

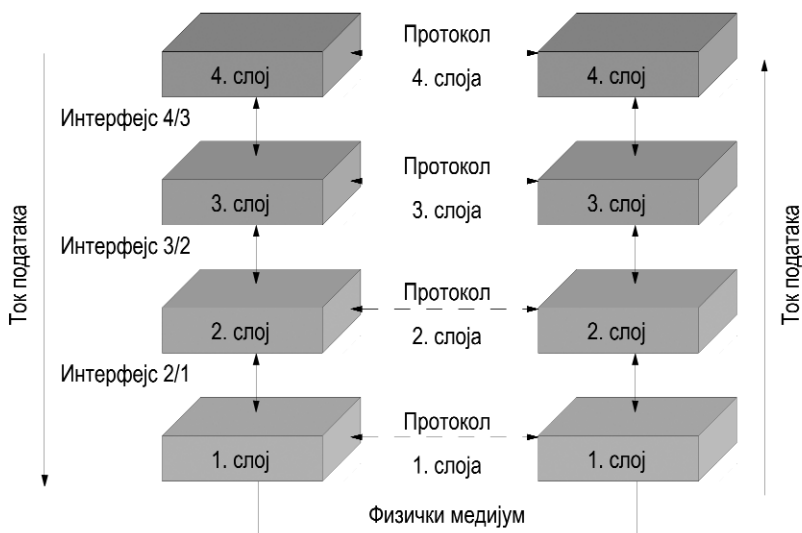
3. Слојевита архитектура протокола

Због комплексности у пројектовању рачунарских мрежа поступци за предају, пренос и пријем порука организовани су као серија слојева или нивоа. Број слојева, као и њихова имена разликују се од мреже до мреже. У свим мрежама намена сваког слоја је да пружи одређену услугу¹ вишим слојевима, штитећи те слојеве од детаља (нпр. како се услуга реализује). Виртуелно слој N на једном рачунару води конверзацију са слојем N на другом рачунару. Правила и конвенције који се користе у овој конверзацији заједничке су и познате као протокол N -тог слоја. На слици 3.1 представљен је четворослојни модел.

У стварној комуникацији подаци се не шаљу директно из слоја N једног рачунара ка слоју N другог рачунара (осим у најнижем слоју). Уместо тога, сваки слој предаје податке и управљачке информације ка слоју који је одмах испод, докле год не стигне до најнижег слоја. На најнижем слоју постоји физичка комуникација са другим рачунаром, супротно од виртуелне комуникације коју користе протоколи виших слојева.

Између сваког пара суседних слојева постоји интерфејс². Интерфејс дефинише које основне операције и услуге нижи слој нуди вишем слоју. Када пројектант мреже одлучи колико слојева ће укључити у мрежу и шта ће који од њих да ради најважније је јасно дефинисати интерфејсе између слојева.

Јасно дефинисање слојева, заузврат, захтева да сваки слој извршава специфични скуп јасно дефинисаних функција. Последица тога је да се један слој може заме-



Слика 3.1 Слојеви, протоколи и интерфејси

¹ Користи се и термин сервис.

² Interface (спрега).

нити потпуно другим слојем (нпр. телефонска линија може се заменити сателитском везом), пошто је све што се тражи од новог слоја да пружи исти скуп услуга слоју изнад себе, као што је претходна имплементација обезбеђивала.

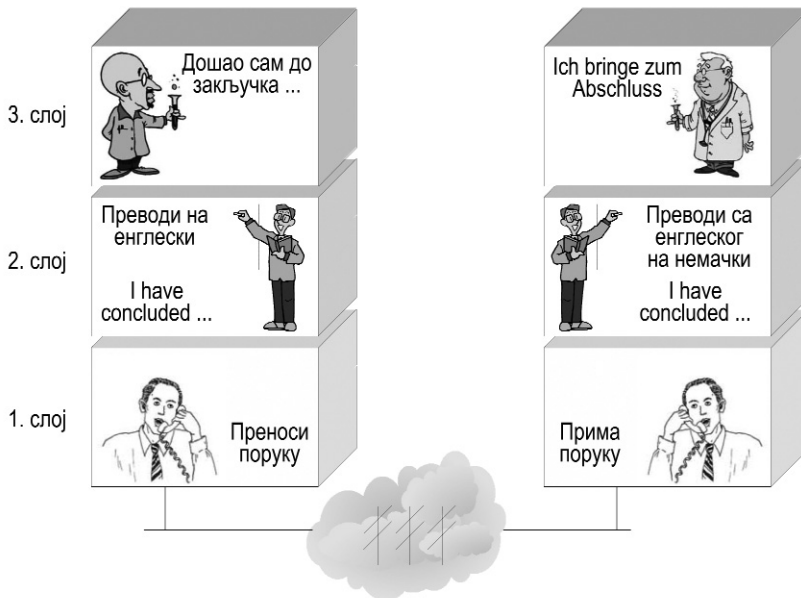
Важна ствар за разумевање слике 3.1 јесте релација између виртуелне и стварне комуникације и разлика између протокола и интерфејса. Процес парњак¹ на 4. слоју, на пример, размишља о својој комуникацији као да је „хоризонтална“, користећи протокол 4. слоја. Сваки од њих има процедуру која се назива „пошаљи на другу страну“ и процедуру „узми са друге стране“, иако ове процедуре стварно комуницирају са нижим слојевима преко 4/3 интерфејса а не са другом страном.

Скуп слојева и протокола назива се слојевита архитектура.

Спецификација архитектуре мора да садржи довољно информација да омогући ономе ко је имплементира писање програм за сваки слој, тако да програм коректно реализује одговарајући протокол. Ни детаљи имплементације, ни спецификација интерфејса нису делови архитектуре. У ствари чак ни сви интерфејси на свим рачунарима нису исти, а ипак је обезбеђено да сваки рачунар може коректно да користи протокол.

Пример вишеслојне архитектуре је следећи²: замислите да два истраживача (парњаци 3. слоја) од којих је један у Београду а други у Берлину, желе да комуницирају (слика 3.2).

Пошто немају заједнички језик они укључују преводиоце (парњак-процес 2. слоја), а сваки од њих контактира инжењере (парњак-процес 1. слоја). Истраживач А жели да пренесе своје закључке истраживачу Б (свом парњаку). Он шаље своје за-

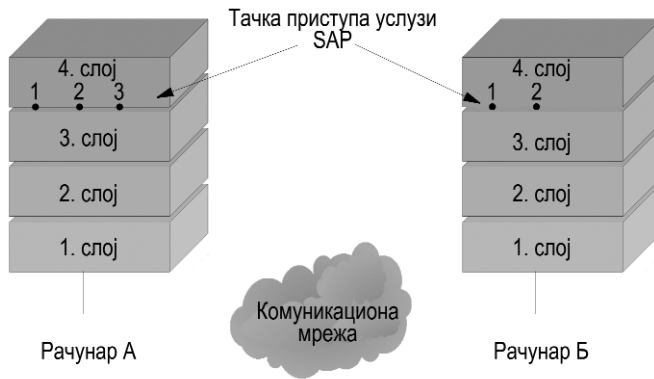


Слика 3.2 Пример вишеслојне архитектуре: комуникација два истраживача

¹ Peer to peer process

² Пример преузет из [1].

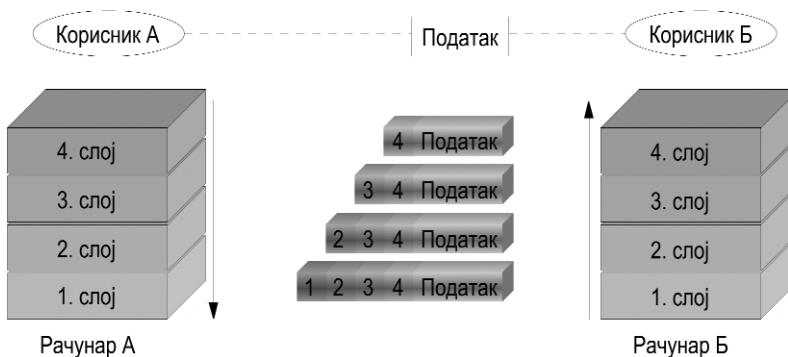
3. Слојевита архитектура протокола



Слика 3.3 Комуникација преко тачке приступа услузи (SAP)

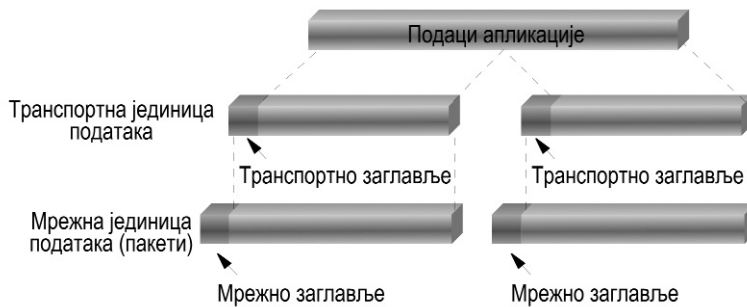
кључке на српском језику као поруке преко 2/3 интерфејса ка свом преводиоцу који их преводи на енглески или на француски језик, зависно од протокола 2. слоја. Преводилац затим даје поруку свом техничару који поруку преноси телеграмом, телефоном, рачунарском мрежом или неким другим средством, зависно како су се унапред договорили (протокол 1. слоја). Када порука стигне она се преводи на немачки и преноси преко 2/3 интерфејса истраживачу Б. Уочимо да је сваки протокол потпуно независан од других протокола докле год се интерфејс не мења. Преводилац може мењати језике са енглеског на француски подразумевајући да се оба слажу и да ни један не мења интерфејс ка 1. слоју или 3. слоју.

Посматрајмо технички пример: како обезбедити виртуелну везу ка највишем слоју четворослојне мреже. На слици 3.3 поруку М генерисао је процес који се одвија на 4. слоју. Порука се прослеђује са 4. до 3. слоја преко интерфејса 4/3 слоја који има јединствену адресу у оквиру тог система. Адреса интерфејсне тачке среће се и под називом тачка приступа услузи (SAP¹). Са становишта апликационих процеса на 4. слоју комуникација рачунара А и Б изводи се преко тачака приступа 1, 2 и 3 рачунара А до тачака приступа 1 и 2 на рачунару Б.



Слика. 3.4. Пример протока података у четворослојном моделу

¹ Service Access Point



Слика 3.5 Јединице података протокола (PDU)

Као што смо истакли целине на истом слоју међусобно комуницирају користећи протокол тог слоја. Да би се реализовао протокол поред корисничких података морају се преносити и управљачке информације које се означавају као заглавље тог слоја. Комбинација података вишег слоја и управљачких информација чини јединицу података протокола PDU¹ (слика 3.4). Сваки слој додаје своје заглавље не залазећи у садржај јединице података коју је добио од вишег слоја. Овај процес назива се укалупљивање².

У нашем примеру, као и у другим стварним мрежама, не постоји ограничење у величини поруке коју може 4. слој да прими, али постоји ограничење које поставља 3. слој. Посматрајући даље, 4. слој мора да подели поруку у мање јединице додајући заглавље свакој јединици. Ово заглавље укључује управљачке информације, као што је нпр. редни број, да би се омогућило 4. слоју на одредишном рачунару да повеже делове у правилном редоследу.

3.1 OSI референтни модел

На слици 3.6 приказан је OSI³ референтни модел. Овај модел базиран је на препорукама које је развила интернационална организација ISO. Модел се назива ISO OSI референтни модел за међусобну комуникацију отворених система зато што се бави повезивањем отворених система - система који комуницирају са другим системима.

У овом делу објаснићемо укратко намену сваког од слојева:

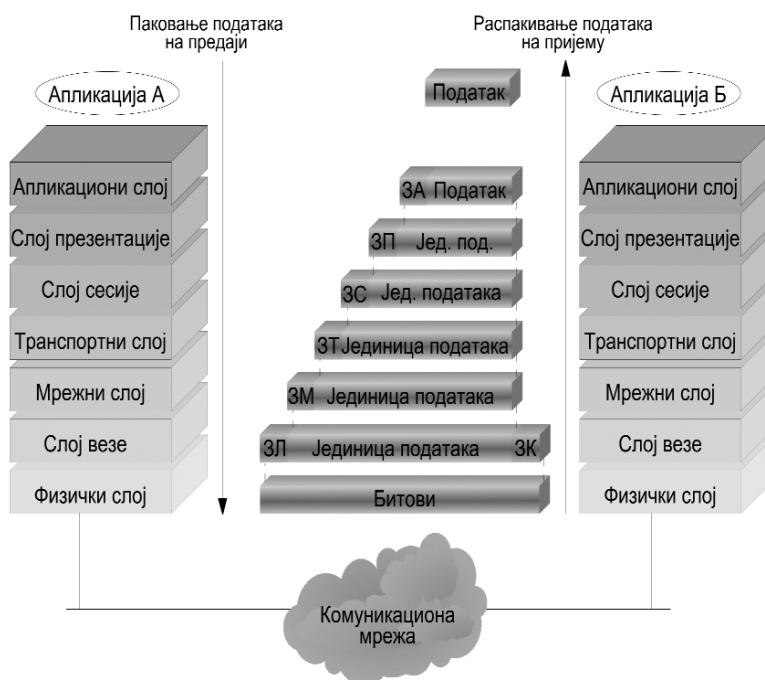
- Физички слој је задужен за пренос преко физичке средине за пренос (трансмисионог медијума). Приликом приступа трансмисионом медијуму физички слој води рачуна о механичким, електричним, функционалним и процедуралним карактеристикама;
- Слој везе обезбеђује поуздан пренос података преко физичке везе. Шаље блокове података (рамове) са подацима потребним за синхронизацију, контролу тока, откривање и отклањање грешака;
- Мрежни слој одговоран је за успостављање, одржавање и раскидање везе. Омогућава да виши слојеви раде потпуно независно од врсте преноса или примењене комутационе технике;

¹ Protocol Data Unit

² Encapsulation

³ Open System Interconnection - отворен систем за међусобну комуникацију.

3. Слојевита архитектура протокола



Слика 3.6 OSI референтни модел

- Транспортни слој омогућава поуздан и транспарентан пренос података између крајњих тачака везе. Омогућава отклањање грешака¹ и контролу тока с краја на крај;
- Слој сесије обезбеђује управљачке структуре за међусобну комуникацију апликација. Омогућава успостављање, одржавање и раскидање везе (сесије) између одговарајућих апликација;
- Слој презентације обезбеђује да апликациони процеси не зависе од разлика у представљању података (синтакси);
- Слој апликације обезбеђује корисницима приступ OSI окружењу и такође обезбеђује дистрибуирану информациону услугу.

Слика 3.6 приказује и употребу јединице податка у оквиру OSI референтног модела. Када апликација X има податке за апликацију Y она их шаље апликационој целини (процесу) на апликационом слоју. Подацима се додаје заглавље 3А (тзв. процес укалупљивања) које садржи управљачке информације потребне парњаку, 7. слоју на одредишту. Оригинални подаци заједно са заглављем сада се прослеђују 6. слоју. Презентациони слој посматра јединицу података као јединствену целину и додаје своје заглавље 3П (друго укалупљивање).

Овај процес наставља се све до слоја везе (линка) који додаје и ознаку о почетку (3Л) и крају² (3К) јединици података. Јединица података 2. слоја, која се назива рам (оквир)

¹ Користи се и термин опоравак од грешака.

² Trailer

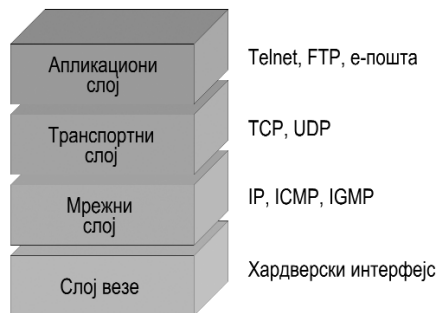
преко физичког слоја прослеђује се на трансмисиони медијум. Када рам стигне до одређеног система на њему се одвија процес обрнутог редоследа. Сваки слој примивши јединицу података уклања управљачке информације (заглавље) њему упућене а остатак прослеђује вишем слоју.

3.2 TCP/IP референтни модел

TCP/IP скуп протокола¹ омогућава рачунарима различитих величина и различитих произвођача који раде под различитим оперативним системима да међусобно комуницирају. Развила их је 1960. године агенција DARPA² за мрежу са комутацијом пакета. Од 1990. године то је начин за повезивање рачунара који се највише користи, тј. *de facto* стандард. TCP/IP протоколи су основа Интернета. Скуп TCP/IP протокола је комбинација различитих протокола са различитих слојева. TCP/IP је четворослојни систем као што је приказано на слици 3.7.

Сваки од слојева има различита задужења:

- Слој везе (среће се у литератури и под називом приступ мрежи) води рачуна о свим хардверским детаљима физичког медијума који се користи. Укључује софтверске модуле³ оперативног система и одговарајуће хардверске интерфејсе⁴ датог рачунара;
- Мрежни слој (среће се и под називом интернет слој) води рачуна о кретању пакета кроз мрежу. Преусмеравање (рутирање) пакета извршава се на овом слоју. Протоколи IP⁵, ICMP⁶ и IGMP⁷ чине мрежни слој у TCP/IP скупу протокола;
- Транспортни слој апликационом слоју изнад себе обезбеђује проток података између две станице (рачунара). У TCP/IP скупу протокола постоје два потпуно различита транспортна протокола: TCP и UDP⁸.



Слика 3.7 Четворослојни скуп TCP/IP протокола

¹ *Transmission Control Protocol /Internet Protocol (TCP/IP) protocol suite*

² *Defense Advanced Research Projects Agency*

³ *Device driver*

⁴ Користе се различити термини: физички интерфејс, мрежне картице, мрежни интерфејс.

⁵ *Internet Protocol (IP)* - Интернет протокол. У овом уџбенику користимо термин IP протокол. Правилније би било само IP пошто пошто у скраћеници слово P већ потиче од протокола (*Protocol*). Ова примедба се односи и на остале протоколе и њихове скраћенице.

⁶ *Internet Control Message Protocol*

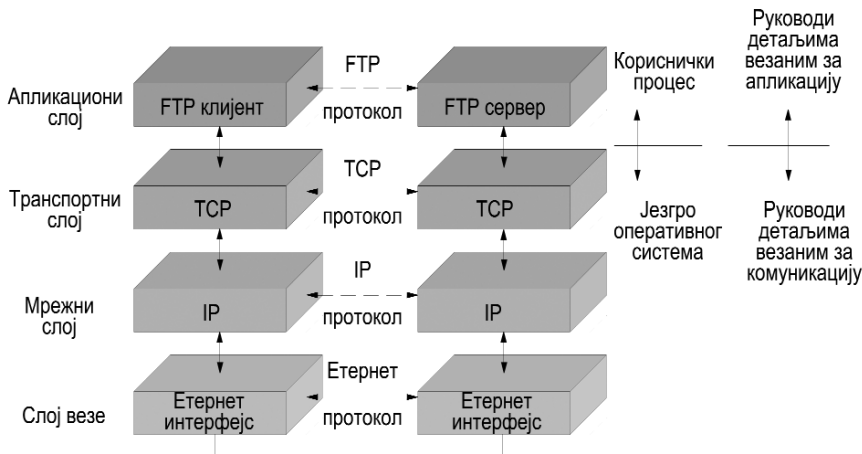
⁷ *Internet Group Management Protocol*

⁸ *User Datagram Protocol*

3. Слојевита архитектура протокола

- TCP обезбеђује поуздан проток података између рачунара. Од података које добија од апликације: формира целине (делове) које прослеђује мрежном слоју, шаље потврде о успешном пријему пакета од удаљених рачунара, поставља времена на часовницима¹, итд. Пошто транспортни слој обезбеђује поуздан пренос (ток) података апликациони слој је потпуно ослобођен од ових задатака.
- С друге стране UDP обезбеђује много једноставнију услугу (сервис) апликационом слоју. Он једноставно шаље од једног до другог рачунара пакете података (датаграме). Све захтеве за поузданошћу мора да преузме апликациони слој.
- Апликациони слој води рачуна о карактеристичним детаљима сваке апликације. У скоро свим имплементацијама обезбеђене су следеће апликације:
 - Telnet - удаљени приступ;
 - FTP² - пренос датотека;
 - SMTP³- електронска пошта;
 - SNMP⁴ - надзор и управљање мрежом.

Уколико постоје две станице на једној локалној мрежи (нпр. Етернет) и на обе је покренут FTP који су протоколи укључени приказано је на слици 3.8. Једна апликација је означена као клијент а друга као сервер. Већина мрежних апликација је тако пројектована (клијент-сервер). Сервер обезбеђује одређене врсте услуга клијенту, у овом случају приступ фајловима на серверу. Апликације за удаљени приступ⁵ пружају клијенту могућност да се пријави на сервер. Сваки слој има један или више протокола који му обезбеђују комуникацију са „парњаком“⁶ на истом слоју. На пример TCP протокол обезбеђује комуника-



Слика 3.8 Две станице са FTP протоколом на локалној рачунарској мрежи Етернет типа

¹ Систем који се користи је следећи: часовници (*timer*) се постављају на одређену вредност, тј. време (*timeout*).

² File Transfer Protocol

³ Simple Mail Transfer Protocol

⁴ Simple Network Management Protocol

⁵ Telnet - удаљени приступ.

⁶ Peer

цију два транспортна слоја, а IP протокол обезбеђује комуникацију два мрежна слоја. На десној страни слике може се уочити да је уобичајено да је апликациони слој кориснички процес, док су нижа три слоја обично реализована као језгро оперативног система¹.

Постоји још једна битна разлика између највишег слоја и доња три слоја. Апликациони слој води рачуна само о детаљима везаним за апликацију а не о кретању података кроз мрежу. Нижи слојеви не знају ништа о апликацији али руководе кретањем података кроз мрежу.

На слици 3.8 приказана су четири различита протокола, сваки за различити слој: FTP за апликациони слој, TCP за транспортни слој, IP за мрежни слој и Етернет за слој везе. TCP/IP скуп протокола је комбинација више протокола. Без обзира што је назив TCP/IP, TCP и IP су само два протокола. Друго име које се користи је скуп протокола на Интернету².

Намена најнижег слоја који води рачуна о приступу мрежи и највишег апликационог слоја сасвим је јасна. Први води рачуна о свему што је везано за комуникациони медијум, као што су бежичне рачунарске мреже или локалне рачунарске мреже по стандарду IEEE802.x³, док други води рачуна о свему што је везано за корисничку апликацију (FTP, Telnet, итд.). С друге стране разлика између мрежног и транспортног слоја није на први поглед јасно видљива. Да би се боље разумела разлика морамо посматрати не више само једну мрежу већ скуп мрежа.

Најједноставнији начин да се направе међусобно повезане мреже је повезати две мреже са уређајем за преусмеравање – рутером. Позитивна страна рутера је да омогућава везу са различитим типовима физичких мрежа – Етернет, прстен са жетоном, бежичне, тачка-тачка везе, итд. Слика 3.9 приказује разлику између крајњег система (два рачунара на крајевима) и међусистема (рутер у средини). Апликациони слој и транспортни слој користе протоколе с краја на крај⁴. Ови протоколи потребни су само крајњим системима. Мрежни слој обезбеђује протокол од једне станице до друге (скок по скок⁵) и користе га сви системи: и крајњи и међусистеми.

У скупу TCP/IP протокола мрежни слој не обезбеђује поуздану услугу. То значи прослеђује пакете од изворишта до коначног одредишта што је могуће боље, али не гарантује да је пакет и стигао на одредиште. TCP протокол с друге стране обезбеђује поуздану транспортну услугу користећи непоуздану IP услугу. Да би обезбедио поуздану услугу TCP употребљава часовнике, поновно слање пакета, шаље и прима потврде с краја на крај и сл. Рутер по својој дефиницији има два (или више) мрежна интерфејса⁶ пошто повезује две (или више) мреже.

Један од циљева Интернета је да од апликације прикрије детаље физичког преноса.

¹ На овај начин је реализовано на UNIX оперативном систему.

² *Internet protocol suite*

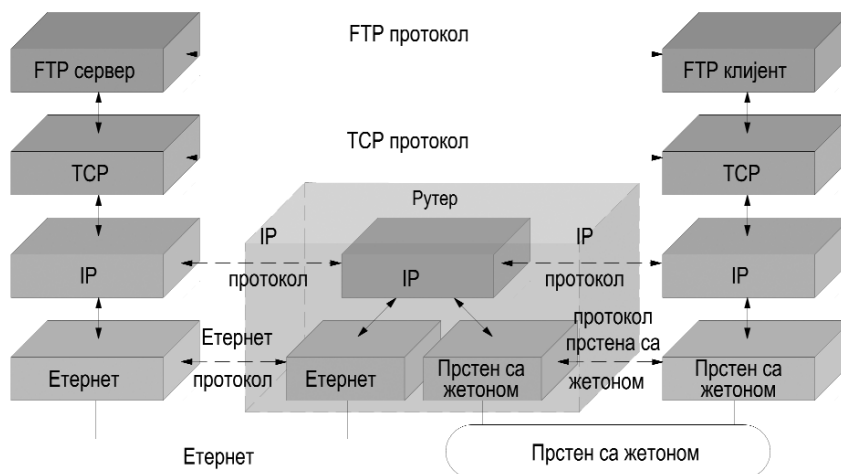
³ У поглављу 12 биће детаљно анализирани протоколи за приступ трансмисионим медијумима у локалним рачунарским мрежама. Организација која се највише бави стандардизацијом локалних рачунарских мрежа је IEEE. Најпознатији стандарди који се односе на локалне рачунарске мреже носе ознаке IEEE 802.3 (срећу се и под називом Етернет - енг. *Ethernet*), IEEE 802.5 (срећу се под називом прстен са жетоном - енг. *token ring*) и IEEE 802.11x (бежичне локалне рачунарске мреже - енг. *wireless*).

⁴ *End to end*

⁵ *Hop by hop*

⁶ Крајња станица (хост) може такође да има више мрежних интерфејса (*multihomed*) али ако није конфигурирана да врши преусмеравање пакета онда се не може назвати рутер.

3. Слојевита архитектура протокола



Слика 3.9 Две TCP/IP мреже међусобно повезане рутером

Као што се види на слици 3.9 (са два мреже) апликациони слојеви не морају да воде рачуна (и не воде рачуна) о томе да је једна станица на Етернет мрежи а друга на прстену са жетоном са рутером између њих. Апликација ће радити на исти начин чак и ако се између њих нађе 20 рутера са додатним врстама мрежних интерфејса. Прикривање ових детаља чини слојевити концепт протокола Интернета толико моћним и корисним решењем.

Као што је поменуто у скупу TCP/IP протокола постоји више протокола. На слици 3.10 приказане су њихове међусобне везе. TCP и UDP су доминантни протоколи транспортног слоја. Оба користе IP протокол на мрежном слоју. TCP обезбеђује поуздан пренос без обзира што сервис који користи IP није поуздан. Протокол UDP је за разлику од протокола TCP без успоставе везе (тј. непоуздан). Нема никаквих гаранција да јединица података протокола икада стигне на одредиште. Апликације као што су: систем имена домена DNS¹ или протокол за надзор и управљање у рачунаским мрежама SNMP², користе UDP протокол.

IP је главни протокол на мрежном слоју. Користе га и TCP и UDP протоколи. На слици 3.10 такође видимо да неке апликације директно користе IP протокол. Ово се ретко користи али је могуће.

Протокол ICMP³ је додатак IP. Користе га IP слојеви за међусобну размену порука о грешци и других виталних информација. Апликациони процес такође може директно да користи ICMP протокол.

Протокол IGMP се користи код слања UDP пакета ка више рачунара (хостова). Специјална врста протокола су и ARP⁴ и RARP⁵. Користе се да би претворили адресу коју користе IP слојеви у адресу која се користи на слоју везе (мрежни интерфејси као што је нпр. Етернет или прстен са жетоном).

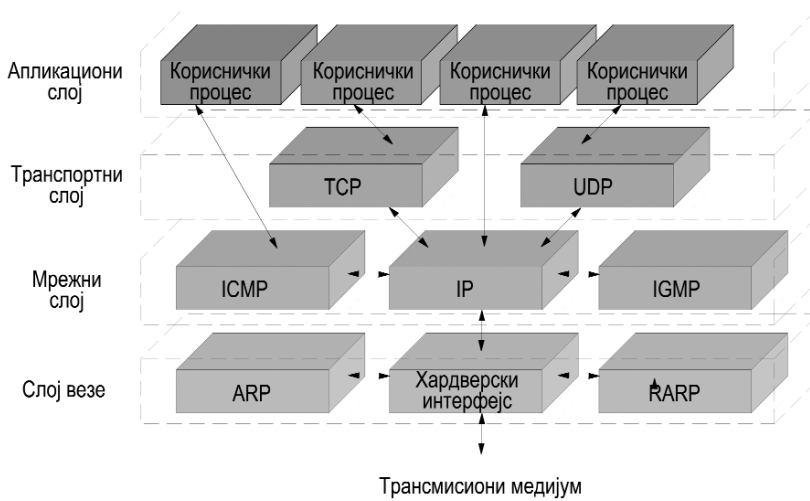
¹ Domain Name System

² Simple Management Transfer Protocol

³ Два популарна алата за дијагностику Ping и Traceroute користе ICMP протокол.

⁴ Address Resolution Protocol

⁵ Reverse Address Resolution Protocol



Слика 3.10 Протоколи на различитим слојевима TCP/IP референтног модела

Стандарди и TCP/IP

TCP/IP је постао популаран и међу онима који га развијају и међу онима који га користе. Разлог је његова отвореност и стално иновирање. Исто важи и за Интернет као отворену комуникациону мрежу. Ова отвореност брзо би постала велика мана уколико не би била контролисана. Не постоји државна организација која се бави правилима и прописима на Интернету. Контрола се највише заснива на међусобним договорима, а улогу стандардизационог тела Интернет комуне обавља организација ISOC (табела 1.2). Њом управља тело IAB. Тело IAB ослања се на две организације: IETF за издавање нових стандарда и IANA¹ за усаглашавање онога што користе различити протоколи.

Процес стандардизације на Интернету описан је у RFC 2026² који се бави свим протоколима, процедурама и конвенцијама које се користе на Интернету, независно од тога да ли јесу (или нису) део скупа TCP/IP протокола.

Скуп протокола на Интернету и даље се развија кроз механизам RFC. Нове протоколе (најчешће апликациони) истраживачи пројектују и имплементирају, представљају Интернет комуни у форми предлога³. Највећи извор предлога (ID⁴) потиче од организације IETF.

Два популарна интерфејса API⁵ за апликације које користе TCP/IP протоколе налазе се прикључци⁶ и TLI⁷.

¹ Internet Assigned Number Authorities

² Internet Standard Process Revision 3

³ Неки од ових протокола, нарочито оних који се појављују 1. априла су најблаже речено неприменљиви. На пример RFC 1149 (од 1 априла 1990. год.) описује како голубови преносе IP пакете, а RFC 1437 (од 1. априла 1993. год.) описује пренос људи електронском поштом.

⁴ Internet Draft

⁵ Application Programming Interface

⁶ Socket. Среће се и под називом - Berkeley socket указујући на место где је првобитно развијен.

⁷ Transport Layer Interface. Првобитно је развила AT&T и некада се назива XTI (X/Open Transport Interface) указујући да је везан за организацију X/Open, интернационалну групу произвођача рачунара који праве свој сопствени скуп стандарда.

3.3 Референтни модел Novell Netware

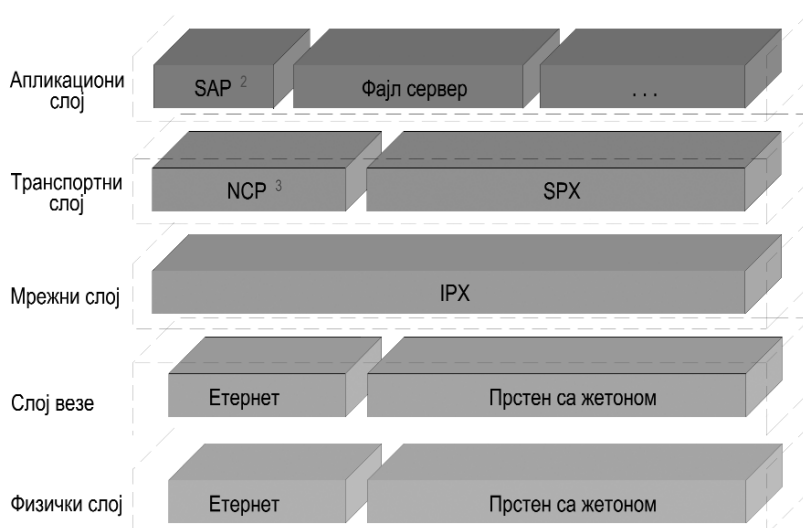
У једном периоду најпопуларнији мрежни оперативни систем за персоналне рачунаре био је Netware компаније Novell. Пројектован је за институције које су са великих рачунара¹ прешле на персоналне рачунаре. У таквим системима сваки корисник има на свом радном месту рачунар који ради као клијент а одговарајући број сервера обезбеђује потребне сервисе. Netware користи одговарајући скуп протокола који је илустрован сликом 3.11. Подсећа више на TCP/IP него на OSI референтни модел.

За физички и слој везе може се одабрати један од стандарда за локалне рачунарске мреже као што је Етернет, прстен са жетоном итд. Мрежни слој обезбеђује протокол без успоставе везе IPX. По својој функцији IPX протокол сличан је IP протоколу осим што користи десетобајтну уместо четворобајтне адресе.

Изнад IPX протокола налази се транспортни протокол са успоставом везе NCP. Протокол NCP поред преноса (транспорта) обезбеђује и друге сервисе. Суштински представља централну тачку Netware оперативног система. Други протокол, SPX такође је доступан али обезбеђује само пренос. Апликације могу да користе било који од поменутих протокола. Презентациони и слој сесије не постоје. На апликационом слоју присутни су различити апликациони протоколи.

3.4 ATM референтни модел

ATM је систем са комутацијом пакета који су тачно одређене величине, од 53 бајта (слика 3.12). Назива се и систем са комутацијом ћелија. Стандард је донела интернационална организација ITU-T а референтни модел се разликује и од OSI и од



Слика 3.11 Novell Netware референтни модел

¹ Mainframe

² Service Advertising Protocol

³ Network Core Protocol

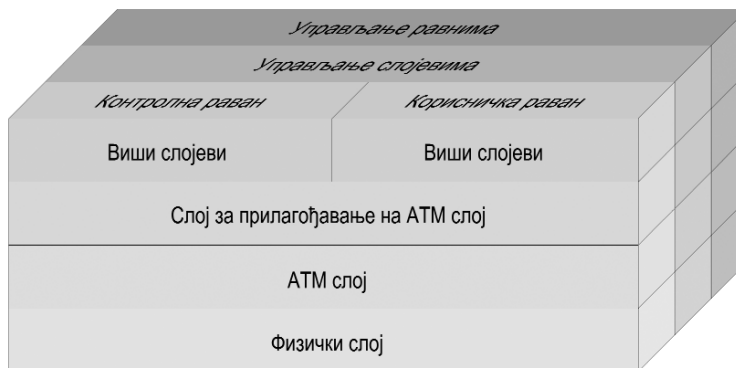


Слика 3.12 Формат АТМ пакета (ћелије)

TCP/IP референтних модела. На слици 13.13 представљен је АТМ референтни модел. Физички слој води рачуна о специфичностима трансмисионог медијума и техникама кодирања. Брзине података на физичком слоју крећу се од 25,6Mb/s до 622,08Mb/s. Могуће су и друге брзине: и више и ниже. Два слоја референтног модела односе се на АТМ функције: АТМ слој, заједнички за све услуге које омогућавају пренос и слој за прилагођавање на АТМ слој (AAL¹). АТМ слој дефинише пренос података помоћу ћелија и дефинише начин коришћења виртуелних (логичких) веза. Намена слоја за прилагођавање на АТМ слој је да обезбеди да и други (не само АТМ) протоколи користе АТМ системе. AAL слој повезује информације виших слојева у АТМ ћелије (на изворишној страни), усмерава пренос ћелије преко АТМ мреже и на одредишној страни преузима информације из АТМ ћелија и испоручује их вишим слојевима.

Референтни модел је тродимензионалан и сачињавају га следеће одвојене равни:

- корисничка раван² - обезбеђује кориснику све информације потребне за пренос података заједно са управљачким информацијама као што су контрола тока, контрола грешке итд,
- контролна раван³ - извршава све операције везане за управљање позивом и везом,
- управљање равнима⁴ и управљање слојевима⁵ - воде рачуна о функцијама везаним за надзор ресурса и координацију између слојева.



Слика 3.13 АТМ референтни модел

¹ ATM Adaptation Layer

² User plane

³ Control plane

⁴ Plane management

⁵ Layer management