

ČAS PRIBLIŽEVANJA¹

Otto Spaniol

Computer Science Department, Aachen University of Technology, Aachen, Germany
spaniol@informatik.rwth-aachen.de

Izveček

Prispevek obravnava nov vzorec razvoja informacijskih in komunikacijskih sistemov in sicer približevanje podatkovnih in telekomunikacijskih omrežij, ki so bila načrtovana izključno za prenos govora ali skoraj izključno za prenos podatkov. S prihodom interneta se je položaj močno spremenil: ločnica med podatki in telefonijo izginja. Omrežja naslednje generacije bodo uporabna za praktično vse vrste aplikacij. To bo imelo različne dodatne vplive: pojavljali se bodo novi mediji (in izginjali sedanji), nastajali bodo novi načini poslovanja. Članek opisuje, zakaj, kako in kdaj se bo zgodilo približevanje omrežij. Našteti so razlogi za in proti in obravnavanih je še nekaj problemov, ki še niso rešeni.

Ključne besede: internet, približevanje omrežij, govor po IP, omrežne storitve.

Abstract

This contribution deals with a new paradigm for information and communication systems: The convergence of data and telecommunication networks which have been traditionally designed exclusively for voice or (almost) exclusively for data. With the advent of the Internet things have tremendously changed: the separation between networks for data and telephony will disappear. Next generation networks will be in use for practically every kind of application. This will have lots of other impacts: New media will appear (and old ones will disappear), and new types of businesses will be created. The manuscript describes why, how and when network convergence will come. Some pro's and con's as well as some remaining problems are also discussed.

Keywords: Internet, network convergence, voice over IP, services.



1. TIME: NOV VZOREC ZA KOMUNIKACIJSKE SISTEME

Nekaj let je že tega, kar smo pri komunikacijskih sistemih opazili nov vzorec: omrežja in mediji se približujejo. Pojavljata se digitalno približevanje in kreativno približevanje, to je vse večje število novih storitev in aplikacij za uporabnike. Novi trend lahko opišemo s kratico **TIME** (*Telecommunication/Information technology/Media/Entertainment*), ki označuje različna področja približevanja:

- telekomunikacije (telefonija in podatki, fiksna in mobilna omrežja,...),
- informacijsko tehnologijo (multimedijski terminali, strežniki, sistemi za shranjevanje podatkov,...),
- medije (radio in televizija, knjige, cedeji,...) in
- zabavo (igrice, filmi,...).

Inačica te kratice je **TIMES**, kjer je za *E* uporabljen drug izraz in za *S* dodan pomemben vidik storitev: *Telecommunication/Information technology/Media/E-business/Services*. Pojasnili bomo, zakaj je tak razvoj neizogiben. Poganjata ga dve sili:

- tehnološki razvoj, posebej internet in
- vse močnejši vplivi konkurence in stroškov.

2. PRIBLIŽEVANJE OMREŽIJ

2.1. Nekateri trendi komunikacijskih omrežij

Razvoj v mnogih državah je dramatično pospešila deregulacija telefonskega trga, ki je bil prej monopol ene same ali majhnega števila javnih služb, ki so bile večinoma v lasti države. Javne službe so tesno sodelovale z maloštevilnimi in dokaj vplivnimi proizvajalci tako internih (telefonskih linij, stikal,...) kakor eksternih komponent (telefonskih aparatov, telefaksov itn.). Komunikacije, kjer sta prevladovali področji telefonije in telefaksa, so obsegale zelo omejen nabor storitev.

Poslovanje je bilo zelo dobičkonosno, ker so bile stranke pripravljene plačevati skoraj vsako ceno, saj druge možnosti ni bilo. Stopnja inovativnosti je bila skromna, ker za kaj več ni bilo potrebe, dokler so bile stranke zadovoljne. Stranke pa so se le redkokdaj pritoževale, ker pač niso vedele za boljše, cenejše ali priložnejše storitve. Visoka cena je bila seveda predmet stalnih negotovanj, vendar so imele stranke nanjo le skromen vpliv. Tako stanje, ki je bilo (za monopolnega lastnika) kar sprejemljivo, se je z začetki deregulacije

¹ Prispevek je bil vabljen predavanje na Dnevih slovenske informatike 2001. Avtorju se zahvaljujemo, da ga je dovolil prevesti in objaviti.

radikalno spremenilo. Nova doba se je pričela s številnimi previdnimi koraki v nekaterih državah, ki so nameravale uveljaviti konkurenco in izboljšati stanje v sektorju informatike in telekomunikacij, ki se je začel razvijati. Rezultat večje konkurence je bil:

- hitrejši razvoj novih sistemov;
- pomembne finančne ugodnosti za uporabnike (na račun skromnejših dobičkov, kar je imelo za posledico, da so mnogi novi ponudniki izginili skoraj tako hitro, kakor so se pojavili);
- več eksperimentiranja, to je poizkusov ponuditi nove vrste in več privlačnih storitev.

Obdobje deregulacije je nastopilo skoraj istočasno s pojavom mobilnih in brezžičnih omrežij². Mobilna omrežja napravijo komuniciranje dosti bolj prilagodljivo. Namestitev omrežja je precej hitrejša in manj odvisna od drage infrastrukture, kot je na primer oprema za optična vlakna in podobno. Mobilnost ima mnogo različnih vidikov:

- mobilnost uporabnikov (mobilni telefoni, upravljanje voznega parka, komuniciranje med vozili,...),
- mobilni terminali,
- mobilnost storitev,
- mobilnost sestankov.

Na kratko bi lahko opisali trend z naslednjimi besedami: **kakršnakoli storitev, kjerkoli, za kogarkoli in kadarkoli**. Uporaba omrežij je tako široka in tako različna, da je postalo nameščanje posebnih omrežij za različne aplikacije (kot na primer ločena omrežja za telefonijo, podatke in grafiko) preveč dolgotrajno, preveč zapleteno, preveč neprijazno do uporabnikov in zlasti precej predrago. Zato so se morala odpreti za načine uporabe, ki zanja sprva niso bili predvideni: podatkovna omrežja so prevzela prenos govornih storitev ("govor po IP³"), telefonska so se poskušala prilagoditi prenosu podatkov in podobno. Vsi taki poizkusi niso mogli biti uspešni. Očitno zmaguje nov trend, namreč razvoj približanega omrežja, primerne za raznovrstne aplikacije in storitve.

2.2. Kaj je približevanje omrežij?

Do sedaj (ali do nedavno), sta z izjemo radijskih in televizijskih oddajnih mrež prevladovala dva tipa komunikacijskih omrežij:

A. Telekomunikacijska omrežja

(pretežno za telefonijo in telefaksa sporočila)
Njihova glavna značilnost je prenos podatkov z vodovno komutacijo⁴. Skoraj vsa »inteligence« je znotraj omrežja (na primer v zelo dragi zasebni avtomatski naročniški centrali za govorno komunikacijo). Pri tem so običajni terminali dokaj preprosti (t. i. neinteligentni terminali). Pristop do omrežja še vedno določajo fiksna žična omrežja, vendar delež brezžičnega pristopa dramatično narašča, kar povzroča resne probleme pri dostopanju do omrežij. Te težave so pretežno še nerešene.

B. Podatkovna omrežja

Osnova delovanja podatkovnih omrežij (na primer ARPANET) je bilo od vsega začetka paketna in ne vodovna komutacija. Razlog za to je podatkovni promet, ki poteka sunkoma, zato je rezervacija linije za komunikacijsko sejo neučinkovita. Podobna sunkovitost se dogaja tudi pri govorni komunikaciji, vendar je vpliv na omrežje bistveno manj dramatičen. Vseeno pa bi paketna komutacija povečala učinkovitost uporabe virov tudi pri govorni komunikaciji, s čimer bi postale nove možnosti, kot so govor po IP in elektronski⁵ radio, še bolj zanimive.

Ena od posledic pristopa paketne komutacije je, da imajo končne točke omrežij (računalniki - gostitelji, terminali,...) pomembnejšo vlogo kakor v omrežjih z vodovno komutacijo. Pravzaprav se skoraj vsi postopki za učinkovito rabo virov opravijo v končnih točkah omrežja. Posledica je, da vsebuje omrežje le malo »inteligence« ali nič. S časom sta postala oba koncepta manj različna: telekomunikacije so prevzele nekaj načel podatkovne komunikacije, na primer celični prenos v ATM⁶. Od ATM smo pričakovali, da bo postal dokončna rešitev komunikacijskih problemov vseh vrst, vendar se je to upanje uresničilo le delno (če sploh). Po drugi strani pa je posebej v usmerjevalnikih podatkovnih prenosnih omrežij vgrajene več »inteligence«. Zelo pogosto jih zato označujemo kot »aktivna omrežja« ali »pametna omrežja«.

Primer aktivnosti ali pameti so omrežnim usmerjevalnikom dodani programi, s pomočjo katerih je iz podatkov v glavi paketa mogoče razlikovati med različnimi vrstami paketov. Ta informacija omogoča različno obravnavanje paketov različnih komunikacijskih sej, na

2 Kakor je v navadi, bomo izmenoma uporabljali izraza »mobilna omrežja« in »brezžična omrežja«, vedoč da sta oba pojma nekoliko zavajajoča: mobilno omrežje ni mobilno samo po sebi in brezžično je daleč od tega, da bi bilo brez žic. To, na kar mislimo v obeh primerih, je radijski prenos signala za razliko od prenosa signala po vodih.

3 Internet Protocol

4 angl. circuit switching.

5 angl. software radio

6 Asynchronous Transfer Mode

primer odvisno od stopnje nujnosti, časovnih omejitev ali dopustne stopnje napake. Usmerjevalniški programi lahko posredujejo računalnikom - gostiteljem podatke, ki so potrebni za izboljšanje delovanja celega sistema. Tako so se začela podatkovna in glasovna omrežja približevati. Trend približevanja se bo še nadaljeval. Zmagala bo paketna komutacija, tehnika, ki je bila prej omejena pretežno na podatkovno komunikacijo. Nekateri razlogi za tako približevanje so:

- IP-vmesniki so vsepovsod in njihova cena je glede na zmogljivost zelo konkurenčna.
- "Omrežniki"⁷ bodo zmagali v boju proti "glasovnikom"⁸. Nekoliko drzna trditev je, da je sodobna informatika boljša od klasične elektrotehnike.
- Hibridne rešitve (t.j. kombinacije komutiranja paketov in zank) so okorne, zahtevne za upravljanje, dokaj neučinkovite in končno, vendar ne nepomembno, predrage.

Vendar pa približevanje omrežij ni brez težav: kakovost storitev je nezadostna, možnost rasti je včasih negotova, na mnoga vprašanja delovanja in upravljanja še ni dokončnih odgovorov, varnostni vidiki so pogosto zanemarjeni, načini ustreznega evidentiranja in obračunavanja še niso opredeljeni, K tem in drugim problemom se bomo še vrnili. V teku sta intenzivno raziskovanje in razvoj, da bi ta vprašanja razrešili. Poizkusi se odvijajo v različnih smereh: pretirano oskrbovanje, rezervacija virov, vzpostavljanje zvez glede na prioriteto, prilagoditve in razširitve protokolov in podobno.

2.3. Področja približevanja

Potem, ko smo obravnavali razloge, *zakaj* bo do približevanja neizogibno prišlo, odgovorimo še na vprašanje, *kje* se bo to zgodilo.

Komponente	Novi in izboljšane aplikacije
- telefonija in internet	- govor po IP
- terminali	- multimedijske aplikacije
- IP in kabelska omrežja	- podatki po kablu
- fiksna in mobilna omrežja	- mobilni IP
- radio in internet	- omrežni radio
- televizija in osebni računalniki	- omrežna televizija

Našteta so le nekatera trenutno najbolj vidna področja, odpirajo pa se še mnoga druga. V nadaljevanju je prikazanih nekaj vplivov približevanja na primerih fiksnih in mobilnih omrežij:

- Storitve bodo postale neodvisne od zgradbe omrežja.
- Eden od pozitivnih vidikov takega razvoja je prenosljivost števil, se pravi, da bodo imeli naročniki isti naslov (ne nujno številko, temveč verjetneje niz znakov, ki si ga je lažje zapomniti) v fiksnem in mobilnem omrežju in bo veljal vse življenje ne glede na naročnikovo geografsko lokacijo.
- Razpoložljive bodo storitve po meri uporabnika (splošne osebne telekomunikacije).

Kljub strukturnemu in funkcionalnemu približevanju fiksnih in mobilnih omrežij moramo upoštevati, da bo ostala zmogljivost fiksnih omrežij opazno večja kakor zmogljivost, ki jo nudijo brezžična omrežja. To povzroča probleme v pristopnih omrežjih, to je za premostitev "zadnje milje" med mobilno lokacijo (nomadskega) naročnika in vstopno točko v pretežno žično jedrno omrežje.

2.4. Posledice približevanja omrežij

Približevanje omrežij narekujejo večinoma ekonomski razlogi. Zato približano omrežje ne bo dopolnilo za obstoječe infrastrukture, temveč bo nadomestilo tradicionalna omrežja. Navedimo nekaj primerov:

- Telefonska omrežja bodo zamenjana z internetnimi ter televizijskimi in kabelskimi omrežji.
- Videotekst bo dopolnila in končno zamenjala omrežna televizija.
- Zemeljske oddajnike bo zamenjalo satelitsko in internetno kabelsko omrežje.

Za uporabnike ugodno je pri približevanju omrežij velikansko povečanje novih možnosti (tako po vrsti kakor po številu), ki jih bodo prinesla prihajajoča omrežja. Nekaj primerov za razširitev možnosti v novih omrežjih:

- Multimedijske aplikacije bodo postajale standardne komponente osebnih računalnikov.
- Stranke bodo postajale vse bolj enostavno dostopne.
- Potem, ko bo problem prepoznavanja lokacije zadovoljivo razrešen, bo ponudba obsegala veliko število različnih storitev po meri. Nova ponudba bo zajemala posebne storitve za uporabnike, ki bodo odvisne od njihovih trenutne lokacije in njihove trenutne zahteve (na primer vremenska napoved; določeno dogajanje na področju, kjer je nekdo navadno na poti).
- Interaktivne povezave med posamezniki bodo prožnejše in veliko bolj preproste.

Zgornji primeri kažejo, da približevanje ne pomeni poenotenja omrežij. V resnici je prav nasprotno. Vsekakor pa bodo različna omrežja nudila strankam podobne možnosti. Tip omrežja bo za uporabnike vse manj viden in vse manj pomemben; omrežje bo postalo »transparentno«. Včasih se bodo morali uporabniki zaradi omejitev zmogljivosti sprijazniti z znižanjem

⁷ Netheads

⁸ Bellheads

kakovosti. Zmogljivost bo v fiksnih omrežjih značilno višja kakor v mobilnih in, ker bo zadnja milja v omrežju brezžična, bo v večini primerov zmogljivost večine omrežnih priključkov omejena na brezžični del omrežja. Prenosna zmogljivost, katere rast bo preseгла rast procesne zmogljivosti, bo narasla tako zelo, da bodo različne vrste novih storitev na osnovi IP zelo hitro prodrle na trg. Te storitve bo ponujal večinoma ponudnik, ki bo nekdo tretji, in ponudniki si bodo konkurirali. To je dobro za stranke! Uspeh ali neuspeh novih produktov bo močno odvisen od enostavnosti upravljanja in preproste uporabe, kar je ključni in odločilni dejavnik sprejemljivosti za uporabnika.

2.5. Gonilne sile približevanja omrežij

Dejali smo že, da je internet gonilna sila približevanja. Ogromna vlaganja v internet so v glavnem posledica združevanja telekomunikacijskih družb in ponudnikov podatkovnega prenosa. To se bo dogajalo še naprej in celo hitreje kakor danes. Vpliv interneta postane viden, če primerjamo stopnjo naraščanja tovrstnega prometa z ustrežno stopnjo v konvencionalnih omrežjih: telefonski promet narašča »samo« za 10% na leto, medtem ko je internetni promet v preteklosti in bo tudi v predvidljivi prihodnosti naraščal z dosti višjo stopnjo (podvojitvev prometa v nekaj mesecih) kot pos-

Standardizirane osnovne storitve

Govor	Video nizke in visoke ločljivosti
Glasba	Elektronska pošta
Grafika	Podatkovni paketi
Podatkovni prenos male in velike bitne hitrosti	...

Storitve po meri

Delo na daljavo	Prodaja na daljavo
Učenje na daljavo	Zabava
Komunikacije v nuji	Oddaljeni zdravnik
Zaznavanje gibanja	Identificiranje
Sestavljene zveze	Interaktivno usposabljanje
Mnogočutna virtualna resničnost	Sprotno opazovanje
Nakupovanje od doma	Omrežje osebnih računalnikov
Proizvodnja na daljavo	Osebe v omrežju
Posvet na daljavo	Osebna televizija
Nadomestek za potovanje	Oddaljeni senzorji
Vzdrževanje na daljavo	Pomoč prizadetim
Nadzor	Kontrola gibanja in obveščanje
...	

ledica »www prometa«, govora po IP in podobnih novosti. Upošteva števílo prenesenih bitov je internetni promet telefonskega že presegel. Drugo pomembno gonilo približevanja omrežij je poenostavitev infrastrukture omrežja (to je nižja cena namestitve, komunikacije, delovanja in upravljanja).

2.6. Storitve

Poslovne priložnosti (za ponudnike in stranke) bodo zaradi hitre in prilagodljive namestitve novih storitev, ki bodo pogosto po meri posameznega uporabnika, neizmerno narasle. Ob posebnih so še različne osnovne storitve, ki so koristne in celo nujne za storitve po meri. V zgornji preglednici je prikazanih nekaj primerov osnovnih in posebnih storitev.

3. NASTOPANJE PRIBLIŽANIH OMREŽIJ NA TRGU

3.1. Nekatere organizacije bodo hitrejšje. Zakaj?

Približana omrežja bodo verjetno nameščali prej v industrijskih okoljih, v vladnih ustanovah in v upravi kakor pa v javnih omrežjih. Zakaj? Omrežja v industriji in v vladnih ustanovah morajo biti posodobljena približno na tri leta. Nova omrežja bodo zanimiva razmeroma kmalu, ker bodo omogočala prihranke

- z uporabo širokopasovnih linij v razsežnih omrežjih,
- zaradi novih in posebnih storitev po meri (ki so enostavnejše za namestitvev in uporabo) in
- z zmanjšanjem stroškov infrastrukture (kot posledico tehnološkega razvoja in močnejše konkurence).

Namestitvev približanih omrežij bo neobhodna v mnogih dejavnostih. Javno ponudbo pa bo še nekaj časa obvladoval telefonski promet. Konvencionalne IP-telefonije v prihodnjih nekaj letih še ne bo v celoti nadomestil. Za razliko od tega pa se bo govorna komunikacija bolj in bolj prenašala s fiksnih omrežij na mobilna, ker števílo uporabnikov mobilnih telefonov skokovito narašča in ker se tarife za govorno komunikacijo v stabilnih omrežjih ne razlikujejo več bistveno od tarif v mobilnih omrežjih.

Namestitvev približanih omrežij, ki jih bodo upravljali javni ponudniki, bo dolgotrajna in zelo draga. Da bi upravičili visoko ceno, mora obstajati jasna predstava o donosnosti investicije. Investicija se lahko poplača samo s privlačnimi storitvami in aplikacijami (in s pripravljenostjo strank, da bodo plačale razumno visoko ceno za storitve). Ta denar pa bosta pobirala ponudnik storitev in - vendar s precej manjšo udeležbo - lastnik omrežja.

+ Prednosti:

Preprosta integracija številnih aplikacij kot na primer:

- Netscape Navigator z možnostjo govora,
- poenotene storitve (govor, telefaks, elektronska pošta),
- govorni intranet (kot privlačna alternativa za telefonijo).

— Slabosti:

Nizka (včasih nesprejemljiva) kakovost storitev, zlasti če je vključenih mnogo uporabnikov.

Dragi terminali (to se bo spremenilo šele potem, ko bodo na razpolago izdelki masovne proizvodnje).

Upabniki še vedno niso seznanjeni z delovanjem sistema, kar je lahko začasna težava, vendar pa le omejuje njegovo sprejemljivost.

Znižanje cene klasične telefonije.

Negotovost uporabnikov glede možnih bodočih prihrankov.

3.2. Nekatera dogajanja zaostajajo za pričakovanji: primer govora po IP

Široka tržna uvedba govora po IP je bila najavljena že razmeroma dolgo časa (pri čemer se "čas" meri z internetnim časom, kjer šteje eno leto za sedem človeških). Dejanska razpoložljivost telefonije govora po IP je v precejšnjem zaostanku za napovedmi. Naj naštejemo nekaj prednosti in slabih strani, ki so prikazane v zgornji tabeli.

Primerjava (zlasti navedene slabosti) pojasnjuje, zakaj se govor po IP dejansko še ni zgodil.

4. OVIRE ZA UVAJANJE PRIBLIŽANIH OMREŽIJ

Uvedba novih sistemov je vedno težavna. Isto velja za približana omrežja. Viri težav in ovir so v tem primeru trije:

- ekonomske ovire,
- politične ovire in
- tehnične težave.

V nadaljevanju se bomo dotaknili teh vprašanj.

4.1 Ekonomske ovire

Videli smo, da (in zakaj) je bila do sedaj telefonija govora po IP sprejeta razmeroma slabo glede na pretirano optimistična pričakovanja. Namestitev približanih omrežij še naprej zamuja zaradi tega, ker privlačnih storitev z dodano vrednostjo še vedno ni ali pa so v fazi preizkušanja (spomnimo se samo številnih poizkusov učenja na daljavo, ki so v večini primerov še daleč od popolnosti). Nove storitve pa morajo biti seveda na razpolago, če naj jih uporabniki sprejmejo.

Drugi ekonomski problem (govora po IP) je višja cena investicije za nove sisteme, če naj dosežejo kakovost, ki bi bila primerljiva s tisto v klasični telefoniji. Dokler bo uporaba omrežja brezplačna (kakor je danes internet za mnoge ustanove, kot so univerze in podobne), se bodo stranke sprijaznile z razmeroma nizko kakovostjo. Ko pa bodo morale za storitve plačevati, se bodo zahteve glede kakovosti dramatično

zviševale. Končno, vendar ne nepomembno, je dodatni strošek za pristopna omrežja resnično ogromen.

4.2. Politične ovire

Približevanje omrežij precej pospešuje IP-telefonija. Vendar so mnogi pravni vidiki IP-telefonije še vedno nerazčiščeni. Tudi prihodnja struktura tarife (majhne stopnje, obračun na osnovi prometa in podobno) je še vedno nedoločena. Uporabnik zato ne more biti prepričan v to, ali bo z IP-telefonijo kaj prihranil (in če bo, kolikšen bo prihranek). Še en pomemben vidik je, da telefonske družbe dejansko niso zainteresirane za zamenjavo klasičnih sistemov (razlog za to so stroški). Uvedbo približanih omrežij bodo poskusile odložiti tako dolgo, dokler se bo dalo - na primer z nizkimi cenami klasične telefonije.

4.3. Tehnične ovire

Glavna tehnična težava je v tem, da podatkovna omrežja, na primer internet tak, kakršen je danes, še vedno niso zelo primerna za sočasni promet. Zakasnitve paketov od mesta, kjer nastane, do namembne točke, so na isti relaciji različne. Trepetanje⁹, to je časovna varianca različnih paketov, je zelo pogosto nesprejemljivo veliko. Kompenzacija tega efekta zahteva na sprejemniku izdatno blaženje. V mnogo primerih zahtevanih kratkih časov (na primer pogovorni telefoniji) ni mogoče zagotoviti. Za aplikacije, ki zahtevajo velike prenosne hitrosti podatkov (na primer video prenos), je zmogljivost omrežja, bodisi pristopnega ali jedrnega (ki si jo delijo mnoge konkurenčne povezave), pogosto nezadostna.

Naj povzamemo: kakovost storitev omrežij na osnovi IP še ni zadovoljiva. Spoštovanje časovnih omejitev in sprejemljivo trepetanje sta le dva parametra z obsežnega seznama, za katera danes internet še nima zadovoljive rešitve. To dejstvo je posledica načela projektiranja interneta: omrežje je bilo zasnovano za vojaške potrebe z glavnim poudarkom na zanesljivosti

⁹ angl. jitter

in trpežnosti. Bistveno je bilo, da ima omrežje zadostno zmožnost prenosa podatkov tudi v najslabših pogojih. Zato je bila primernost za promet v realnem času za načrtovalce dosti manj pomembna. Da bi omrežje delovalo v vsakršnih pogojih, je bil prenos podatkov zasnovan na datagramu in neodvisen od vstopne in izstopne točke. Tako so lahko potovali paketi na isti relaciji do cilja po različnih poteh in obremenitev posamezne povezave je bila zelo različna. Zato je bila tudi zakasnitev paketov od vira do končne postaje na isti relaciji zelo različna. To za podatke (kot na primer elektronska pošta) ni nikakršen ali skoraj nikakršen problem, zelo resno pa je, če se internet »zlorabi« za aplikacije, kot je internetni radio ali govor po IP (za kar to omrežje ni bilo nikoli mišljeno).

Različne aplikacije imajo različne zahteve glede števila napak¹⁰, sprejemljive zakasnitve na celi poti, zmogljivosti in drugih parametrov in bi morale biti zato obravnavane različno. To je tudi izhodišče za nove pristope, kot je *DiffServ*¹¹, kjer je za vsako aplikacijo mogoča drugačna kvaliteta storitev. Še en (tehnoški in socialni) problem za vsako vrsto omrežja je to, da mnoge zahteve glede varovanja še vedno niso izpolnjene. Medtem, ko je bilo doslej realiziranih zelo malo varnostnih mehanizmov, pa postajajo uporabniki v tem pogledu vse bolj zahtevni. Dobro načrtovani zaščitni ukrepi so brezpogojno potrebni. Varovanje bo narekovalo dodatne stroške, vendar bi se utegnilo neupoštevanje zahtev izkazati za še mnogo dražje. Med drugimi nerešenimi tehnološkimi problemi naj omenimo, da standardov in programov za nadzor delovanja omrežij v glavnem še vedno ni.

10 angl. error rate

11 Different Services

4.4. Posledice

Seznam navedenih ovir zapusti močan vtis, vendar prevladujoče mnenje ne bi smelo biti zavajajoče ali negativno. Gotovo je, da so te težave ali neprijetnosti začasne in nikakor ne stalne. Tehnični problemi bodo razrešeni v razmeroma bližnji prihodnosti. Novih problemov, ki bodo posledica novih in nekonvencionalnih aplikacij, se bodo tisti, ki bodo imeli tako nalogo ali interes, lotili in jih bodo tudi rešili. Ekonomske težave bodo izginile, ko bo na razpolago zadostno število privlačnih storitev. Politične ovire so bolj zapletene in jih je tudi težje odpravljati. Za to bo potreben čas. Vsekakor pa bodo dejavniki, ki vplivajo na približevanje omrežij, končno prevladali.

5. DVA ZAKLJUČKA

Prvi zaključek je, da ni nobenega zaključka! Približevanje omrežij poteka in vpliv tega procesa se bo povečeval. Nikoli pa ne bo dokončan ali zaključen. Trend je nepovračljiv in ga lahko ekonomske, tehnične ali politične ovire zaustavijo le začasno.

Drugi zaključek ni v celoti resen, vendar pa je vseeno vreden razmisleka. Približevanje omrežij je poizkus narediti eno samo poenoteno omrežje, ki je do popolnosti primerno za vse aplikacije. Vendar pa je globalno optimalna rešitev razmeroma slaba z vidika lokalnih rešitev. Naj to dejstvo ilustriramo s primerom. Denimo, da hočemo žival, ki bo lahko *tekla*, *plavala* in *letela*. Rezultat je ta, da je upošteva lokalni optimum najboljši tekač **leopard**, najboljši plavalec **morski pes** in najboljši letalec **kondor**. Globalno pa je optimalna žival **raca**! Raca zmore vse troje: lahko teka, lahko plava in lahko leta, vendar je v vsaki od disciplin zelo slaba. Omrežje, ki zadošča vsaki zahtevi, utegne imeti podobne lastnosti. Velika spodbuda za načrtovalce omrežij je najti primerne prijeme za odpravo pomanjkljivosti približanih omrežij.

Iz angleščine prevedel Niko Schlamberger