje/popraviljanje napak

Prenos sporočila med uporabnikoma



Protokolno sporočilo

- storitvena podatkovna enota - SDU (uporabniška informacija - payload)
- protokolna nadzorna informacija – PCI (režija - overhead)

Uporabniška in protokolna nadzorna informacija

uporabniška informacija



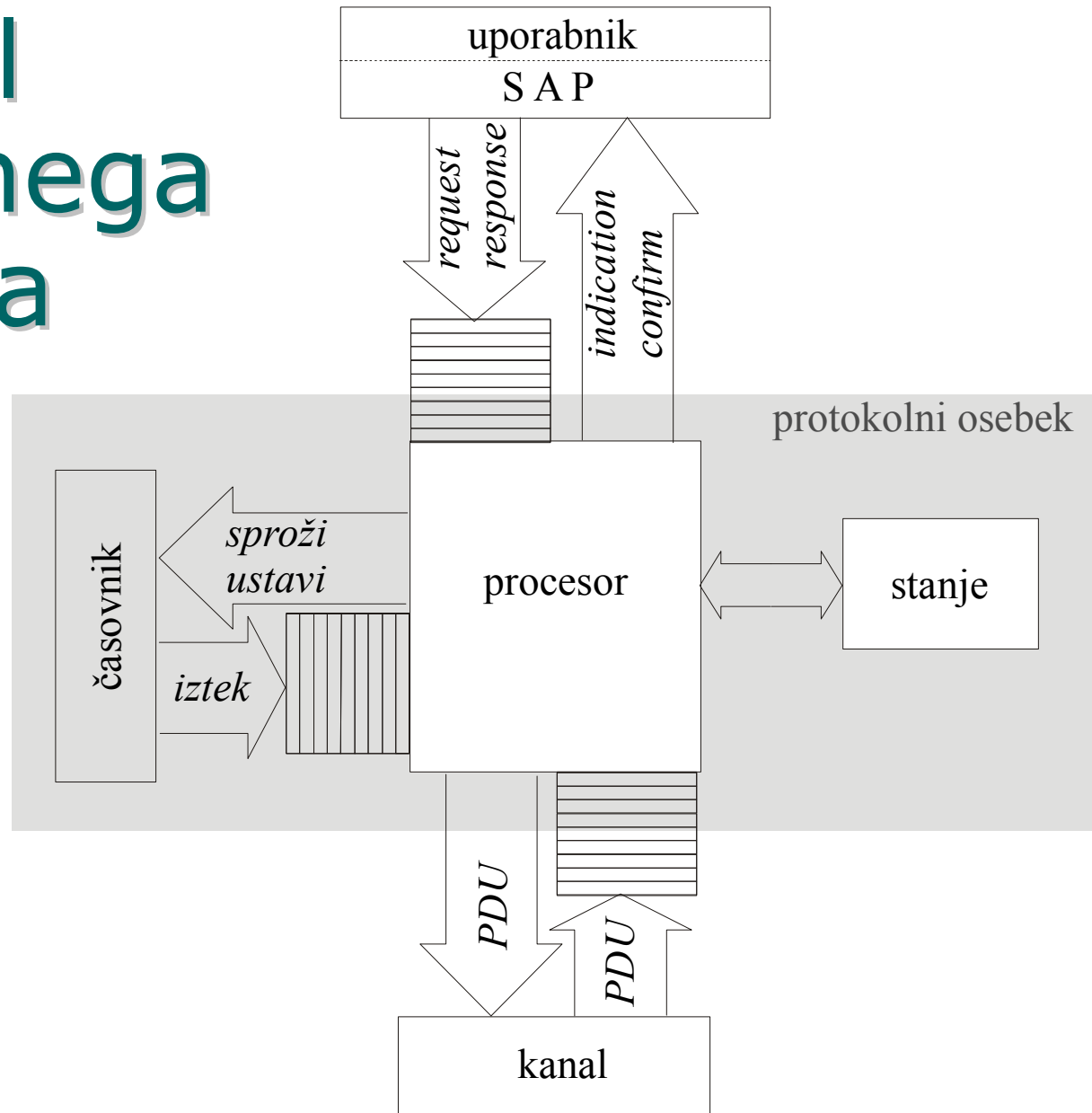
režija



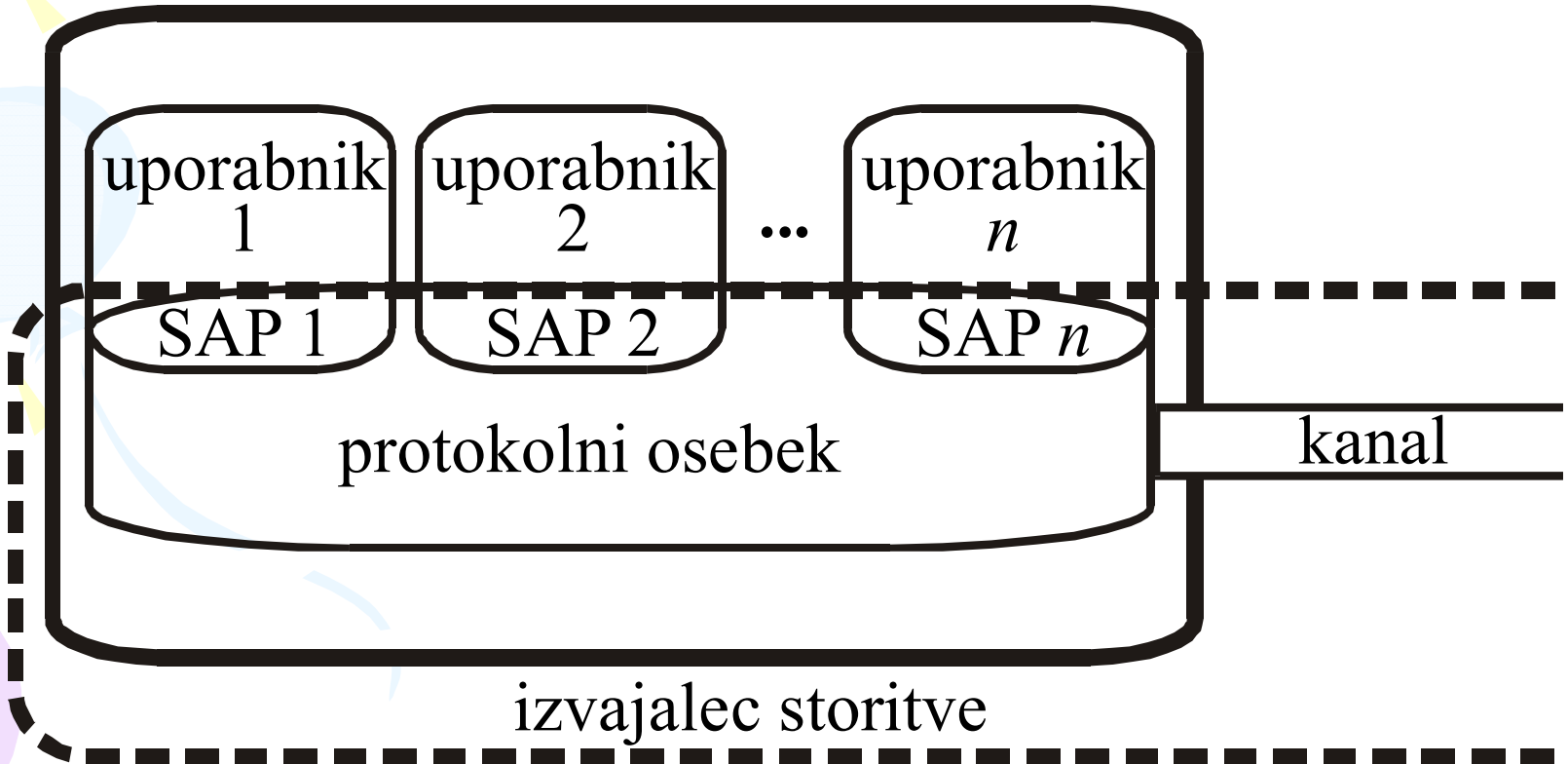
Protokolni osebek

- izvedba (implementacija)
 - strojna
 - programska
- delovanje v diskretnem času
- delovanje v realnem času
- reakcijski sistem

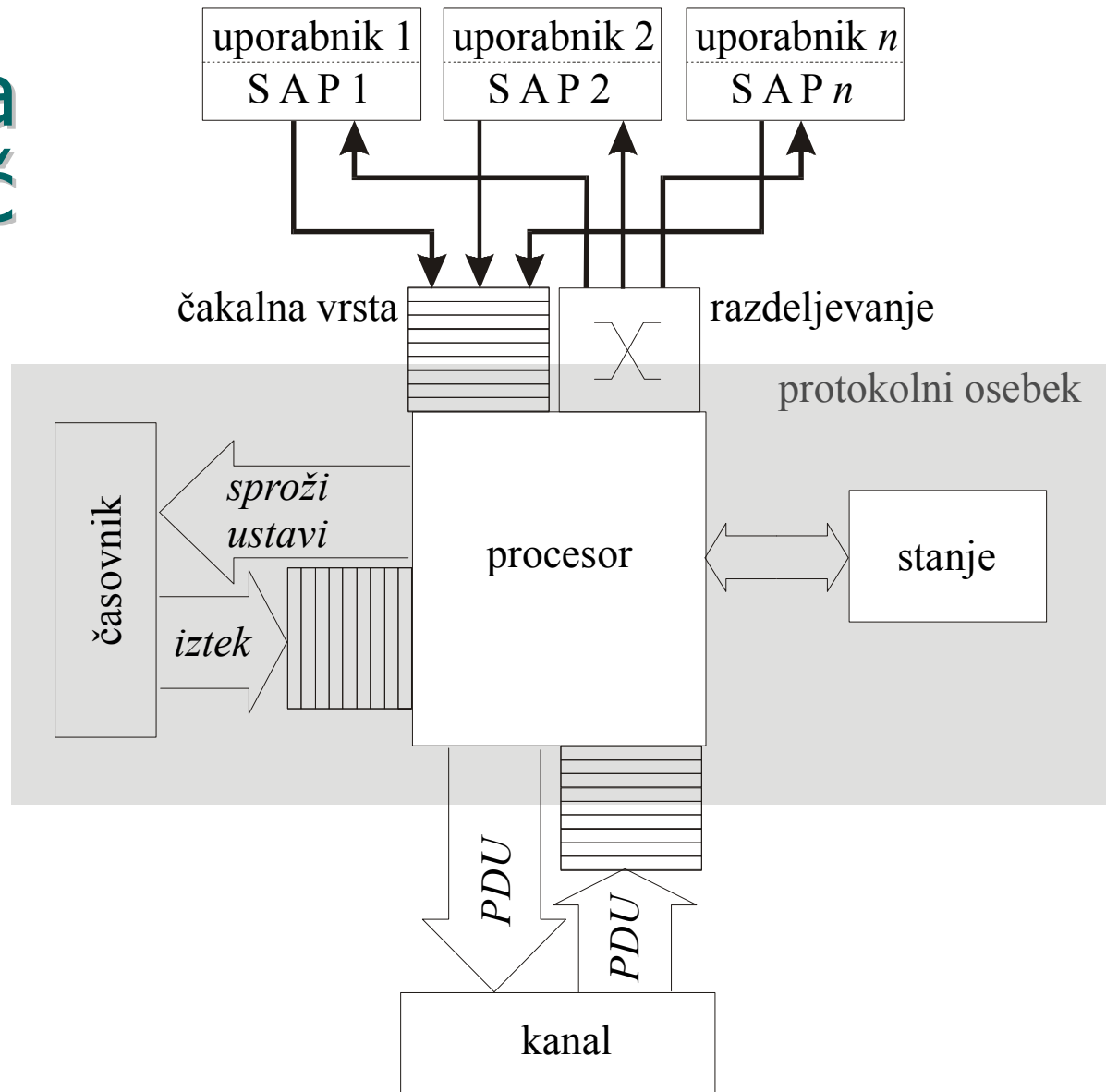
Model protokolnega osebka



Protokolni osebki z več uporabniki



Model protokolnega osebka z več uporabniki



Specifikacija protokola

- slovnica (gramatika)
 - abeceda (alfabet)
 - skladnja (sintaksa)
- pomen (semantika)
- format
- kompleksnost specifikacije

Specifikacija protokola (drugače)

- specifikacija storitev
- specifikacija kanala
- nabor protokolnih sporočil
- format protokolnih sporočil
- zbirka protokolnih pravil

Abstraktna sintaksa protokolnega sporočila:

- *PDUType* ($p1, p2, \dots$)

Konkretna sintaksa protokolnega sporočila:

- sestavine sporočila
- format sporočila

Protokolna pravila

- opis delovanja celotnega sistema
 - časovna shema
- specifikacija delovanja protokolnega osebka
 - inicializacija osebka
 - dovoljena zaporedja vhodnih in izhodnih dogodkov
 - osnova za implementacijo protokolnega osebka

Zgled: protokol kermit

- storitev: zanesljiv prenos datotek med dvema računalnikoma
- kanal: poldupleksni; protokolna sporočila se lahko pokvarijo ali izgubijo, ne morejo pa se prehiteti
- nabor sporočil (brez sporočil za upravljanje zveze):
 - `FileData (n, data)`
 - `Ack (n)`

Kermit:

Format sporočila FileData ($n, data$)

SOH	<i>len</i>	<i>n</i>	D	<i>data</i>	<i>bcc</i>	CR
-----	------------	----------	---	-------------	------------	----

H

SDU

T

PDU

Format sporočila Ack (n)

SOH	<i>len</i>	<i>n</i>	Y	<i>bcc</i>	CR
-----	------------	----------	---	------------	----

H

T

PDU

Protokolna pravila

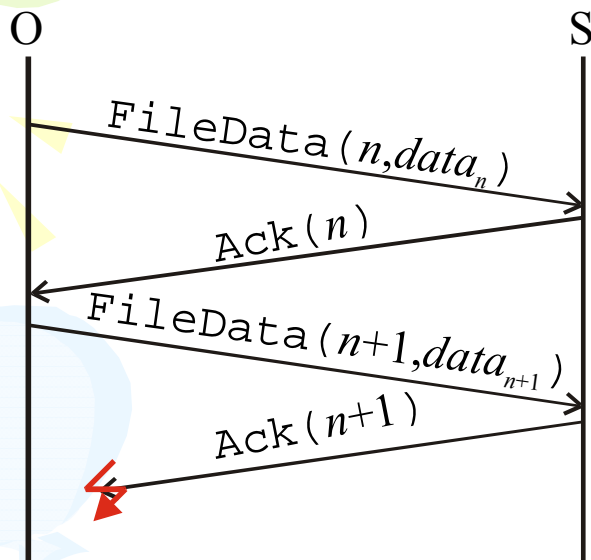
- fragmentiraj datoteko
- oddaj sporočilo $FileData (0, data)$, sproži časovnik
- po sprejemu pričakovanega $FileData (n, data)$ brez napake oddaj $Ack (n)$
- po sprejemu pričakovanega $Ack (n)$ ustavi časovnik, oddaj $FileData (n+1, data)$ in sproži časovnik
- Če se izteče časovnik, ponovno oddaj zadnje sporočilo
- Ponavljaj zadnje tri točke, dokler ni prenešana vsa datoteka

Lastnosti protokola

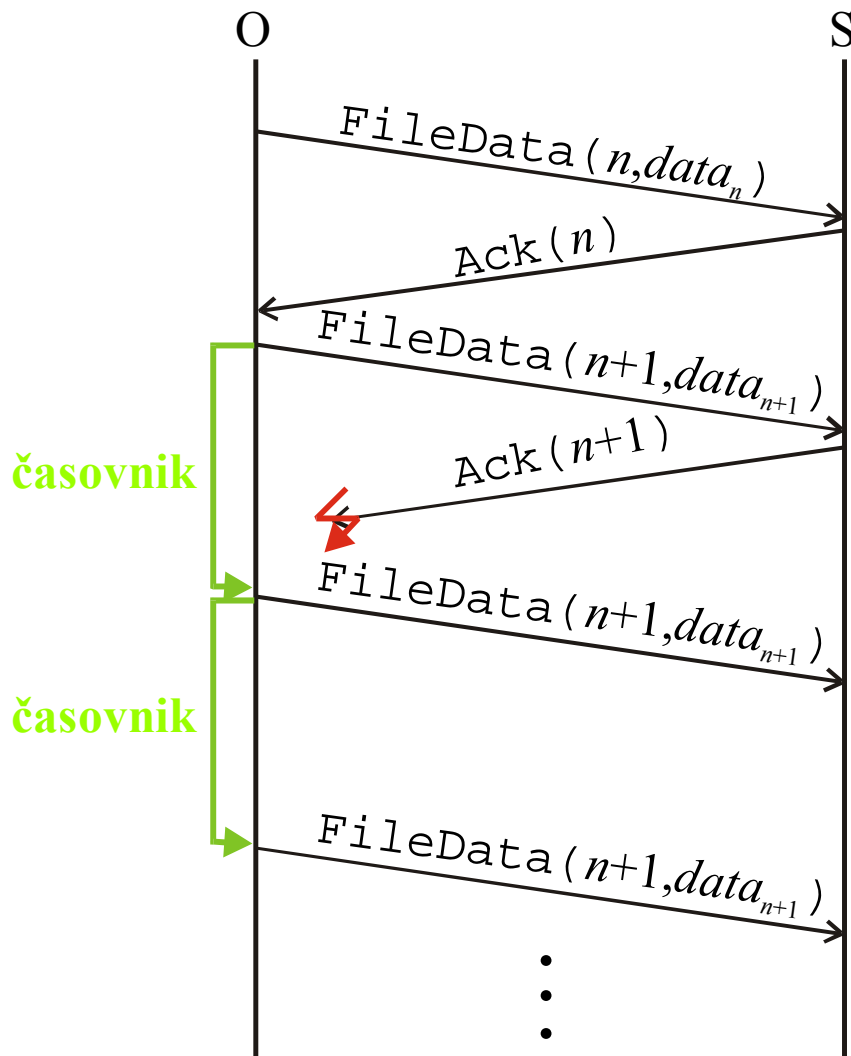
- Logična pravilnost
- Popolnost, nedvoumnost in skladnost
- Pravičnost
- Robustnost
- Učinkovitost
- Standardiziranost

Primeri logične nepravilnosti protokola:

Mrtva točka



Neskončna zanka



Problemi, ki jih protokoli rešujejo

- Oblikovanje (formatiranje) sporočil
- Sinhronizacija
- Detekcija in popravljanje napak
- Ohranjanje vrstnega reda sporočil
- Krmiljenje pretoka in zamašitev
- Zagotavljanje kakovosti storitev
- Naslavljanje in usmerjanje informacije
- Usklajevanje stanja komunikacijskega sistema
- Dogovarjanje o posebnih postopkih
- Varnost
- Podpora aplikacijam



Telekomunikacijski protokoli

Protokolni sklad

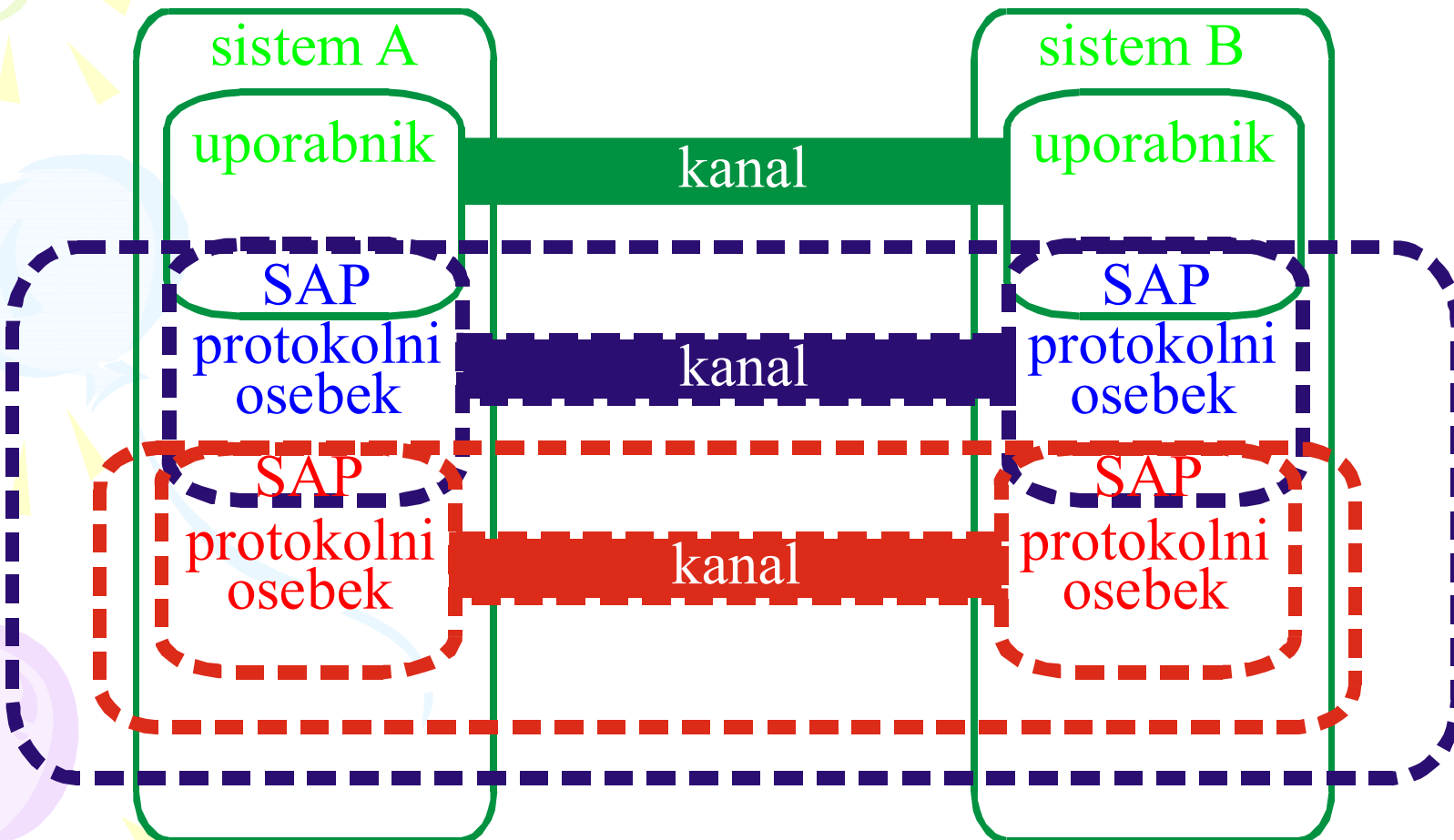
Problemi sodobnih TK sistemov

- kompleksnost specifikacije
- kompleksnost načrtovanja in razvoja
- kompleksnost vzdrževanja

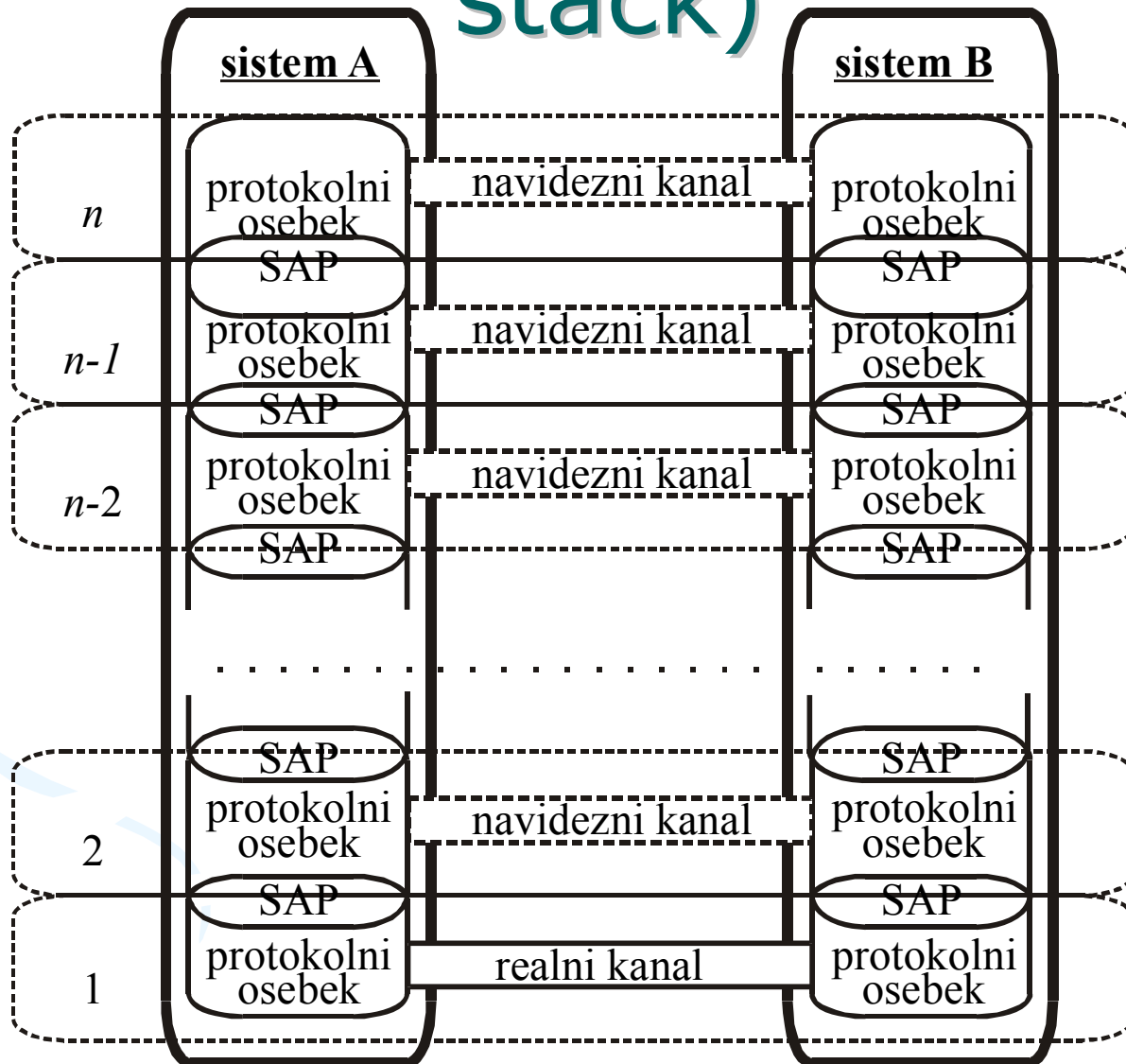
Rešitev

- divide et impera! (deli in vladaj!)
- razdelitev problema na podprobleme
- razslojevanje sistema

Razslojevanje telekomunikacijskega sistema



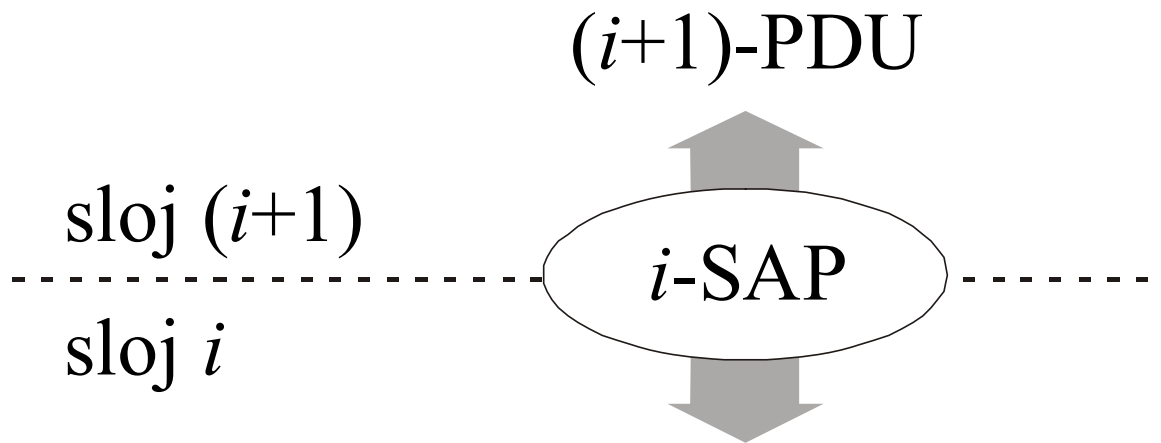
Protokolni sklad (protocol stack)



Protokol med partnerjema (peer-to-peer protocol)



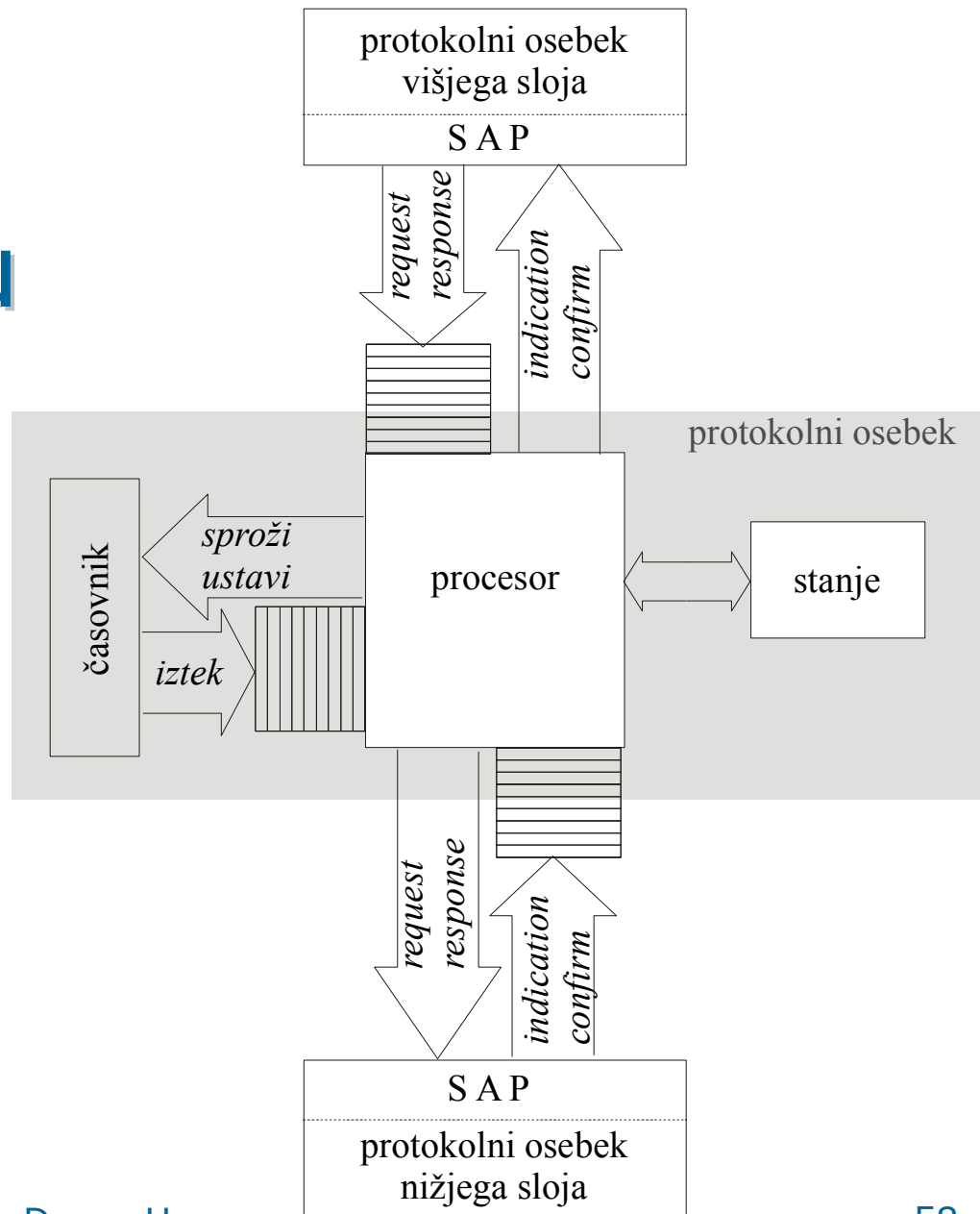
Sporočila dveh sosednjih slojev v protokolnem skladu



$$i\text{-PDU} = i\text{-PCI} + i\text{-SDU}$$

$$(i\text{-SDU} = (i+1)\text{-PDU})$$

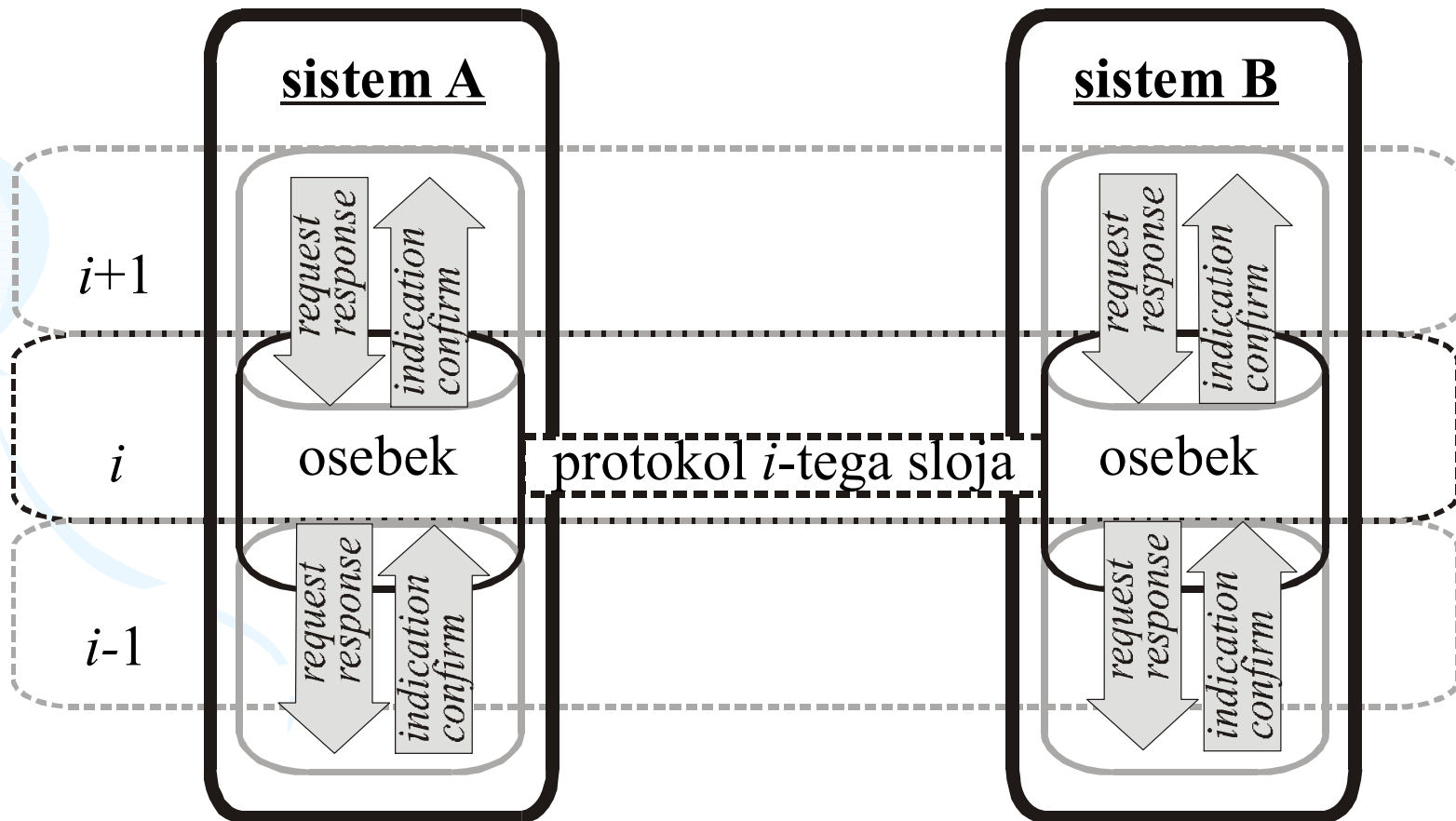
Model protokolnega osebka v sloju protokolnega sklada



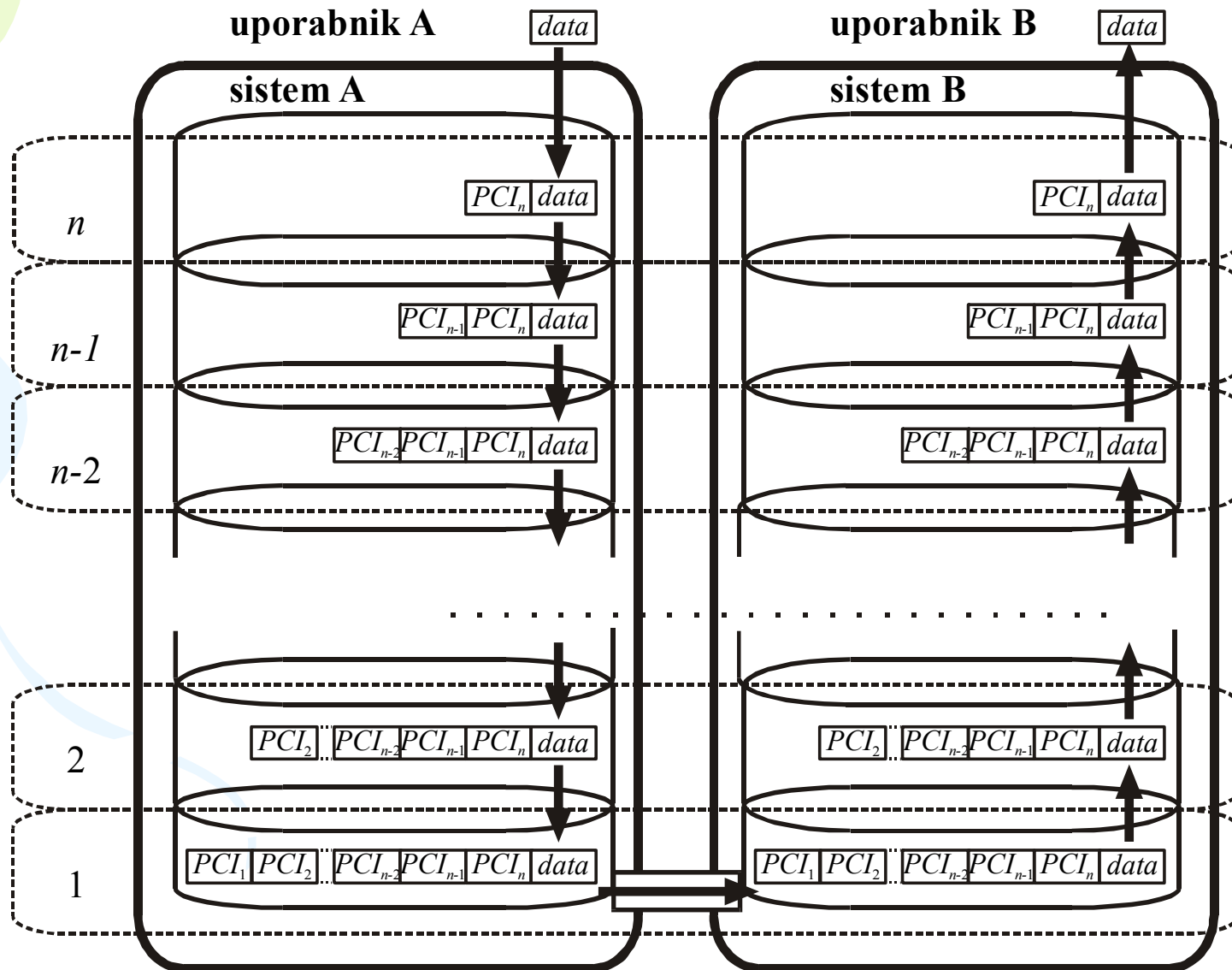
Nekaterne značilnosti protokolnega sklada

- delitev nalog
- vsak sloj je sam zase preprost
- vmesniki med sloji so preprosti
- vmesniki med sloji so dobro definirani
- aplikacijski sloj
- fizični sloj

Partnerska osebka v sloju protokolnega sklada

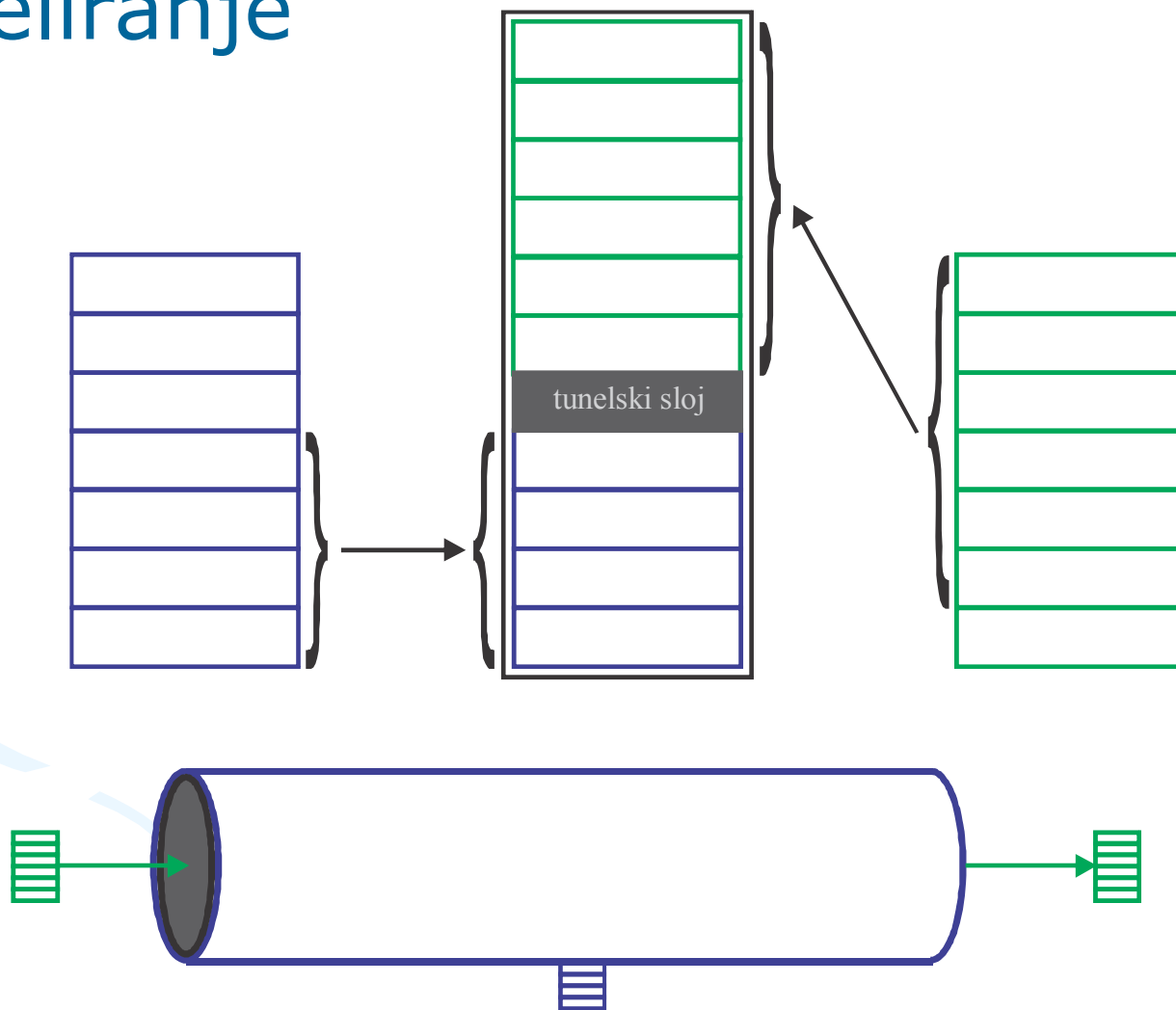


Prenos sporočila med uporabnikoma



Kombiniranje protokolov v skladu

- tuneliranje



Kombiniranje protokolov

- ravnine komuniciranja
 - uporabniška ravnina
 - krmilna ravnina
 - upravljaljska ravnina



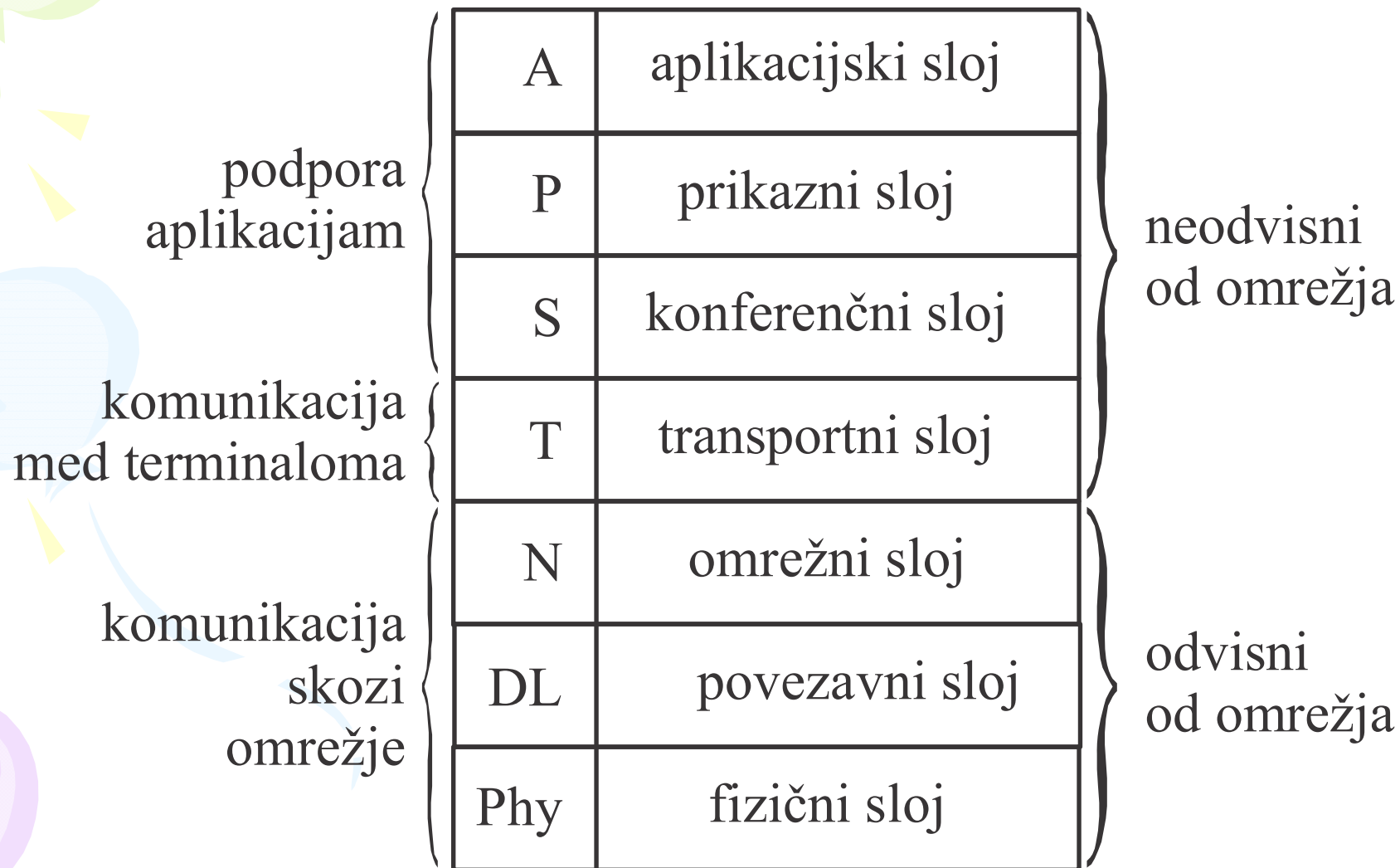
Primeri protokolnih skladov

- Referenčni model za povezovanje odprtih sistemov (OSI)
- Protokolni sklad TCP/IP
- Protokolni sklad ATM
- Protokolni sklad SS7
- Protokolni sklad GSM

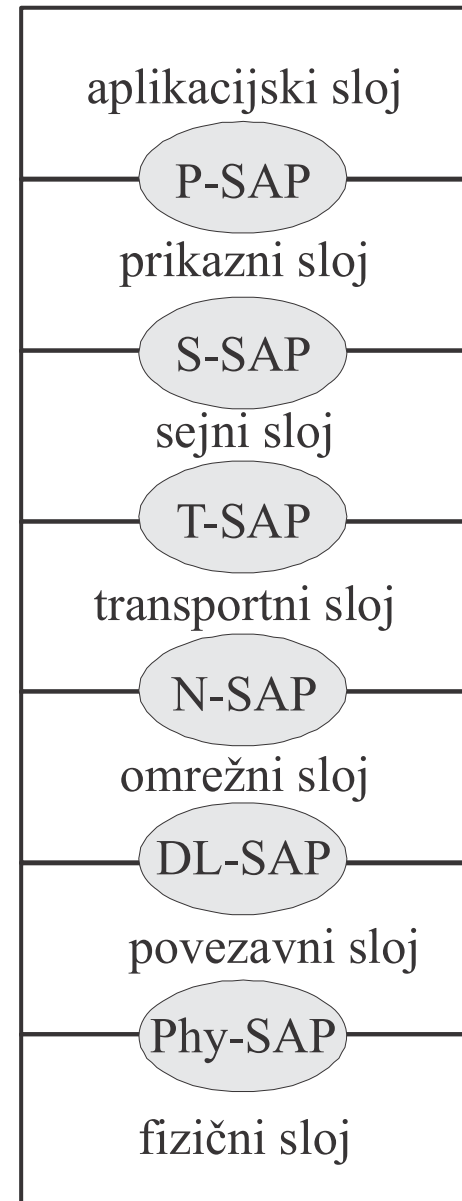
Referenčni model za povezovanje odprtih sistemov (Open System Interconnection - OSI)

- ISO
- odprt sistem: sistem, ki lahko komunicira s sistemi, ki uporabljajo isti protokolni sklad in iste protokole
- referenčni model
- najprej model, potem protokoli

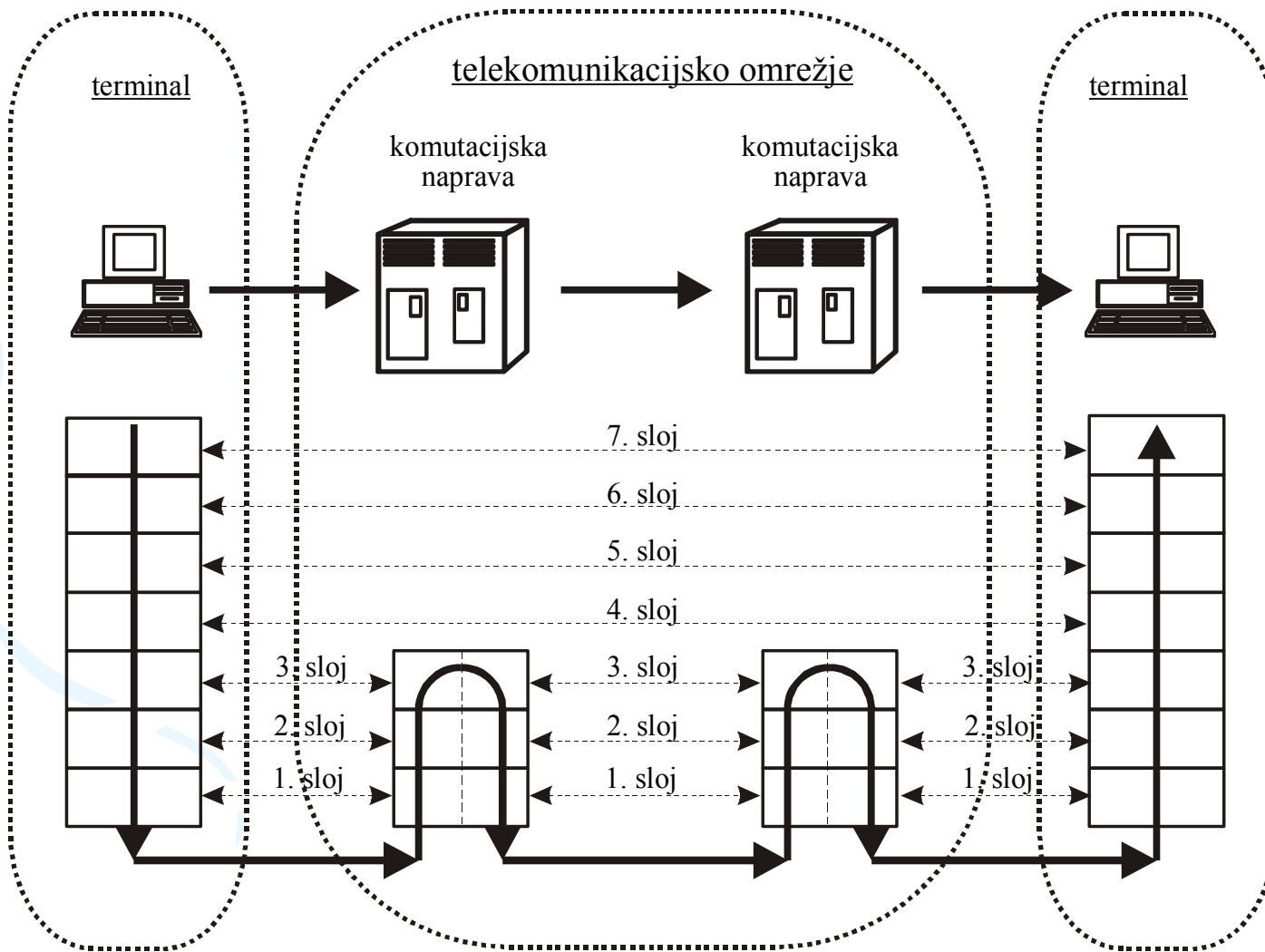
Referenčni model OSI)



Referenčni model za povezovanje odprtih sistemov



Referenčni model OSI



Referenčni model OSI

- Fizični sloj (Physical layer - Phy)
 - *enota prenosa*: bit
 - *storitev*: prenos zaporedja bitov
 - *naloge*: specificira fizične in električne lastnosti vmesnika, bitna sinhronizacija

Referenčni model OSI

- Povezovalni sloj (Data-Link layer - DL)
 - enota prenosa: okvir
 - storitev: (zanesljiv) prenos paketov višjega sloja
 - *naloge*: uokvirjanje, sinhronizacija okvirjev, detekcija napak, popravljanje napak, upravljanje zvez (de)multipleksiranje, komutacija, krmiljenje pretoka

Referenčni model OSI

- Omrežni sloj (Network layer - N)
 - enota prenosa: paket
 - storitev: (zanesljiva) vzpostavitev, vzdrževanje in sprostitvev zveze ali prenos datagramov od enega končnega uporabnika do drugega
 - *naloge*: naslavljanje, usmerjanje, krmiljenje pretoka

Referenčni model OSI

- Transportni sloj (Transport layer - T)
 - enota prenosa: sporočilo
 - *storitev*: prenos sporočil višjega sloja med končnima uporabnikoma z zahtevano kvaliteto storitve
 - *storitev odvisna* od kvalitete uporabljenega omrežja
 - *naloge*: popravljanje napak, krmiljenje pretoka, drobljenje, (de)multipleksiranje

Referenčni model OSI

- Sejni sloj (Session layer - S)
 - *storitev*: organizacija transakcij in dialoga med aplikacijami
 - *naloge*: usklajevanje izmenjave transakcijskih enot, vzpostavljanje sinhronizacijskih točk, poročanje o nepopravljivih napakah

Referenčni model OSI

- Prikazni sloj (Presentation layer - P)
 - *storitev*: usklajevanje prenosne sintakse z abstraktno sintakso in internimi formati aplikacij
 - *naloge*: definicija prenosne sintakse, pretvarjanje formatov, kompresija, šifriranje

Referenčni model OSI

- Aplikacijski sloj (Application layer - A)
 - *storitev*: neposredna podpora aplikacijam
 - *naloge*: definicija in izvajanje splošnih in posebnih aplikacijskih storitvenih elementov

Referenčni model OSI - LAN/MAN

- Povezavni sloj

- podsloj za dostop do medija (Medium Access Control sublayer - MAC)
- podsloj za krmiljenje logičnega kanala (Logical Link Control sublayer - LLC)

Slabosti modela OSI

- Malo uporabljana sloja S in P
- ponavljanje iste funkcije v več slojih
- nekateri sloji so izgubili pomen
- v kompleksnih sodobnih sistemih se je pojavila potreba po novih slojih in funkcionalnostih

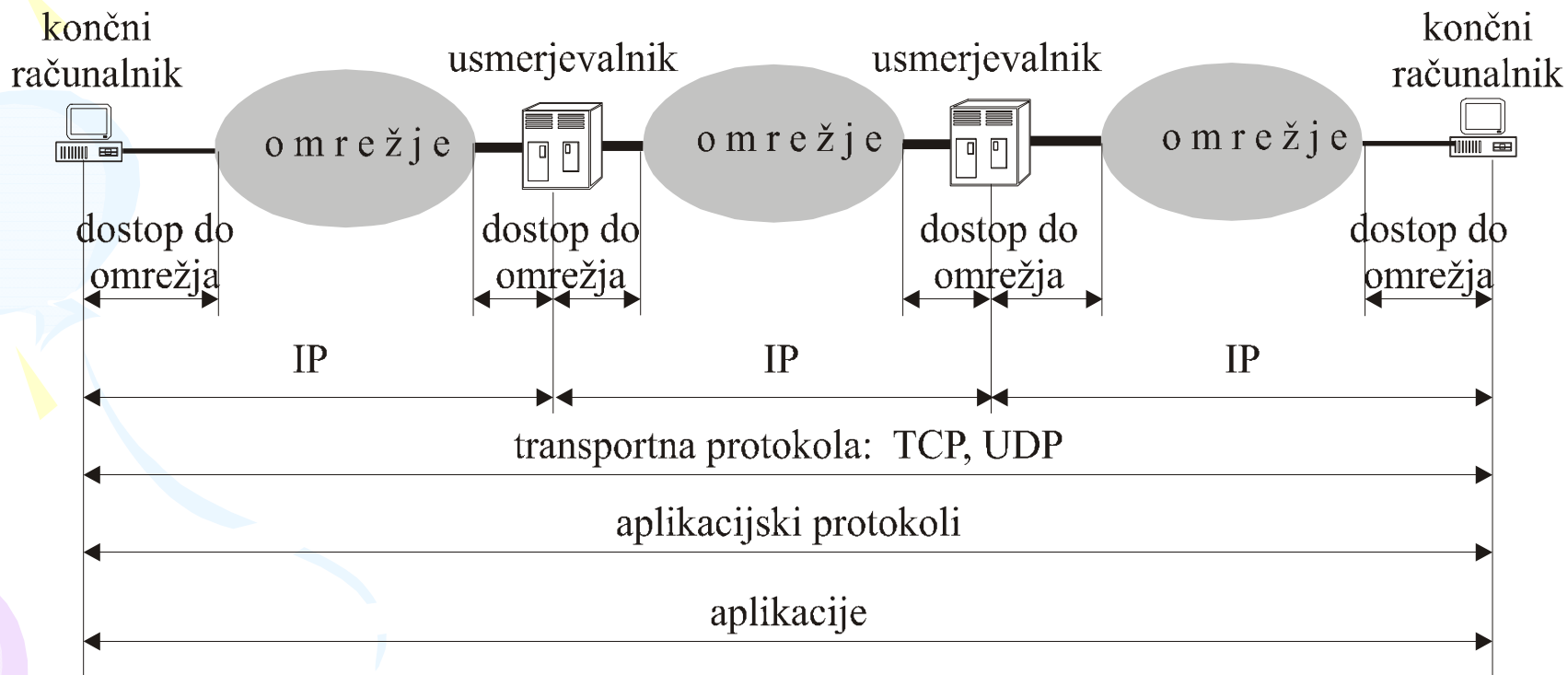
Vloga modela OSI danes

- izhodišče za definiranje protokolnih skladov
- referenčni model za primerjavo protokolnih skladov

Protokolni sklad TCP/IP



Področje delovanja protokolov v omrežju Internet

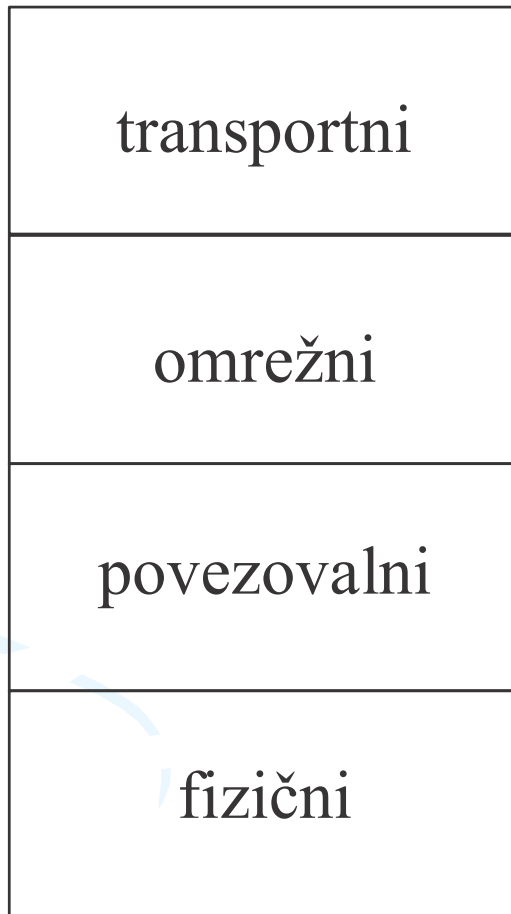


Primerjava modelov OSI in TCP/IP



Protokolni sklad ATM

referenčni model OSI



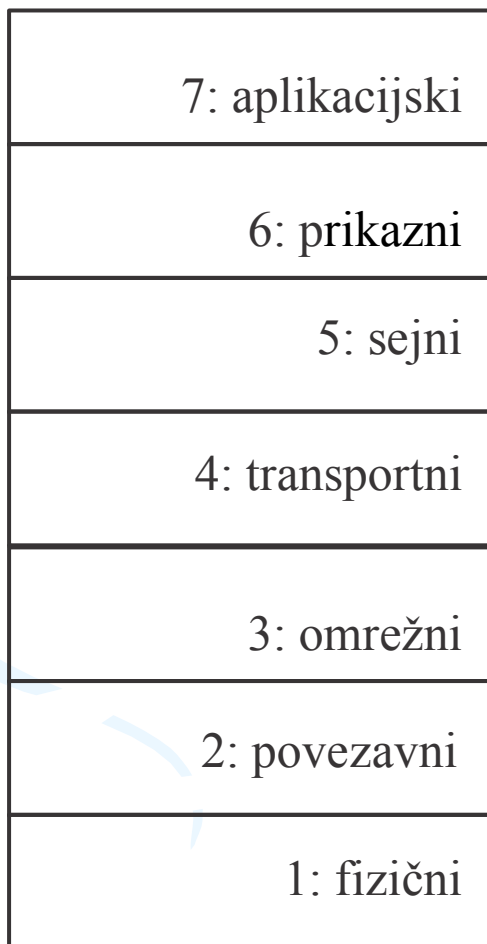
protokolni sklad ATM



Protokolni sklad SS7

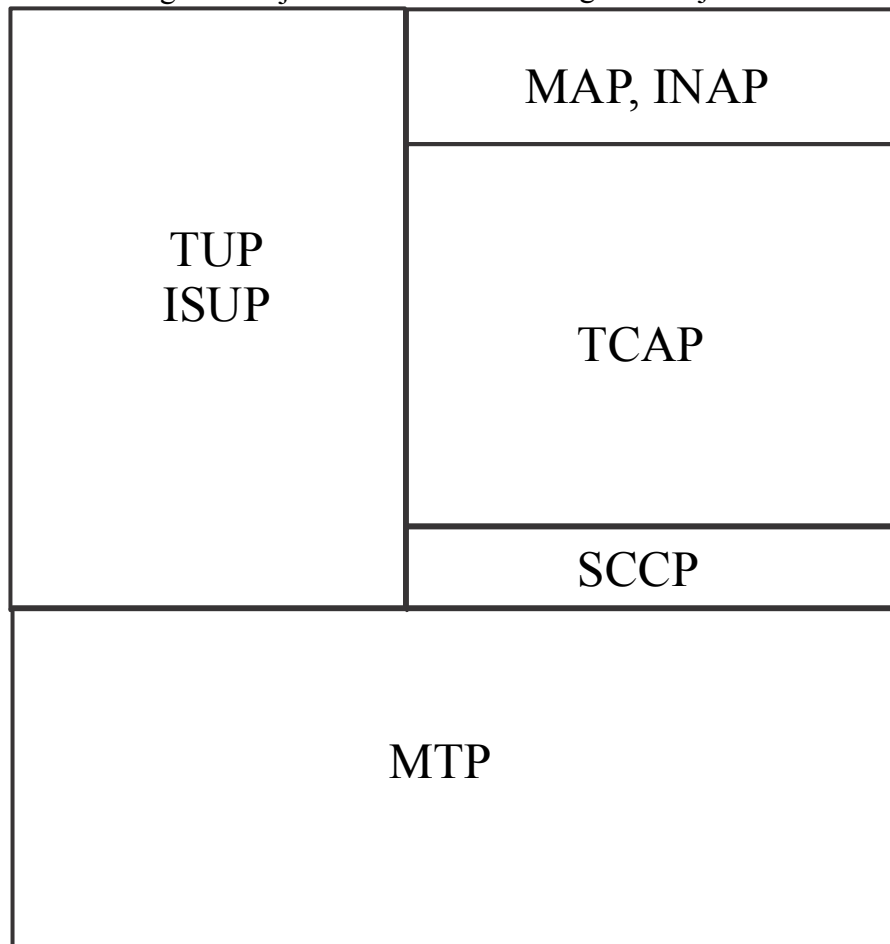
O S I

S S 7



zvezi pridružena
signalizacija

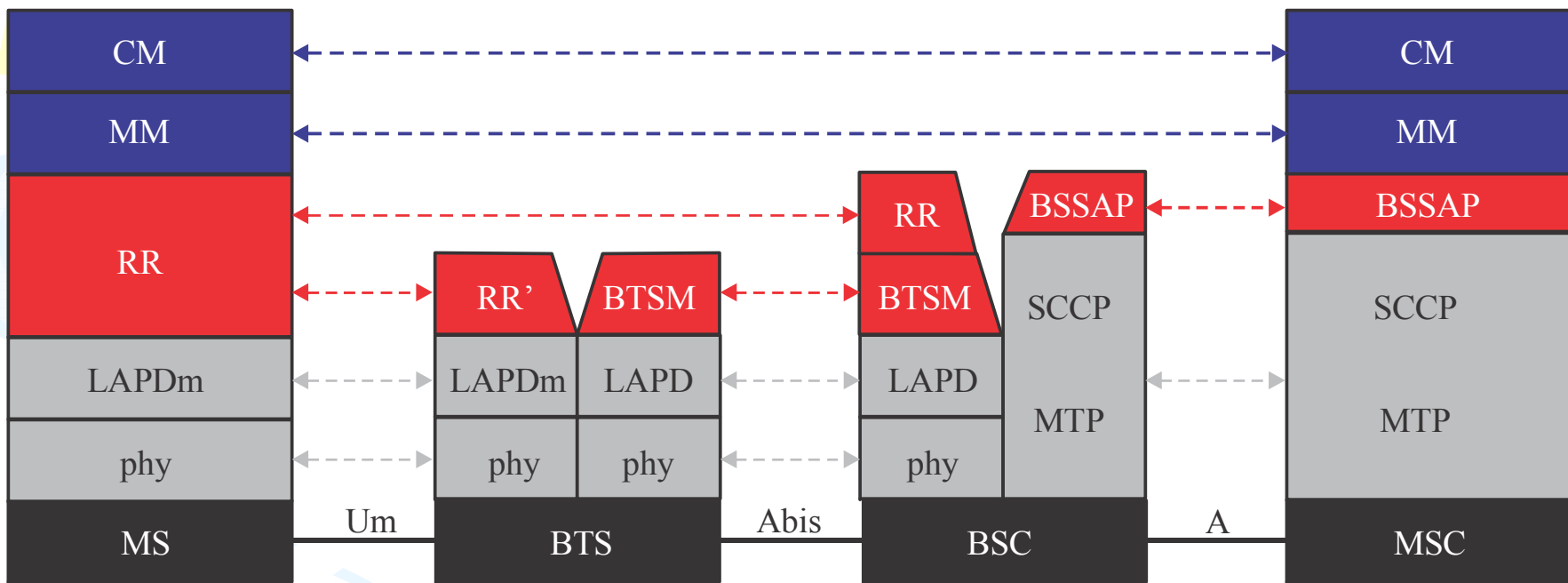
samostojna
signalizacija



Protokolni sklad VoIP

uporabniška ravnina	krmilna ravnina	krmilna ravnina
prenos informacije v realnem času	nadzor nad sejo in kvaliteto storitve	krmiljenje govornih zvez
RTP	RTCP	SIP
UDP		TCP, SCTP
IP		
nižji sloji		

Protokolni sklad v dostopovnem omrežju GSM



protokoli krmilne ravnine
protokoli upravljske ravnine
protokoli nižjih slojev
omrežni elementi