

# Optimering av teletrafik ur ett ekonomiskt perspektiv

Niklas Nylander

25 augusti 2006

Master's Thesis in Computing Science, 20 credits

Supervisor at CS-UmU: Jerry Eriksson

Examiner: Per Lindström

UMEÅ UNIVERSITY  
DEPARTMENT OF COMPUTING SCIENCE  
SE-901 87 UMEÅ  
SWEDEN



## Sammanfattning

På dagens avreglerade telefonimarknad handlar operatörer trafik mellan varandra i mycket stor utsträckning. Ett av målen med detta examensarbete är att arbeta fram en modell som kan kostnadsberäkna trafik utifrån en operatörs förutsättningar. Det andra målet är att arbeta fram en modell för att kostnadsoptimera trafik med avseende på operatörens kostnader. Med hjälp av dessa två modeller redogörs därefter hur en operatör kan göra stora ekonomiska besparingar och dessutom plocka fram rapporter som kan fungera som underlag för att göra förändringar i nätet. Det kommer att visa sig att optimering av teletrafik ur ett ekonomiskt perspektiv inte är helt trivialt, utan att det kräver en avsevärd mängd arbete av operatören. Det går visserligen att optimera trafik i en mycket hög grad, men att uppnå fullkomligt optimerad trafik är mycket svårt och kostsamt.

In the telecom market of 2005 the active operators are selling and buying traffic among themselves to a very large degree. One of the goals in this thesis is to develop a model in which an operator estimate network and traffic costs. The second goal is to develop a model that allows an operator to optimize his estimated costs in the first model. With these two models we are also going to show how an operator may save money if the operators network or traffic isn't optimized. Another possible use for the two models is to get information and statistics about the network that may function as a base for decisions about development or changes in the network. The thesis will show that it is possible for an operator to save money, but it will take an considerable amount of work. It will also show that it is possible to optimize traffic to a large degree, but to achieve perfect optimization is not only very hard, but also costly.



# Innehåll

<b>1</b>	<b>Introduktion</b>	<b>1</b>
1.1	Ordlista . . . . .	1
<b>2</b>	<b>Problemspecifikation</b>	<b>3</b>
2.1	Målsättning . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Optimering av teletrafik ur ett ekonomiskt perspektiv</b>	<b>5</b>
3.1	Fördjupning inom telenätet och telemarknaden . . . . .	5
3.1.1	Historia, bakgrund och några viktiga begrepp . . . . .	5
3.1.2	Telenätverk . . . . .	7
3.1.3	Samtrafik . . . . .	10
3.1.4	Slutkundsfakturering . . . . .	13
3.1.5	Sammanfattning . . . . .	14
3.2	Intervju med företag . . . . .	15
3.2.1	Frågor . . . . .	15
3.2.2	Sammanställning av svar . . . . .	16
3.3	Kostnadberäkning . . . . .	18
3.3.1	Samtrafikskostnader . . . . .	18
3.3.2	Nätkostnader . . . . .	21
3.3.3	Kvalitet . . . . .	22
3.4	Modellen . . . . .	23
3.4.1	Interna nätet . . . . .	23
3.4.2	Externa nätet . . . . .	23
3.4.3	Kapacitet . . . . .	24
3.4.4	Kvalitet . . . . .	24
3.4.5	Affärsmässiga relationer . . . . .	24
3.5	Underlagsdata . . . . .	24
3.5.1	Trafik . . . . .	25
3.5.2	Lina, extern . . . . .	25
3.5.3	Lina, intern . . . . .	25
3.5.4	Prislista . . . . .	26

---

3.5.5	Noder . . . . .	26
<b>4</b>	<b>Utförande av examensarbetet</b>	<b>27</b>
<b>5</b>	<b>Resultat</b>	<b>29</b>
5.1	Problemformalisering . . . . .	29
5.1.1	Brute Force . . . . .	30
5.1.2	Simplex-metoden . . . . .	31
5.1.3	Algoritmbeskrivning . . . . .	32
5.1.4	Algoritm . . . . .	32
5.2	Design av systemet . . . . .	36
5.2.1	Huvudprogram . . . . .	36
5.2.2	Inläsning av data . . . . .	37
5.2.3	Statistik . . . . .	37
5.2.4	Matematik . . . . .	37
5.2.5	Utmatning av data . . . . .	37
<b>6</b>	<b>Slutsats</b>	<b>39</b>
<b>7</b>	<b>Tackord</b>	<b>41</b>
	<b>Referenser</b>	<b>43</b>

# Figurer

3.1	Ett uppkopplingsorienterat nät. . . . .	8
3.2	Ett datagramnät. . . . .	8
3.3	Access och förval. . . . .	10
3.4	Terminering och förval. . . . .	11
3.5	Access och terminering. . . . .	11
3.6	Transitering . . . . .	12
3.7	De fyra olika stegen där samtrafikskostnader uppstår . . . . .	13
3.8	Modell för att beräkna pris till slutkund . . . . .	14
3.9	Ett ”gratis”-samtal . . . . .	19
3.10	Access- och termineringskostnad för ett samtal . . . . .	19
3.11	Kaskadavräkning . . . . .	20
3.12	Direktavräkning . . . . .	20
3.13	Internationellt samtal . . . . .	21
3.14	En koppling mellan en operatörs nät och Telias nät . . . . .	22





# Kapitel 1

## Introduktion

Nipsoft är ett systemutvecklingsföretag som har sitt säte i Sollefteå, Västernorrland. Företaget inriktar sig framförallt på utveckling av stödsystem för billing och kundvård inom Telekom och har ett flertal operatörer som kunder. Därför föll det sig naturligt att som i ett led att komplettera sin programvaruportfölj ta fram ett system för att optimera teletrafik. Företaget har, våren 2005, 7 heltidsanställda med varierande arbetsuppgifter och avser utveckla ett nytt affärssystem som även kan användas av företag inom elmarknaden eller bredbandsmarknaden.

För läsare som inte är väl insatta i telekomindustrin och problemet som behandlas bör kapitel 2 och 3 läsas för att få den grundläggande kunskapen som behövs. Kapitel 2 är en kort problemspecifikation som förklarar bakgrunden till problemet medan kapitel 3 är en ren fördjupning inom telesystem. Läsare som redan är väl insatta i problemet med routing av teletrafik på ett kostnadseffektivt sätt kan hoppa direkt till kapitel 5 och 6 som innehåller en presentation av systemet samt en kort utvärdering. Kapitel 4 innehåller information om hur arbetet planerats och fortskridit och slutligen kan man i kapitel 7 läsa om vilka som på något sätt hjälpt till med examensarbetet.

### 1.1 Ordlista

Vissa facktermer som förekommer kan behöva en närmare förklaring.

- **Carrier** - En operatör som kan transportera trafik i sitt nät.
- **Switchnod** - En nod i ett nätverk där någon form av val hur trafik skall skickas vidare kan göras.
- **Routa** - Att routa trafik betyder att göra ett vägval att trafik skall skickas via en vald lina.
- **Least Cost Routing** - Samlingsnamn på problemet att skicka trafik på så billigt sätt som möjligt.



# Kapitel 2

## Problemspecifikation

Som operatör på dagens avreglerade telemarknad ställs stora krav på att kunna hantera teletrafik på ett kostnadseffektivt sätt. Eftersom en operatör ofta köper trafik från flera andra operatörer så behövs verktyg för att välja det bästa sättet att skicka trafik. Detta kan vara ett komplext problem då det finns många parametrar som spelar in och som kan påverka kostnader på olika sätt.

### 2.1 Målsättning

Målsättningen med examensarbetet är i första hand att arbeta fram en modell för optimering av teletrafik. För att göra detta behövs en kartläggning av de olika kostnaderna en operatör har. Vidare ska ett system som implementerar den framtagna modellen designas och i mån av tid skall även en testversion av systemet implementeras. Den kompletta modellen skall kunna ge kostnadseffektiva analyser utifrån följande kriterier.

- Pris
- Kapacitet
- Kvalitet
- Affärsmässiga relationer

I en testversion kommer inte hela modellen att implementeras. Målet är att implementera två av det ovan ställda kriterierna, pris och kvalitet.



## Kapitel 3

# Optimering av teletrafik ur ett ekonomiskt perspektiv

### 3.1 Förddjupning inom telenätet och telemarknaden

#### 3.1.1 Historia, bakgrund och några viktiga begrepp

Den avreglering av telemarknaden som skedde 1993 förändrade fundamentalt den fysiska och logiska strukturen av telenätet[6]. Systemet blev mer komplext och nya metoder för avräkning fördes in. Hur ska operatörer ta betalt av varandra när deras nät utnyttjas av andra operatörer? Var finns information om vilken operatör en abonnent tillhör? Hur ska telefonnummer delas upp mellan operatörer? Alla dessa frågor är viktiga att besvara för att ge en övergripande förståelse för telesystemet.

#### Avregleringen

Genom modern tid har flera grenar inom näringslivet varit hårt reglerat i Sverige. En orsak till detta är det socialistiska sättet att se på reglering som ett instrument för att ekonomiskt styra marknader. Problemet med detta är att det med tiden kan skada konsumenten då staten kan ställa krav på ett företag att tjäna pengar. Om då effektiviteten i företaget är dåligt höjs helt enkelt priserna för kunderna, och eftersom det inte finns något alternativ måste kunderna stå ut med onödiga prishöjningar. Den här typen av politik skadar i slutändan kunden om inte staten ser till att ha ett väl effektiviserat och okorrumpert företag. I vissa fall kan dock staten vilja ha monopol för att motverka andra ekonomiska aspekter. Ett aktuellt exempel på det är att staten räknar med att kostnaden för sjukvården skulle höjas om folk kunde gå och handla sprit någon annanstans än Systembolaget.

Under 1980- och 1990-talet skedde en förändring i politiken för att främja marknadsekonomin. Mellan 1990 och 1996 avreglerades, i ordning, taxi-, flyg-, post-, tele- och elmarknaderna.[1] I och med avregleringen av telemarknaden dök en mängd nya operatörer upp. Dock fanns vissa svårigheter för de nya aktörerna då avregleringen endast gällde trafiken på näten. Konsumenten var fortfarande tvungen att ha ett abonnemang hos Telia som ägde nätet. Därmed behöll Telia sin position som mycket stark aktör då många inte ansåg det lönt att betala sina trafik kostnader hos en annan operatör och få två räkningar. Många av de pionjärer som gav sig ut på marknaden strax efter avregle-

ringen har idag antingen blivit uppköpta eller gått i konkurs. I dagens läge kontrolleras 2/3-delar av marknaden av två starka operatörer (Telia och Tele2) trots att det finns dryga hundratalet registrerade operatörer[4]. 2004 avreglerades även abonnemangen vilket förhoppningsvis ska resultera i en ännu öppnare telemarknad.

Vilka slutsatser kan man då dra av avregleringen? Den största fördelen är en effektivare marknad. Man får en bättre mångfald och nya företag kan satsa på nya idéer och därmed driva utvecklingen framåt. Nackdelen är att kvaliteten på tjänster kan bli lidande när operatörerna blir mer vinstdrivna och ställer högre krav på att dra in på onödiga kostnader. Avregleringen har resulterat i en öppnare telemarknad och priserna har sjunkit markant de senaste decennierna. Framför allt är det priser på mobilsamtal och internationella samtal som har sjunkit stadigt men även priserna inom det fasta nätet har sjunkit. Mycket talar för att denna för konsumenten positiva utveckling att hålla i sig om marknaden fortsätter att tekniskt utvecklas på samma sätt.

### Operatörer

I och med avregleringen började nya operatörer komma in på marknaden. Det finns två olika typer, nätoperatörer och virtuella operatörer. En nätoperatör har ett eget nät med minst en telefonväxel vilket gör att operatören fysiskt kan ansluta kunder till sitt nät. De flesta av de första operatörerna på marknaden var nätoperatörer som satsade stora pengar på att bygga egna nät.

Virtuella operatörer är en företeelse som blivit allt vanligare på senare år. Dessa operatörer träffar någon form av avtal med en nätoperatör för att få tillgång till dennes nät och inriktar sig istället på att sälja trafik, ofta genom att vända sig till en viss kundgrupp. Vissa operatörer vänder sig helt åt ungdomar medan andra istället fokuserar på företag. De tre stora mobiloperatörerna hade 2003 alla en virtuell operatör som helt ägdes av företaget. Telia Mobile ägde Halebop, Vodafone ägde LunarMobile och Tele2 ägde Tango [2]. Halebop är ett väldigt bra exempel där nätoperatören Telia använder sig av ett mer tilltalande varumärke som vänder sig till yngre kunder.

### Prefix och förval

Förval innebär att kund väljer vilken operatör denne skall ringa med. Detta innebär att det behövs ett sätt att identifiera från vilken operatörer ett samtal kommer och till vilken operatör samtalet skall skickas. Det originerande numret brukar vanligtvis kallas för A-nummer (A#) och det destinerande numret för B-nummer (B#). För att identifiera vilken operatör som A#:et har som förval används ett prefix som har formen 95xx. Telia har t.ex. 9501 så när en Teliakund ringer läggs 9501 till före B#:et och växlarna använder denna information för att dirigera samtalet.

I början av avregleringen var kunden själv tvungen att ange sin operatörs prefix för att ringa med den operatören istället för Telia. Detta var naturligtvis besvärligt vilket gjorde att många valde att behålla Telia för enkelhetens skull. I och med förvalsreformen 1999 behöver kunderna idag inte alls ange prefix utan det hanteras istället i telefonnätet. [3]

### Nummerserier och portering

Post och Telegrafstyrelsen (PTS) är den myndighet i Sverige som hanterar den nationella nummerplanen, E.164. [5] Denna nummerplan beskriver samtliga nummerserier i Sverige,

t.ex. nummerseriens ägare eller status. Via nummerplanen kan man sålunda avgöra vilken operatör som äger ett enskilt telefonnummer.

Ett problem med att gruppera nummer på detta sätt inträffar när en kund byter operatör och vill ha kvar sitt gamla nummer. För att lösa detta problem infördes nummerportering under slutet av 1990-talet. En operatör överläter, porterar, helt enkelt ett nummer från sin nummerserie till en annan operatör. För att nummerportering skall fungera i praktiken så krävs en databas med alla porterade nummer. Denna databas kallas för Swedish National Portability Administrative Center (SNPAC).[6]

För att avgöra vart ett samtal skall skickas sker först ett uppslag mot SNPAC för samtalets B#. Om numret är porterat returneras operatören som numret är porterat till och i annat fall ägs numret av nummerserieägaren enligt nummerplanen.

### 3.1.2 Telenätverk

Inom alla typer av nätverk uppstår i princip alltid samma problem; vilken väg är bäst att ta från en nod i nätverket till en annan? För ett transportföretag kan det handla om att försöka finna den snabbaste eller billigaste vägen. För en chartertur kan det handla om att välja den väg som är mest naturskön och minst guppig. I ett kommunikationsnät som telenätet handlar det dock oftast om att hitta den snabbaste vägen som dessutom är så stabil som möjligt. Nedan beskrivs två olika paradigmer som används för att routa teletrafik. Gemensamt för båda näten är dock att ett samtal kommer att delas upp i mindre paket vilka skapar en paketström genom nätet. Detta innebär att paketen måste sättas ihop i rätt ordning hos mottagaren vilket kan orsaka problem beroende av vilken typ av nät som används.

#### Uppkopplingsorienterade nät

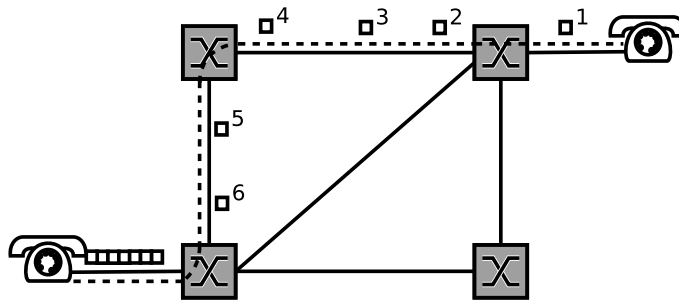
I ett uppkopplingsorienterat nät planläggs vägen som ett samtal skall skickas vid uppkopplingsfasen. Om det finns ledig bandbredd genom hela nätverket så kommer bandbredd reserveras och samtalet kopplas fram. Finns det inte ledig bandbredd i någon del av nätet kommer en spärrsignal att skickas tillbaka vilken talar om för kunden i fråga att försöka igen senare. Det finns både fördelar och nackdelar med detta tillvägagångssätt.

En av fördelarna är att nödvändig bandbredd är reserverad och säkrad under hela samtalet. Dessutom garanterar metoden att paket alltid levereras i rätt ordning. Den kanske största nackdelen är att bandbredden inte utnyttjas till max. Oftast är det bara en person som pratar åt gången, och redan där utnyttjas bara hälften av den bandbredd som står till förfogande. En annan nackdel är om någon del i nätet som nyttjas av samtalet slutar fungera. Då kommer samtalet och en ny uppkoppling måste ske! Detta är normalt inget problem när det gäller telefonsamtal då det är enkelt att ringa upp igen och fortsätta samtalet. För dataöverföringar kan denna typ av nät vara olämpliga om det inte finns överliggande protokoll för nätverksöverföringar som kan hantera avbrott.

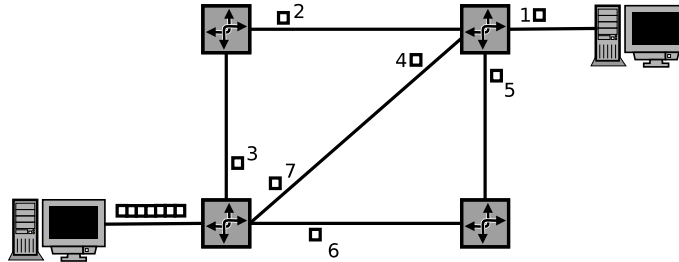
#### Datagramnätverk

I ett datagramnätverk skickas varje paket helt oberoende av de andra. Metoden behöver sålunda ett sätt att hålla reda på när paket inte kommer fram i rätt ordning. Det gör alltså inget om paketen kommer i oordning som i figur 3.2 så länge det finns ett överliggande protokoll som klarar av att sätta ihop det rätt igen.

Styrkan med denna metod är att man i varje switchnod i nätet baserat på vilken väg som är bäst för tillfället, kan välja väg. Nätet känner av när en lina blir full, eller



Figur 3.1: Ett uppkopplingsorienterat nät.



Figur 3.2: Ett datagramnät.

slutar fungera, och kan skicka trafiken en annan väg. En av nackdelarna är att det är svårt att veta hur belastningen ser ut längre fram i nätet. En väg som vid en given tidpunkt ser ut att vara den bästa kan ett ögonblick senare överbelastas. Detta gör det svårt att garantera att paket kommer fram inom en viss tid eller i rätt ordning. Internet är uppbyggt efter denna princip. Det spelar inte så stor roll om en fil eller websida tar lite längre tid än beräknat så länge det faktiskt kommer fram korrekt.

### Telenätets byggstenar

Det telenät som idag finns i Sverige är som i de allra flesta andra länder uppkopplingsorienterat. Systemet har en hierarkisk struktur där samtal skickas upp på en högre nivå endast när det verkligen finns behov för det. Detta innebär att ett samtal mellan två personer som är anslutna till samma uppsamlingsstation inte nödvändigtvis behöver kopplas via en växel. Istället kan information om samtal skickas vidare till växeln från uppsamlingsstationen utan att själva samtalet gör det. Detta sätt att kunna ta skicka information om samtal utan att skicka vidare samtalet gör att nätet inte belastas lika hårt vid växlarna.

Ett telenät är vanligtvis uppbyggt av följande delar.

- **Växlar** - Ett telefontät behöver en växel som beslutar hur trafiken ska skickas. Växeln genererar dessutom samtalsinformation så att operatören kan ta betalt för samtalet.
- **Uppsamlingsstationer** - Alla telestationer som är utspridda över landet har inte



förmågan att fungera som en växel. De allra flesta fungerar endast som uppsamlingsstationer och skickar vidare samtalet till en växel.

- **Medier** - Alla uppsamlingsstationer och växlar måste på något sätt vara anslutna till varandra. Detta sker normalt m.h.a. kopparledning, radiovågor eller fiberoptik.
- **Anslutningspunkter** - Varje telefon måste på något sätt vara anslutet till telefonnätet. Detta sker i det fasta nätet genom ett vanligt telefonuttag. I det mobila nätet kan en anslutningspunkt definieras som en plats där det finns täckning och det är möjligt att använda telefonen.

### Överföringshastigheter

I fast telefoni behöver ett samtal en bandbredd på 64 kbit/s. Detta är också vad som teoretiskt kan överföras med ett vanligt modem och uppringt internet. En 64-kbits-kanal benämns som en BRI (Basic Rate Interface) och många andra standarder baseras på begreppet BRI. Nästa steg i överföringshastighet som används är Prime Rate Interface (PRI). Denna standard tillåter 32 BRI:er vilket motsvarar en bandbredd på 2 Mbit/s. I telefonisammanhang kan en PRI användas till 30 talkanaler plus två signaleringskanaler. En PRI brukar även kunna kallas en via.[6]

Utöver dessa två standarder finns det delar i nätet som klarar betydligt högre överföringshastigheter. Detta är dock endast intressant ur ett rent kapacitetsperspektiv. Helt enkelt, räcker bandbredden för att hantera antalet samtal och samtidigt behålla kvaliteten?

### Kvalitet och kapacitet

Begreppen kvalitet och kapacitet är mycket viktiga inom telefonin. Kvalitet brukar mätas på två olika sätt. Dels genom hur ofta samtal kopplas fram korrekt och dels genom kundupplevd kvalitet. Oftast när ett samtal inte kopplas fram beror detta på att det inte är något svar eller att det är upptaget. Om det däremot beror på något annat så är det stor risk att det finns något fel i nätet. Det finns signalhanteringssystem som klarar av att gruppera dessa typer av fel och om en destination börjar få ovanligt mycket fel så bör en felsökning eller omdirigering av trafiken göras. Detta är kvalitet som kunden har svårt att bedöma. Kunden kan inte ringa, men vet inte vad det beror på. Kundupplevd kvalitet är nära besläktat. Detta begrepp motsvarar kvaliteten på samtalet efter att en uppkoppling lyckats. För operatören ser samtalet ut att fungera perfekt, men för kunden kan det vara dålig ljudkvalitet eller ekon.

Kapacitet är däremot precis så enkelt som det låter. Det är antalet användare som kan hanteras i nätet simultant. Någon form av analys måste göras över nätet och användare för att bedöma hur mycket kapacitet som behövs. En operatör som har många företagsabonnenter bör dimensionera nätet för att klara av att merparten av samtalen sker på dagtid medan nätet kan vara outnyttjat på kvällar och helger. Detta är inte ekonomiskt hållbart för operatören. Därför strävar operatören alltid efter att ha så jämn trafik i nätet som möjligt. Ett sätt att uppnå detta mål är att låta en virtuell operatör hyra in sig i nätet.

För att illustrera ungefär vilken bandbredd som behövs så motsvarar en PRI med 30 kanaler för samtal ungefär 200.000 min/månad. Normalt räknar operatörer med att det behövs en kanal per 100 privatpersoner eller en kanal per 10 företagsabonnenter. En

via bör genom denna uträkning vara tillräcklig kapacitet för ett samhälle på 3000 eller ett företag med 300 anställda.[6]

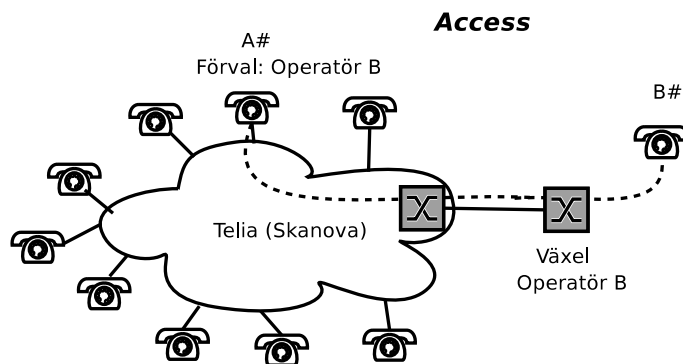
### 3.1.3 Samtrafik

Samtrafik är en naturlig produkt av avregleringen och ett mycket viktigt begrepp i det svenska telefnätet. Efter avregleringen började nya operatörer bygga egna telefnät och ansluta direktkunder. Eftersom en direktkund måste ges möjlighet att ringa kunder i ett annat accessnät så måste näten vara sammankopplade. Detta utbyte av trafik regleras enligt svensk lag och PTS är den myndighet som kontrollerar att lagarna efterlevs. Det finns tre grundläggande typer av tjänster som operatörerna kan erbjuda varandra; access, transitering och terminering. Detta utbyte av trafik mellan operatörer regleras ekonomiskt beroende på de tjänster som resp. operatör nyttjar.

#### Access och terminering

Access inträffar när den operatör som en kund har som förval inte äger det nät som kunden är ansluten till. I detta fall ersätter kundens operatör accessnäts ägare med en accessavgift. Detta är ett mycket vanligt fall inom fast telefoni då Skanova till stor del äger det kopparnät som är draget runt om i Sverige.

I figur 3.3 är kund A kopplad till Telias accessnät men har Operatör B som förval. När A# ringer till B# kommer Operatör B att få betala en access-avgift till Telia.



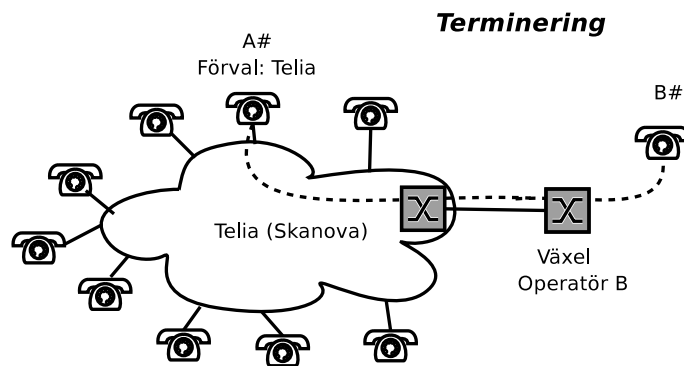
Figur 3.3: Access och förval.

I figur 3.4 är kund A kopplad till Telias accessnät och har Telia som förval. B# däremot är direktkopplat till Operatör B. Därmed kommer Operatör B avkräva Telia en termineringsavgift för samtalet!

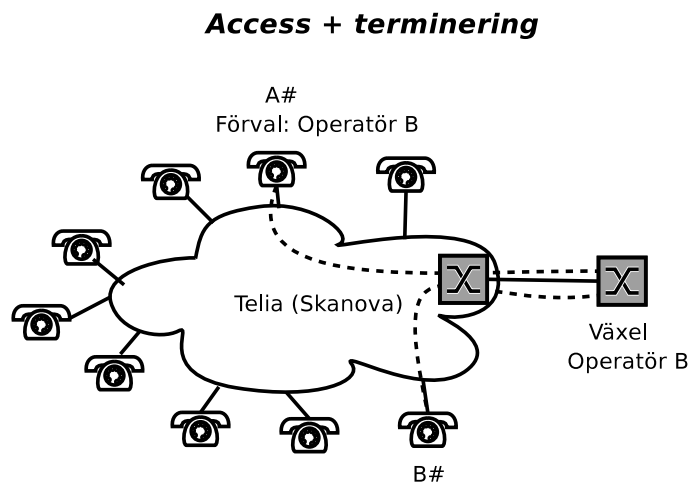
I figur 3.5 är ett exempel där Telia kommer att kräva Operatör B på både terminerings- och accessavgift. En intressant aspekt med detta exempel är att ett samtal kommer att ta upp dubbla kanaler mellan Telias och Operatör B:s nät.

#### Transitering

Med transitering menas att en tredje operatör tar hand om att skicka ett samtal mellan två operatörer som inte har någon koppling mellan varandra. Detta innebär att transiterande operatören vill ha betalt eftersom dennes nät utnyttjas. Två olika avräkningsmodeller används för att betala för transitering.



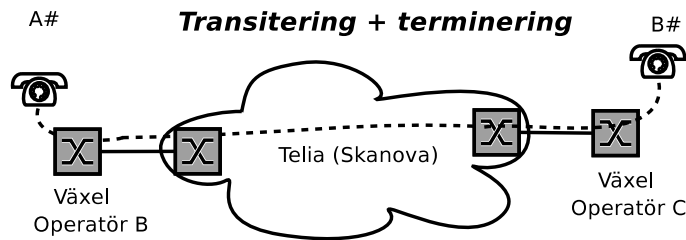
Figur 3.4: Terminering och förval.



Figur 3.5: Access och terminering.

- **Direktavräkning** - Överlämnande operatör och mottagande operatör har slutit avtal där överlämnande operatör betalar för terminering i mottagande operatörs nät. Dessutom betalar överlämnande operatör för transiteringen till transiterande operatör.
- **Kaskadavräkning** - Överlämnande operatör betalar både för transitering och terminering till transiterande operatör. Transiterande operatör betalar i sin tur för terminering till mottagande operatör.

Kaskadavräkningsmodellen infördes för att ta hand om ett problem som uppstod om överlämnande och mottagande operatör inte hade slutit avtal med varandra. Mottagande operatör kunde då inte ta betalt för termineringen och därför infördes kaskadavräkningsmodellen där transiterande operatör övertar ansvaret för att betala mottagande operatör.

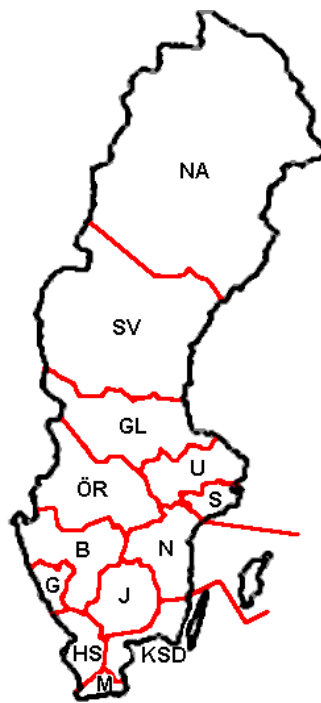


Figur 3.6: Transitering

### Samtrafikområden

Det finns 13 samtrafiksområden i Sverige. För varje samtrafiksområde finns det två regionala anslutningspunkter (RAP) och ett antal lokala anslutningspunkter (LAP). För t.ex. Sundsvalls samtrafiksområde finns de regionala anslutningspunkterna i Östersund och Sundsvall. [13]

	Namn	Anslutningspunkter
NA	Norra regionen	Älvsbyn, Lycksele
SV	Sundsvall	Sundsvall, Östersund
GL	Gävle	Gävle, Borlänge
ÖR	Örebro	Örebro, Krisinehamn
U	Uppsala	Uppsala, Västerås
S	Stockholm	Fredhäll, Högalid
N	Norrköping	Norrköping-C, -X
B	Borås	Borås, Trollhättan
G	Göteborg	Göteborg, Råda
J	Jönköping	Jönköping, Växjö
KSD	Kristianstad	Hässleholm, Smedby
HS	Helsingborg	Helsingborg-B, -D
M	Malmö	Malmö, Lund



### Segment

I och med uppdelningen i olika samtrafiksområden så definieras också kostnader för samtal på olika sätt. Man har valt att kalla dessa fyra olika typer av samtalstrafik för segment.

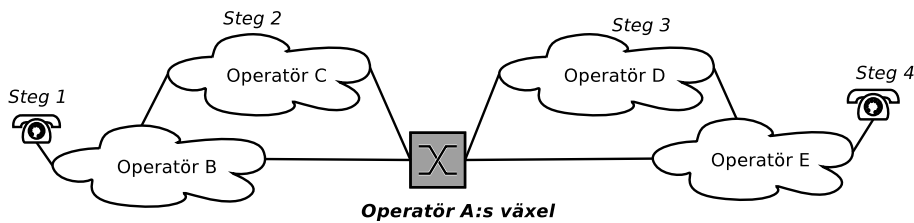
- **Lokalsegment** - Ett samtal som inte behöver gå genom en RAP, utan endast genom en LAP kallas för ett lokalsegment. En kund kan ringa till ett nummer utanför sitt eget riktnummer och endast betala för ett lokalsegment så länge mottagande nummer är anslutet till samma LAP.

- **Enkelsegment** - Ett samtal som måste skickas genom en RAP kallas enkelsegment. Man kan alltså se det som ett steg högre än lokalsegmentet. Denna typ av segment erbjuds dock inte i 08 (Stockholm), 031 (Göteborg) och 040 (Malmö).
- **Metrosegment** - Ett samtal som kräver anslutning mot en RAP i någon av de tre storstadsområdena kallas för metrosegment. I dessa regioner erbjuds inte enkelsegment, utan det ersätts där av metrosegmentet.
- **Dubbelsegment** - Ett samtal som kräver att det skickas mellan minst två RAP:er kallas för ett dubbelsegment. Det innebär i praktiken samtal som skickas mellan två samtrafikområden.

### Kostnadsberäkning för samtrafik

När kostnaden för samtrafik ska beräknas finns det fyra olika steg att hitta kostnader i. Om operatören har ett väl utbyggt nät med många kunder som ringer till varandra så kan kostnaden för samtrafik hållas nere.

1. - Första steget en operatör kan få betala samtrafiksavgifter för är en access.
2. - I andra steget kan operatören få en betala för transitering om det inte finns någon anslutning till operatören som hade kunden ansluten till sitt nät i första steget.
3. - I detta steg har samtalet kommit genom växeln och ska skickas ut till slutdestinationen. Precis som i steg två en transiteringskostnad uppstår.
4. - I sista steget kan en termineringskostnad uppstå.



Figur 3.7: De fyra olika stegen där samtrafikskostnader uppstår

### 3.1.4 Slutkundsfakturering

Slutkundsfakturering handlar om att hitta en modell för att ta betalt av sina kunder. En modell brukar kallas ett trafikfall och nedan finns tre vanliga trafik fall definierade.

1. A# → B#
2. A-kund → B#
3. A-kundgrupp → A-kundgrupp

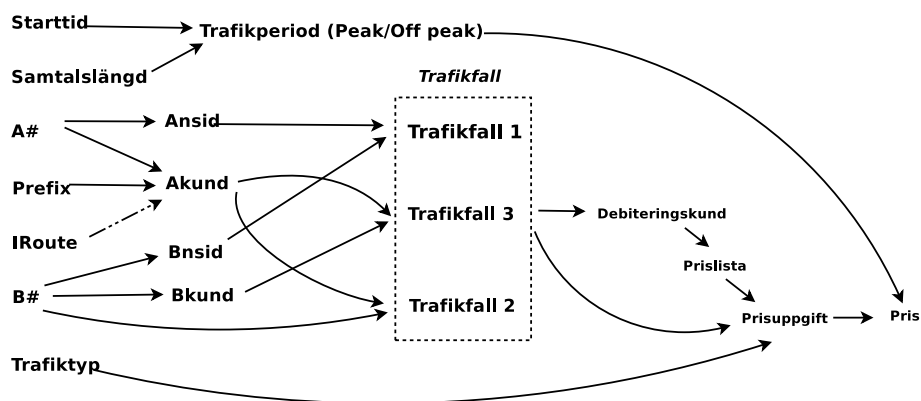
Den första är den vanligaste och motsvarar att en vanlig abonnent ringer till en annan. **Trafikfall 1** - A#:et och B#:et används för att få fram A och B:s nummerserier. Dessa nummerserier kan sedan användas för att få fram den första typen av trafikfall.

Andra fallet som kan uppstå motsvaras av när en kund är direktansluten till en växel och ringer till ett godtyckligt nummer.

**Trafikfall 2** - I detta trafikfall kan två olika sätt användas för att få fram vilken kund det är som ringer. Antingen används A# tillsammans med prefix för att identifiera kunden eller så används inkommande förbindelse till växeln, t.ex. ett företag som är direktkopplat till operatörens växel.

Tredje och sista fallet är lite krångligare. Om man tänker sig att alla OK-mackar är en kundgrupp som har slutit avtal med en operatör. Avtalet säger att alla OK-mackar ringer gratis mellan varandra. Det tredje trafikfallet kommer då att täcka upp den här typen av trafik.

**Trafikfall 3** - I detta sista fall kommer man att behöva matcha både A# och B# och bestämma om dessa tillhör samma kundgrupp. Om så är fallet kommer tredje trafikfallet att appliceras.



Figur 3.8: Modell för att beräkna pris till slutkund

Förutom trafikfall måste även en trafikperiod tas fram. Vanligt vis är detta hög- eller lågtaxa. Nästa steg är att försöka räkna ut priset för varje samtal. Lämpligtvis börjar man i prioritetsordning och söker igenom varje trafikfall efter en debiteringskund. Om det inte finns någon prislista för kunden så söker testas nästa trafikfall. När en prislista hittats så används den för att få fram en prisuppgift. Prisuppgiften tillsammans med trafikperioden används då för att beräkna ett pris. Det finns en sista parameter man måste räkna med, och det är trafiktypen. Man kan om man vill ta olika betalt för mobiltrafik, datatrafik eller fastnättrafik. I Sverige tar man t.ex. olika betalt om det är mobiltrafik eller fast trafik. I Norge används dessutom en egen taxa för datatrafik.

### 3.1.5 Sammanfattning

För att få en bra överblick vad som händer vid varje samtal så kan det vara på sin plats att göra en liten genomgång. När en kund lyfter på telefonluren så kommer han eller hon förhoppningsvis få en kopplingston. Detta är tecknet från telestationen att det är dags att slå numret till den man vill ringa. Efter att man slagit numret får man svar och kan börja prata. I kundens ögon ska det förhoppningsvis kunna vara så här lätt, men

för operatören ligger det mycket arbete bakom.

Det som faktiskt händer från att då kunden ringer till att en räkning på samtalet kommer i brevlådan kan delas upp i två faser från operatörens sida. Den första fasen är att koppla fram samtalet till rätt destination och andra fasen är att ta betalt för samtalet. Själva samtalsfasen är i princip ganska lätt. Operatören skickar samtalet den bästa och billigaste vägen. Däremot kan det vara lite svårt att förstå hur en operatör ska få betalt för samtalet av kunden. I princip kan processen delas upp i fem steg.

1. **Informationsinsamling** - Själva informationen om samtalet laddas ner från telefonväxlar för att kunna analyseras och prisberäknas.
2. **Samtalsflöde** - Utifrån den insamlade informationen analyseras varifrån samtalet kommer och vart det gått. Är det samtal som gått internt inom nätet eller kom samtalet från ett utomstående nät?
3. **Kostnadsberäkning** - Utifrån samtalsflödet är det möjligt att göra en kostnadsberäkning på samtalet. Har samtalet gått helt internt kostar det förmodligen väldigt lite medan ett utlandssamtal förmodligen kommer att kosta mer.
4. **Intäktsberäkning** - Förhoppningsvis har operatören gjort en kalkyl innan så att samtalet inbringar mer pengar än vad det kostar operatören. Trots det görs ändå en intäktsberäkning för att kunna ta fram statistik och se hur mycket pengar samtalet har gett samt upptäcka eventuella fel.
5. **Uppdatering av databas** - Slutligen görs eventuellt en lagring av samtalsdata med tillhörande medierat data. Ett samtal kan ha fått ett pris satt eller i andra fall bara en kund och en prislista för senare prisberäkning.

Utifrån det data som nu ligger i databasen kommer en räkning att skapas för varje kund med priser på varje samtal.

## 3.2 Intervju med företag

Som en del av arbetet har en intervju genomförts för att få en överblick över hur affärssystem och operatörsrelationer fungerar i praktiken hos operatörer. Följande frågor ställdes till fem olika operatörer av varierande storlek.

### 3.2.1 Frågor

1. Hur viktig är routing på internationell nivå för ert företag?
2. Hur många carriers arbetar ni med? Är det enstaka eller ett flertal?
3. Hur ser avtal med carriers ut? Är det någon form av köp-och-sälj-överenskommelse, volymbaserad rabatt eller någon annan form av avtal?
4. Hur ofta, och hur, sker förändringar i prissättning från carriers?
5. Hur uppdateras nya priser i det interna systemet, och hur ofta?
6. Kostnadsberäknas samtal efter carriers definition av samtal eller sker detta efter egna definitioner?

7. Hur identifieras avvikelser vid routing, och hur åtgärdas/hanteras dessa?
8. Hur identifieras kvalitetsbrister och hur åtgärdas dessa?
9. Har ni någon form av stödsystem för att underhålla och göra analyser i dagsläget? (Vid jakande svar gå vidare till fråga 11, annars 10)
10. Är ni intresserade av ett sådant system, och i sådana fall, vilka funktioner skulle vara intressanta att ha i ett sådant system? (Vid jakande svar gå till fråga 12, annars 13)
11. Vilka funktioner har detta system?
12. Är ni intresserad av att få en kopia av mitt examensarbete när det är klart?

### 3.2.2 Sammanställning av svar

#### Fråga 1:

Det enda som var gemensamt för alla operatörer som kontaktades var att internationell trafik är mycket viktig. Detta beror främst på att det är inom kategorin internationella samtal som operatören kan tjäna, eller förlora, mycket pengar. Framför allt var carrier-operatörer mycket beroende av denna kategori samtal.

#### Fråga 2:

Svaren på denna fråga varierar mycket beroende på storlek på operatören. En operatör samarbetade med endast en carrier medan en annan något hundratal. En liten operatör arbetar ofta med ett fåtal stora, medan stora operatörer jobbar med många små. Detta gör alltså att en stor operatör har betydligt högre krav på sig att kunna hantera priser från carriers jämfört med en mindre operatör.

#### Fråga 3:

Det finns flera olika typer av avtal som tillämpas. En variant av volymbaserad rabatt är när en operatör binder sig att skicka en viss mängd trafik för att få ett bättre pris. Ett annat alternativ är en trappstegsmodell där operatören får bättre pris ju mer trafik som skickas. En annan typ av rabatt som används är köp-säljavtal. Detta innebär att operatören förbinder sig att skicka en viss mängd trafik via en annan operatör. I återgåld åtar sig den andra operatören att skicka en viss eller motsvarande mängd trafik i åt andra hållet.

Vilken typ av avtal en carrier föredrar beror på flera olika faktorer. Generellt kan man dock våga påstå att f.d. statliga televerk oftast har ett stort överdimensionerat nät som de vill försöka utnyttja så mycket som möjligt. Dessa carriers föredrar ofta någon form av volymbaserad rabatt. Andra carriers som inte har så stora nät föredrar istället någon form av köp-säljavtal för att inte riskera att överbelasta näten.

#### Fråga 4:

Förändringar i prissättning brukar med jämna mellanrum ske med hjälp av ett enkelt datablad. Generellt uppdateras priser med allt från en veckas intervall till två gånger om året beroende på avtal. Vid prisökningar börjar priserna inte att gälla förrän efter sju dagar medan prissänkningar ofta träder i kraft omedelbart.

#### Fråga 5:

Även svaren på denna fråga varierade stort beroende på operatörens storlek. För en stor operatör är det mycket viktigt att snabbt införa alla prisändringar i systemet så att trafiken kan skickas billigaste vägen och inga onödiga förluster görs.



Därför har större operatörer oftast system för att hantera prisändringar. De kan sålunda snabbt dirigera trafik att skickas på billigast möjliga sätt. Mindre operatörer är ofta utan system och försöker istället att styra trafiken manuellt. Denna administration kan vara ett tidskrävande arbete som skulle kunna göras med hjälp av ett datorsystem, men frågan är om investeringar i ett datorsystem är ekonomisk försvarbart. En annan orsak till att datorsystem är bra är risken misstag begås är större om arbetet sker manuellt.

**Fråga 6:**

Denna fråga kan vara svår att förstå men inte desto mindre intressant. Carriers kan definiera ett internationellt samtal olika. En carrier kan t.ex. definiera och prissätta ett samtal till Köpenhamn, Danmark på ett sätt, ett samtal till Jylland på ett annat sätt och övriga samtal till Danmark på ett tredje sätt. En annan carrier kanske väljer att definiera alla samtal till Danmark på samma sätt och prissätta därefter. Detta innebär att operatören måste undersöka med vilken carrier ett samtal är billigast för en viss destination.

Har operatören ett bra stödsystem för att hantera detta är det inget problem att använda sig av carriers definition av samtalet. I annat fall kan det vara lämpligt att definiera alla samtal till Danmark oavsett destination till samma destination. Detta gör att operatören förlorar pengar jämfört med att skicka via det billigare alternativet. Det kan dock löna sig i slutändan på grund av den minskade administrationen.

De flesta operatörer som frågades använde sig emellertid av carriers definition av samtalet men enstaka undantag fanns.

**Fråga 7:**

Även denna fråga kan vara lite svår att förstå. Med avvikelser vid routing menas att trafiken inte skickas den väg som i förväg valts. De flesta operatörer löser detta genom att plocka fram statistik dagligen för att se hur trafik skickats. De större operatörerna har dock mer kompletta system, som direkt kan upptäcka om trafiken inte skickas rätt och dessutom orsaken till detta.

**Fråga 8:**

Kvalitetsbrister kan vara svåra att upptäcka. Med kvalitet menas att samtalet, utöver att kopplas fram till destinationen, även har en bra ljudkvalitet. För en stor operatör är det viktigt att snabbt upptäcka dylika kvalitetsbrister för att inte bli överösta med kundklagomål och förlora pengar. För mindre operatörer kan det vara tillräckligt med kundkontakt eller analys av statistik för att upptäcka brister.

**Fråga 9:**

Alla större operatörer som kontaktades har avancerade system för analys av trafik medan de mindre endast har enkla eller helt saknar system. Detta är en ren kostnadsfråga då inköp av system kan vara väldigt kostsamt. Dock kan man utgå från att alla teleoperatörer vill ha stödsystem för att i största möjliga mån undvika manuellt arbete.

**Fråga 10:**

En av operatörerna som saknade stödsystem tyckte att det viktigaste för dem var att automatiskt kunna routa trafik, göra en uppföljning av felaktig routing samt att få larm om telenätet är överbelastat.

**Fråga 11:**

De operatörer med kompletta system kan hantera de problem som nämndes i förra frågan men även många andra saker. Några exempel som nämndes var olika typer av statistik, rapporter och övervakning.

**Fråga 12:**

Övriga och roligt nog var alla kontaktade operatörer intresserade av att få en kopia av examensarbetet.

### 3.3 Kostnadberäkning

Eftersom detta examensarbete handlar om att beräkna kostnader så är det på sin plats att mer ingående gå igenom en operatörs kostnader. Dessa kostnader kan delas in i följande fyra olika kategorier.

- Samtrafikskostnader
- Nät- och kapacitetskostnader
- Kvalitetskostnader
- Administrativa kostnader

Förutom denna indelning kan kostnaderna fördelas i fasta och löpande kostnader. En fast kostnad är t.ex. en investeringskostnad för en telefonväxel som löper under lång tid. Har en nätoperatör ingen växel så går det helt inte att bedriva samtrafik. Sådana kostnader är i slutändan något som ur optimeringssynpunkt inte behöver vara med i beräkningarna när ett samtal kostnadsberäknas, det är en kostnad som operatören måste ta hur man än vänder och vrider på det.

Det är dock av yttersta vikt att löpande kostnader finns med i beräkningarna samtal kostnadsberäknas på ett korrekt sätt. Det kan vara billigt att skicka trafik via en operatör ur samtrafikssynpunkt, men förbindelsen mellan operatörerna kan vara så kostsam att det totalt blir dyrare än ett annat alternativ. Detta problem, tillsammans med ett kapacitetsbehov, gör att en kostnadsmodell kan bli relativt komplex. Ett annat problem är att hitta ett sätt att normalisera kostnader så att samma enhet används i hela modellen. Ett sätt att göra detta på är att beräkna vad varje del i nätet kostar per trafikminut. Denna kostnad kan variera från månad till månad, så det är viktigt att statistik nyttjas på ett bra sätt.

#### 3.3.1 Samtrafikskostnader

Kostnader för trafik i andra operatörers nät är lätt att beräkna. Avtal träffas med en operatör och sedan är det de priserna som är stipulerade enligt avtalet för access, terminering och transitering. För samtrafik med Telia gäller följande kostnader för nationell access och terminering. [8, 9]

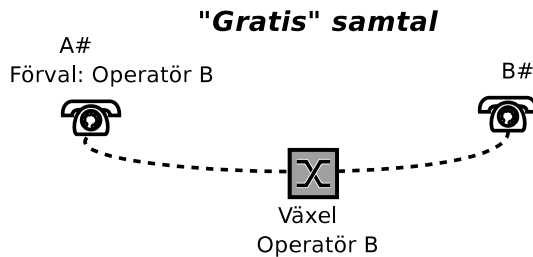
Nätsegment	Pris per samtal	Hög	Låg
Lokalsegment	0.035 SEK	0.050 SEK/min	0.038 SEK/min
Metrosegment	0.035 SEK	0.050 SEK/min	0.038 SEK/min
Enkelsegment	0.044 SEK	0.068 SEK/min	0.051 SEK/min
Dubbelsegment	0.046 SEK	0.073 SEK/min	0.054 SEK/min

För transitering gäller följande priser.[10]

Nätsegment	Pris per samtal	Hög	Låg
Enkeltransitering	0.012 SEK	0.033 SEK/min	0.021 SEK/min
Dubbeltransitering	0.023 SEK	0.059 SEK/min	0.037 SEK/min

### Interna samtal

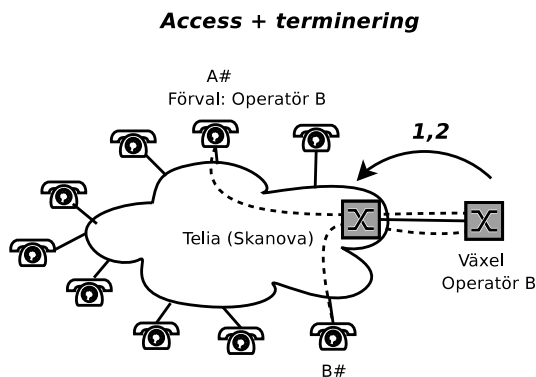
För ett internt samtal betalar operatören ingen samtrafiksavgift utan samtalet går helt inom det egna nätet. Det enda kostnaden som finns är nätkostnaden.



Figur 3.9: Ett "gratis"-samtal

### Access + terminering

I detta exempel är kunden ansluten till Telias nät men har Operatör B som förval och ringer till en annan kund som är ansluten i Telias nät. Operatör B kommer att få betala både för access och terminering. Vi antar att det är ett lokalsamtal dagtid som rings.

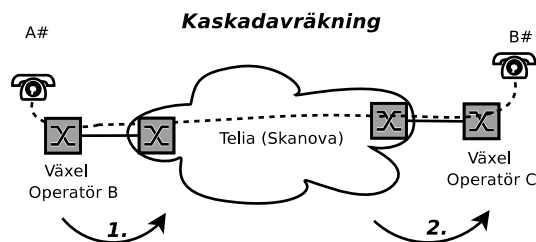


Figur 3.10: Access- och termineringskostnad för ett samtal

Steg	Operatör	Avgift	Kostnad
1	Operatör B	Access	$0.035 + 0.050/\text{min}$
2	Operatör B	Terminering	$0.035 + 0.050/\text{min}$

### Transitering, kaskadavräkning

I detta exempel antar vi att Operatör C har samma taxa för terminering som Telia. Samtalet sker på dagtid, och är ett lokalsamtal. Kostnaden för Operatör B består av transitering som betalas till transiterande operatör. Den transiterande operatören tar i sin tur på sig att betala en termineringskostnad till en terminerande operatören.

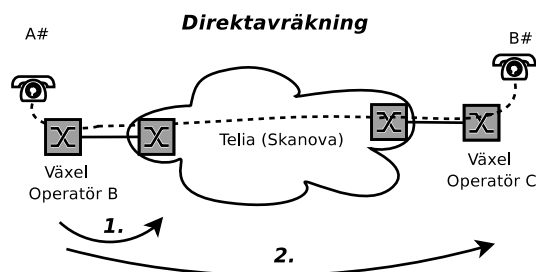


Figur 3.11: Kaskadavräkning

Steg	Operatör	Avgift	Kostnad
1	Operatör B	Kaskad	$0.047 + 0.083/\text{min}$
2	Telia	Terminering	$0.035 + 0.050/\text{min}$

### Transitering, direktavräkning

I detta exempel antar vi att Operatör C har samma taxa för terminering som Telia. Samtalet sker på dagtid, och är ett lokalsamtal.



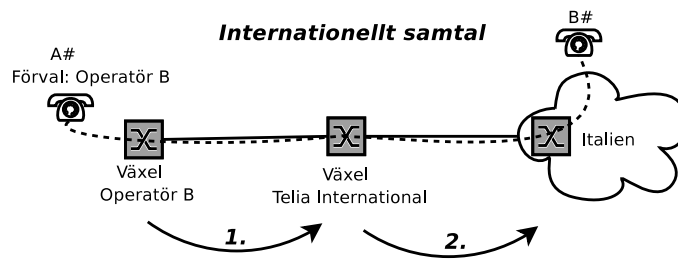
Figur 3.12: Direktavräkning

Steg	Operatör	Avgift	Kostnad
1	Operatör B	Transitering	$0.012 + 0.033/\text{min}$
2	Operatör B	Terminering	$0.035 + 0.050/\text{min}$

### Internationellt samtal

I sista exemplet redovisas kostnaderna för ett internationellt samtal. Eftersom prislister från olika operatörer inte är tillgängliga så är priser fiktiva. Normalt saknas uppkopplingsavgift på internationella samtal så kostnaden blir endast per samtalsminut. Vi kan för enkelhetens skull anta att mottagande operatör har samma taxa för terminering i Sverige som Telia. Avräkningsmodellen som används blir i praktiken samma som för kaskadavräkning för transitering.

Steg	Operatör	Avgift	Kostnad
1	Operatör B	Internationellt samtal	$1.000/\text{min}$
2	Telia International	Terminering	$0.035 + 0.050/\text{min}$



Figur 3.13: Internationellt samtal

### 3.3.2 Nätkostnader

Kostnader för en operatörs nät kan vara tämligen svåra att ta med i beräkningarna. De mest grundläggande kostnader som finns är kostnader för noder och förbindelser. Med en nod avses en växel eller någon annan form av knytpunkt. En förbindelse är oftast en fysisk koppling mellan två noder men kan även vara t.ex. en radiolänk. En förbindelse kan vara mellan två noder i det egna nätet eller mellan en intern nod och en annan operatörs nod.

Det finns olika typer av noder i ett nät men växeln är den mest centrala delen av nätet. De kostnader som kan uppstå för en växel är t.ex. inköp, lokalhyra, personalkostnader för underhåll o.s.v. Liknande kostnader gäller för övriga noder i nätet.

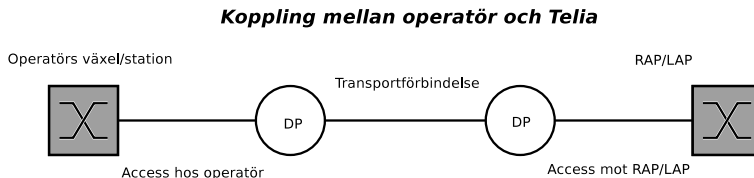
Telia erbjuder något som kallas samlokalisering. En operatör får hyra en del av en telestation och kan sätta in egen utrustning mot ersättning. Telia har följande priser för samlokalisering, vilka även ger en skattning över vilka kostnader en operatör har för en nod.

Produkt	Fast kostnad (SEK)	Löpande kostnad (SEK)
Etableringsavgift	3440	
Lokalhyra för helt skåp		5040 per kvartal
Energi (el, kyla, klimat)		2670 per kvartal
Installation av helt skåp	2900	
Stationskabel, 100 par, $\leq 50\text{m}$	16100	

När det gäller kostnader för förbindelser i ett nätverk kan det avse ersättning för ren trafiktransport mellan två olika noder. Operatören kan antingen investera pengar i egen kabel eller hyra förbindelsen av någon annan operatör. Väljer man att gräva ner egen kabel blir investeringskostnaden naturligtvis avsevärt mycket högre än om man hyr, men den återkommande kostnaden blir mindre. Detta problem brottas större operatörers nätplanerare med, medan mindre operatörer i stor utsträckning hyr förbindelser av andra operatörer. Telia erbjuder följande prislista för att hyra ut kapacitet i nätet.[11]

	Engångsavgift (SEK)	Kvartalsavgift (SEK)
Grundpris	22750	6285 + 2285/km
Tillägg för transport	6350	1175

Utöver grundavgift och transportavgift kan det tillkomma en avståndsbaserad kostnad som tas ut per kilometer. För grundpriset tas denna avgift ut om avståndet mellan operatörens punkt och första debiteringspunkten är mer än 3 km. För transport kan det handla om belopp mellan 30-82 SEK/km eller annan överenskommen kostnad.



Figur 3.14: En koppling mellan en operatörs nät och Telias nät

En annan typ av kostnad kan gälla anslutning till en annan operatörs nät. Det kan vara en kostnad för själva anslutningen, men även kostnad för att bygga ut telestationen så en sammankoppling av näten är möjlig. Denna kostnad är viktig att kalkylera på då priset kan variera mycket mellan olika typer av förbindelser. Här finns det utrymme för optimeringar. Telia erbjuder följande priser för anslutning till en LAP/RAP.[7]

Tjänst	Fast kostnad (SEK)	Löpande kostnad (SEK/år)
RAP	100.000	50.000
LAP	40.000	25.000
2 Mbit/s-port	8.000	3.000

För att en operatör skall få ansluta sig till en LAP krävs att operatören sedan tidigare är ansluten till en RAP. En operatör måste därför fråga sig om det är värt kostnaden att få skicka lokalsegment via en LAP jämfört med att skicka enkelsegment via en RAP. För en operatör som har stor volym trafik till ett område kan det löna sig att ansluta sig till en LAP.

Avslutningsvis kan man sluta sig till att det finns en mängd olika kostnader i en operatörs nät. Det viktiga är dock inte vilka kostnader som finns utan vilka som kan minimeras. Vissa kostnader kan man helt enkelt inte göra något åt om man ska bedriva verksamhet som teleoperatör.

### 3.3.3 Kvalitet

Ur en kunds perspektiv handlar kvalitet om att alltid kunna ringa och att alltid ha bra mottagning. Att beräkna kostnad för kvalitet är att räkna med en kostnad som operatören inte nödvändigtvis måste ta för att ha ett tillräckligt väl fungerande nät.

Ur operatörens synvinkel handlar kvalitet om att tillhandahålla en tjänst som fungerar tillräckligt bra för hantera den kvalitet som är lovad kunden. För att kunder alltid ska kunna ringa så krävs ett överdimensionerat nät så att eventuella samtalstoppar kan hanteras. Dessutom ska nätet ha sådan redundans att om någon del i nätet slutar fungera skall reserver säkerställa att nätet ändå fungerar. Kostnaden för kvalitet blir med andra ord merkostnaden för att få ett "perfekt" nät från att ha ett nät som fungerar tillfredsställande. Ingen operatör har idag ett perfekt nät då det skulle kosta otroliga summor att ha redundans i varje del av nätet.

Om man nu antar att operatören har ett perfekt nät så behöver inte det betyda att alla samtal kommer att ha perfekt kvalitet. När en kund försöker ringa utanför operatörens nät kan gå det inte att ha samma kontroll som inom det interna nätet. Det en operatör kan göra för att i största möjliga mån säkerställa att kvaliteten är bra är att endast göra affärer med carriers som erbjuder bra kvalitet. Kvalitetskostnaden

blir då skillnaden i kostnad mellan den bästa carriern och den carrier som levererar tillfredsställande kvalitet.

Avslutningsvis så kan man alltså sluta sig till att kvalitetskostnad är något som är besvärligt att räkna med. Om en operatör marknadsför sig som högkvalitetsoperatör så räknar kunderna med att högsta kvalitet tillhandahålls. Marknadsför en operatör sig som lågprisoperatör förväntar sig kunderna lite sämre kvalitet.

## 3.4 Modellen

För att göra en enkel och överskådlig modell delas kostnaderna in i tre kategorier. Kostnader för det interna nätet, det externa nätet och kostnader för varje trafikminut. För att göra det enklare att räkna på dessa kostnader kan det vara skäligt att normalisera kostnaderna så att de har samma enhet. En hyrd lina mot en annan operatör har t.ex. en kostnad per månad medan ett samtal har en kostnad per minut. Det är relativt enkelt att beräkna kostnaden per trafikminut som skickas via en lina så därför används denna modell kr/trafikminut.

### 3.4.1 Interna nätet

Kostnader i det interna nätet kommer inte att beaktas i denna modell då det inte är en kostnad som med kort varsel väljas. När modellen användas för att beräkna billigaste vägen att skicka trafik är det svårt att utifrån modellens resultat plocka bort delar i det interna nätet. Det interna nätet kan vara uppbyggt för att innehålla avsevärd redundans för att säkerställa kvalitet eller vara överdimensionerat på något annat sätt. Därför är det onödigt att ta med interna kostnader för nätet i beräkningsmodellen för prissättning av ett samtal. Däremot kan modellen beräkna den verkliga kostnaden per trafikminut och på så sätt ge operatören underlag för att ta beslut om förändringar i nätet. Detta innebär att kostnaden för ett samtal inte kommer att vara helt komplett när det används som underlagsdata till beräkningsmodellen. Fördelen med detta är precis som nämnt ovan att man kan ha sneda kostnader i det interna nätet utan att det påverkar hur trafiken skickas externt.

### 3.4.2 Externa nätet

Det externa nätet kommer till skillnad från det interna att ha en stor inverkan i kostnadsberäkningar av samtal i modellen. För att optimera kostnader i det externa nätet så krävs fysiska ändringar i nätet. Det innebär exempelvis att en nätansvarig ändrar nätet genom inköp av mer kapacitet mot en carrier eller genom avveckling av en förbindelse mot en carrier. Modellen kan precis som för det interna nätet endast ge förslag på förändringar i nätet. Till skillnad från det interna nätet tar dock modellen hänsyn till fasta kostnader i det externa nätet. Matematiken bakom kostnadsberäkning för det externa nätet är enkel. En lina har en hyreskostnad för en viss tidsperiod, och kostnaden linan blir hyreskostnad genom antal trafikminuter. Troligtvis finns även en initial kostnad för installation och administration som är irrelevant att ha med i beräkningsmodellen då den är konstant. Denna kostnad är däremot intressant när rapporter om kostnader i nätet skall tas fram.

### 3.4.3 Kapacitet

För att det ska vara möjligt att göra en bra beräkning av hur mycket trafiken kostar krävs en lastbalansering. Detta beror på att om trafiken routas till linor som beräknats vara billigare med avseende på trafik kostnad så kan den fasta kostnaden vara avsevärt högre.

**Exempel:** Vi vill skicka trafik till Tyskland och England så billigt som möjligt. Vi har en billig lina A med otillräcklig kapacitet och en med högre kapacitet men med högre priser.

Lina	Kapacitet (min)	Pris Tyskland	Pris England
A	300	30 öre/min	32 öre/min
B	500	35 öre/min	45 öre/min

Om vi nu antar att vi vill skicka 500 minuter till Tyskland och 300 till England så uppstår ett problem. Trafiken till dessa båda länder bör helst skickas via lina A eftersom den är billigast. På grund av att kapaciteten är otillräcklig måste dock delar av trafiken skickas på den dyrare linan. I detta exempel är skillnaden mellan trafik kostnad per lina mellan destinationerna ganska stora. Det kostar 5 öre mer att skicka trafik med lina B till Tyskland medan det kostar 13 öre mer att skicka trafik till England med lina B. I detta exempel vore det alltså kostnads optimalt att skicka all trafik till Tyskland via lina B och all trafik till England via lina A. Modellen utgår alltså från skillnaden mellan kostnaden per lina när kostnaden beräknas.

### 3.4.4 Kvalitet

Det är komplicerat att ta med kvalitetsperspektivet i en beräkningsmodell eftersom det är svårt att prissätta en kostnad per trafikminut. En väg att gå är att helt ignorera kostnaden för kvalitet i de fall kvaliteten är otillräcklig. Man inför en spärr att inte skicka trafik med en operatör när kvaliteten faller under en viss nivå. Detta innebär att beräkningsmodellen kommer att behöva köras på nytt om man slutar använda en operatör. Detta beror på att trafiken kommer att skickas med en annan operatör vilket kan leda till kapacitetsproblem. Ett problem med att införa en spärr är att för vissa destinationer kan alla operatörer ha dålig kvalitet. Exempelvis kan det vara svårt att koppla fram samtal till länder med stora infrastrukturella problem orsakat av naturkatastrofer.

### 3.4.5 Affärsmässiga relationer

Ibland kan två operatörer ha någon form av affärsmässig relation som helt hamnar utanför ramarna för vad modellen klarar av. Eftersom denna typ av trafik ändå kommer att belasta nätet så måste den tas med i beräkningarna för att få en korrekt lastbalansering av nätet. Systemet skulle dock kunna användas till att ge underlag för att avgöra om avtal är ekonomiskt hållbara.

## 3.5 Underlagsdata

Utifrån ovan nämnda komponenter kan man bygga ett system för att beräkna billigaste sättet att skicka trafik. Systemet kommer dock behöva en avsevärd mängd underlagsdata att arbeta med. För att göra en riktig kostnadsberäkning behövs prislistor, trafik att



skicka och kostnader mot det externa nätet. Om man dessutom vill kunna ta fram rapporter över kostnad för den kompletta nätet och är hur det är belastat behövs dessutom information över interna noder och linor. Underlagsdata som modellen arbetar med kan se ut som följande.

### 3.5.1 Trafik

1	2	3	4	5	6	7
46620411	Telia	TeliaUT	20	100	30	120

1. **Prefix** Nummerserien till vilka samtalen går till.
2. **Carrier** Med vilken carrier som samtalen skickas
3. **Lina** På vilken lina som samtalen skickas
4. **Peak-samtal** Antal samtal som skickas under högtaxa
5. **Peak min** Antal minuter som skickas under högtaxa
6. **Off peak-samtal** Antal samtal som skickas under lågtaxa
7. **Off peak min** Antal minuter som skickas under lågtaxa

### 3.5.2 Lina, extern

1	2	3	4	5	6
TeliaUT	1	Telia	20000	1000	500

1. **Namn** Namnet på linan
2. **Från** ID på noden från vilken linan går
3. **Carrier** Carrier till vilken linan går till
4. **Startkostnad** Initialkostnaden för installation av lina
5. **Månadskostnad** Månadskostnad
6. **Kapacitet** Antal minuter som kan skickas genom linan per månad

### 3.5.3 Lina, intern

1	2	3	4	5	6
Intern1	1	2	20000	1000	500

1. **Namn** Namnet på linan
2. **Från** ID på noden från vilken linan går
3. **Till** ID på noden linan går från
4. **Startkostnad** Initialkostnaden för installation av lina
5. **Månadskostnad** Månadskostnad
6. **Kapacitet** Antal minuter kan skickas genom linan per månad

### 3.5.4 Prislista

1	2	3	4	5	6	7
46620411	46702600	TeliaUT	0.4	0.23	0.4	0.115

1. **Från Prefix** Nummerserien från vilket samtalen kommer från
2. **Till Prefix** Nummerserien till vilket samtalen går till
3. **Lina** På vilken lina som samtalen skickas
4. **Uppkoppling hög** Uppkopplingskostnad på högtaxa
5. **Minutkostnad hög** Minutkostnad på högtaxa
6. **Uppkoppling låg** Uppkopplingskostnad på lågtaxa
7. **Minutkostnad låg** Minutkostnad på lågtaxa

### 3.5.5 Noder

1	2	3
1	5000	1000

1. **ID** Id på noden
2. **Startkostnad** Initialkostnaden för installation av noden
3. **Månadskostnad** Månadskostnad för noden

# Kapitel 4

## Utförande av examensarbetet

Under den första tiden av examensarbetet gjordes en 6 veckors lång fördjupning. Först tre veckors fördjupning generellt inom telesystemets uppbyggnad och historia och därefter tre veckors fördjupning inom system och modeller för att klara av uppgiften. Mycket av informationen om hur telesystemet fungerar i praktiken fick jag muntligen genom en av mina handledare som lade ner mycket tid på undervisning. Under denna tid utfördes dessutom intervjuer mot företag.

Under design- och implementationsfasen låg fokus på att ta fram rätt underlagsdata till modellen samt att fastställa vilka kostnader som finns för en operatör. Slutligen utvecklades ett testprogram som implementerade delar av modellen.

Arbetet har helt utförts i Nipsofts lokaler i Sollefteå. Det ursprungliga schemat var som följer.

- 6 veckor - Fördjupning inom telesystem
- 6 veckor - Design och implementation
- 4 veckor - Utvärdering
- 4 veckor - Dokumentation och övriga uppgifter

Schemat har följts till stor del frånsett att mindre tid än planerat lades ned på utvärderingen.



# Kapitel 5

## Resultat

### 5.1 Problemformalisering

För att formalisera problemet är det lämpligt att börja med att identifiera de olika beståndsdelarna. De delar som behövs för att köra optimeringsprocessen är en mängd **trafik**  $t$  som under en given tidsperiod går via **lina**  $l$  till **destination**  $d$ . Till varje destination, skickas en viss mängd trafik  $\mathbf{t}$  via en eller flera linor. Varje lina kommer vid en viss given tidpunkt att hantera en viss mängd trafik till olika destinationer. Utöver detta finns även en prislista  $\mathbf{P}$  som definierar priser  $\mathbf{p}$  för trafik till en destination via en lina.

Lina	Kapacitet (min)
$l_1$	400
$l_2$	1050 $\vdots$
$l_n$	600

Destination	Antal minuter
$d_1$	200
$d_2$	1040 $\vdots$
$d_n$	900

Destination	$P_1$	$\dots$	$P_m$
$d_1$	$p_{11}$		$p_{m1}$
$d_2$	$p_{12}$		
$\vdots$			
$d_n$	$p_{1n}$	$\dots$	$p_{nm}$

Varje destination har sålunda ett antal minuter som skall skickas via någon lina. Utifrån de priser som finns definierade i prislistan kan en kö fastställas för vilka linor som vore billigast att använda. I denna kö placeras den billigaste först och den dyraste sist.

Lina	Pris
$l_1$	0.30
$l_2$	0.45
$\vdots$	
$l_n$	0.59

Varje destination kommer att ha en kö som innehåller linor sorterade efter pris. Detta är dock inte tillräckligt eftersom det är nödvändigt att veta hur mycket trafik som skall skickas över linan. Dessutom kan det vara lämpligt att lägga in den aktuella prisuppgiften direkt i köer för att reducera antalet uppslag mot prislorna. Därför ser köerna för varje destination ut som följer.

Pris	Lina	Minuter
0.30	B	200
0.45	C	400
0.59	D	0
$\vdots$		

Den slutgiltiga tabellen som modellen arbetar mot blir alla destinationers köer. En sådan tabell skulle kunna se ut som nedan.

070			090			08			...
Pris	Lina	Min	Pris	Lina	Min	Pris	Lina	Min	
0.30	B	200	0.06	A	500	0.08	D	400	
0.45	C	400	0.07	D	0	0.11	C	100	
0.59	D	0	0.23	B	0	0.13	A	0	
$\vdots$			$\vdots$			$\vdots$			$\ddots$

Tre olika lösningar på problemet kommer att presenteras. Brute force, simplex-metoden och metoden som har implementerats i testprogrammet. Simplex-metoden kräver att problemet är formaliserat som en LP-problem, så i den sektionen kommer en LP-problemformalisering att presenteras.

### 5.1.1 Brute Force

Denna metod är välkänd och kan vara en lämplig lösning för små problem. Brute force använder sig som namnet antyder av ren beräkningskraft för att ta fram alla möjliga kombinationer för problemet och välja den billigaste. För att kostnadsoptimera trafik när många destinationer, prislister och förbindelser är inblandade är brute force inte en bra lösning och kommer därför inte att presenteras ytterligare.

### 5.1.2 Simplex-metoden

Eftersom problemet är en variant på Least Cost Routing (LCR) så kan det formaliseras som ett linjärt programmeringsproblem (LP-problem). LCR är ett välkänt LP-problem som är bevisat lösbart med Simplex-metoden. Problemet som presenterats i denna modell är ett LCR-problem med en kapacitetsparameter och kan formaliseras på följande sätt.[12]

$$(1) \quad k = \text{Antal Destinationer}$$

$$(2) \quad l = \text{Antal Linor}$$

$$(3) \quad Trafik_n = \sum_{m=1}^k Trafik_{n,m}$$

Sats 3 ger summan av all trafik som går på en lina till någon destination.

$$(4) \quad Kostnad_n = \sum_{m=1}^k Trafik_{n,m} * Pris_{n,m}$$

Sats 4 ger den totala kostnaden för en lina beroende på hur mycket trafik som går till någon destination gånger priset för denna trafik.

$$(5) \quad Trafik_m = \sum_{n=1}^l Trafik_{n,m}$$

Sats 5 är väldigt lik sats 3. Skillnaden är att denna sats talar om hur mycket trafik som går till en destination på någon lina.

$$(6) \quad Trafik_n \leq Kapacitet_n$$

Sats 6 begränsar att trafik som går på en lina aldrig får överträda förbindelsens kapacitet.

$$(7) \quad Min(Kostnad) = \sum_{n=1}^l Kostnad_n$$

Den sista satsen är minimeringsfunktionen som minimerar kostnaden.

Precis som för brute force så är denna metod kostsam när det är stora problem som skall lösas. En tänkbar problemstorlek skulle kunna vara 5-10000 destinationer, några hundratals med varierande kapacitet och ett pris för varje destination per via. Simplex-metoden har därför inte använts utan en egen algoritm har utvecklats.

### 5.1.3 Algoritmbeskrivning

Optimeringsproblemet är ett LP-problem och är i princip LCR fast med en liten tillökning. Metoden kan vara mycket resurskrävande om inte problemet är tillrättalagt från början. Därför sker en inledande lastbalansering där trafiken läggs ut på varje lina så billigt som möjligt utan att linors kapacitet överskrids. I de fall där linor är överbelastade så en destinations trafik inte kan skickas på den billigaste linan används istället den näst billigaste. Kan man utifrån dessa villkor börja med själva optimeringen har man kommit en bra bit på vägen.

Grundidén är att i största möjliga mån minimera kostnaderna för varje lina och skicka så billig trafik som möjligt. I många andra algoritmer är utgångsläget att försöka skicka trafiken på billigaste möjliga vis. Största skillnaden mellan dessa två synsätt blir att kapaciteten på ett naturligt sätt kommer med i beräkningarna vilket är fördelaktigt.

### 5.1.4 Algoritm

- 1 För alla kombinationer av två olika linor
  - 1.1 Undersök om det går att byta trafik mellan två linor
  - 1.2 Om så är fallet
    - 1.2.1 Undersök om totalkostnaden blir lägre
    - 1.2.2 Om så är fallet
      - 1.2.2.1 Byt trafik mellan linorna
    - 1.2.3 Gå till nästa kombination i 1
  - 1.3 Annars, välj nästa kombination i 1

#### Exempel 1

Grundidén för optimeringen är att om det är möjligt att byta trafik mellan två linor och få ett totalt billigare pris, så skall det göras. Ett litet exempel på ett problem utan kapacitetsbegränsning ses nedan.

070			090		
Pris	Lina	Min	Pris	Lina	Min
0.30	A	300	0.30	A	500
0.32	B	0	0.45	B	0

För båda destinationer är lina A billigast, och så länge A har tillräcklig kapacitet att hantera trafikvolymen till båda destinationerna uppstår inga problem. Om lina A däremot bara klarar av att hantera 700 minuter måste trafik routas till lina B. Denna routing kan ske på två uppenbara olika sätt. Antingen skickas 100 070-minuter med lina B, eller så skickas 100 090-minuter med B. Ifall lastbalansering inte görs kan trafiken komma att skickas dyrare än nödvändigt. Det måste med andra ord finnas ett uppenbart sätt att avgöra vilken av dessa destinationer som skall skickas via den dyrare linan. I det här fallet är valet uppenbart då det är lätt att se att det bara kostar två öre mer att skicka 070-trafik via lina B mot 15 öre om man skickar 090-trafik via lina B. Den optimala lösningen blir då som följer.



070			090		
Pris	Lina	Min	Pris	Lina	Min
0.30	A	200	0.30	A	500
0.32	B	100	0.45	B	0

Om man nu tänker sig samma exempel där lastbalanseringen av någon anledning inte blivit riktigt optimal.

070			090		
Pris	Lina	Min	Pris	Lina	Min
0.30	A	300	0.30	A	400
0.32	B	0	0.45	B	100

Här ser vi att 090-trafiken skickas via lina B vilket blir onödigt dyrt. Lösningen på detta problem ligger i att leta efter andra linor till andra destinationer och undersöka om det går att byta trafik mellan linorna på respektive destination, och på så sätt optimera lösningen. I detta fall skickas 090-trafik via lina B till en avsevärt högre kostnad. Problemet består i att lastbalansera så att kostnaden minimeras, d.v.s. fördela den totala trafiken på ett mer optimalt sätt. Trafiken till 090 kostar 165 kr och trafiken till 070 kostar 90 kr. Sammanlagt 255 kr. Skulle trafiken bytas sinsemellan så blir kostnaden för 070-trafik 92 kr och kostnaden för 090-trafik 150 kr, sammanlagt 242 kr. Vid ett byte av trafik ser tabellen ut som nedan och är den optimala lösningen av problemet.

070			090		
Pris	Lina	Min	Pris	Lina	Min
0.30	A	200	0.30	A	500
0.32	B	100	0.45	B	0

### Exempel 2

Naturligtvis kan det vara svårt att se hur detta resonemang skulle fungera i ett större sammanhang. För en operatör kan det handla om hundratals linor och tusentals destinationer. För att illustrera att algoritmen fungerar på ett mer komplext problem så skapar vi en ny matris. 1000 minuter skall skickas till varje destination och följande tabell definierar linornas kapacitet.

Lina	Kapacitet
A	500
B	900
C	1800
D	1100

Matrisen nedan visar att lina B kommer att vara kraftigt överbelastad om trafiken skickas så billigt som möjligt.

070			090			08			0620		
Pris	Lina	Min	Pris	Lina	Min	Pris	Lina	Min	Pris	Lina	Min
0.30	B	0	0.06	B	0	0.08	A	0	0.26	B	0
0.45	C	0	0.07	D	0	0.11	C	0	0.35	A	0
0.59	D	500	0.23	A	0	0.13	D	100	0.75	C	500
0.60	A	500	0.50	C	1000	0.20	B	900	0.90	D	500

Matrisen visar att lina B är kraftigt överbelastad om trafiken skickas så billigt som möjligt. I detta exempel är utgångsläget att lastbalanseringen inte optimerat trafiken på något sätt. Genom att skicka trafik till 070 via lina C (istället för via lina A och D), samt skicka 090-trafik omvänt via lina D och istället för C reduceras kostnaden. Motsvarande byte kan ske för trafik till 08 och 0620 och tabellen kommer efter dessa byten att se ut som följer.

070			090			08			0620		
Pris	Lina	Min	Pris	Lina	Min	Pris	Lina	Min	Pris	Lina	Min
0.30	B	0	0.06	B	0	0.08	A	0	0.26	B	900
0.45	C	1000	0.07	D	500	0.11	C	500	0.35	C	0
0.59	D	0	0.23	A	500	0.13	D	500	0.75	A	0
0.60	A	0	0.50	C	0	0.20	B	0	0.90	D	100

Denna typ av trafikomläggning sker i två steg. I skiftet mellan 070 och 090 byter man först 500 D-minuter mot 500 C-minuter och därefter 500 A-minuter mot 500 C-minuter. Likadant gör man i skiftet mellan 08 och 0620. Fortsättningsvis byter vi trafiken mellan 070 och 0620. Här ser vi att det kostar mindre att använda sig av lina C för 0620-trafik än att använda lina C för 070. Motsvarande skiften kan ske mellan 090 och 08. Resultatet ser då ut som följer.

070			090			08			0620		
Pris	Lina	Min	Pris	Lina	Min	Pris	Lina	Min	Pris	Lina	Min
0.30	B	900	0.06	B	0	0.08	A	500	0.26	B	0
0.45	C	100	0.07	D	1000	0.11	C	500	0.35	C	900
0.59	D	0	0.23	A	0	0.13	D	0	0.75	A	0
0.60	A	0	0.50	C	0	0.20	B	0	0.90	D	100

Nu kan man se att en optimering av trafik kostnad börjar närma sig. Linorna A, B och D utnyttjas fullt ut, och A och B är fulla med så billig trafik som möjligt medan D fortfarande har en post som är onödigt dyr. För 0620 skickas 100 minuter via D vilket är onödigt eftersom lina C ännu inte är full. Vi kan därför flytta upp 100 minuter i kön till en billigare lina.

Slutresultatet ges av följande matris i vilken man kan ganska enkelt se det billigaste sättet att skicka trafiken på uppnått. De billigaste linorna är utnyttjade maximalt och där ett val gjorts att skicka med en annan lina så har linan med lägst skillnad i pris valts.

070			090			08			0620		
Pris	Lina	Min	Pris	Lina	Min	Pris	Lina	Min	Pris	Lina	Min
0.30	B	900	0.06	B	0	0.08	A	500	0.26	B	0
0.45	C	100	0.07	D	1000	0.11	C	500	0.35	C	1000
0.59	D	0	0.23	A	0	0.13	D	0	0.75	A	0
0.60	A	0	0.50	C	0	0.20	B	0	0.90	D	0

### Exempel 3

Är det då nödvändigt att börja den här optimeringen från botten av köerna med så högt pris som möjligt för trafiken? Nej, naturligtvis inte! Syftet med att exempel 2 är att illustrera principerna för skifte av trafik. Dessutom visar exemplet att det är möjligt att utgå från vilken matris som helst, så länge det inte finns några överflöd på linorna. Om vi istället börjar att göra en lastbalansering först och försöker lägga ut trafiken på billigast möjliga lina får vi istället följande resultat.

070			090			08			0620		
Pris	Lina	Min	Pris	Lina	Min	Pris	Lina	Min	Pris	Lina	Min
0.30	B	0	0.06	B	0	0.08	A	500	0.26	B	900
0.45	C	1000	0.07	D	1000	0.11	C	500	0.35	C	100
0.59	D	0	0.23	A	0	0.13	D	0	0.75	A	0
0.60	A	0	0.50	C	0	0.20	B	0	0.90	D	0

Här har vi försökt fylla upp varje kö i tur och ordning med trafik från höger. Om en lina redan är full hoppar man bara ner till nästa steg i kön. Här ser vi att ett enda byte är nödvändigt för att få samma resultat som i föregående exempel. Nuvarande kostnad för 070 och 0620 är sammanlagt  $(1000C * 0.45) + (900B * 0.26 + 100C * 0.35) = 719$ . Om vi istället byter trafik mellan B och C får vi följande summa,  $(900B * 0.30 + 100C * 0.45) + (1000C * 0.35) = 665$ . Bytet kommer därigenom att sänka den totalt kostnaden avsevärt. Den nya tabellen blir då följande, som är ekvivalent med tabellen i föregående exempel.

070			090			08			0620		
Pris	Lina	Min	Pris	Lina	Min	Pris	Lina	Min	Pris	Lina	Min
0.30	B	900	0.06	B	0	0.08	A	500	0.26	B	0
0.45	C	100	0.07	D	1000	0.11	C	500	0.35	C	1000
0.59	D	0	0.23	A	0	0.13	D	0	0.75	A	0
0.60	A	0	0.50	C	0	0.20	B	0	0.90	D	0

### Slutsats

Hur kan man då vara säker på att resultatet verkligen kommer att bli optimalt? Finns det inga fall där ett globalt optimum inte kan uppnås? I denna metod finns det faktiskt fall när optimalt resultat inte kan uppnås. I vissa fall kan det inträffa att för att få ett optimalt resultat måste en rad prishöjningar göras för att till sist kompenseras av en stor prissänkning som är större än alla prishöjningar tillsammans. Problemet kan åskådliggöras med följande exempel.

070			090			08		
Pris	Lina	Min	Pris	Lina	Min	Pris	Lina	Min
0.10	A	100	0.10	C	100	0.10	A	0
0.20	C	0	0.20	B	0	0.50	B	100
1.00	B	0	1.00	A	0	1.00	C	0

Här måste först A och C byta 070-trafik mellan varandra. När detta är gjort byter B och C 090-trafik mellan varandra. Till sist byter A och B 08-trafik mellan varandra vilket resulterar i den optimala lösningen nedan.

070			090			08		
Pris	Lina	Min	Pris	Lina	Min	Pris	Lina	Min
0.10	A	0	0.10	C	0	0.10	A	100
0.20	C	100	0.20	B	100	0.50	B	0
1.00	B	0	1.00	A	0	1.00	C	0

Kostnaden för de olika matriserna blir till slut 70 resp. 50 kr. Detta problem bör inte uppstå om den inledande lastbalanseringen görs riktigt, men det skulle förmodligen kunna uppstå i vissa extremfall. En möjlig lösning skulle kunna vara någon form av stigalgoritm där målet är att se om det går att göra flera höjningar som skulle resultera i en stor sänkning. Detta är dock inget som implementerats i testprogrammet.

Vad blir då slutsatsen för denna algoritm? Det krävs en hel del arbete för att sätta upp de köer som krävs för att kunna köra algoritmen. Dessutom kräver den en hel del exekveringstid om inte den första optimering och lastbalanseringen fungerar. Om lastbalanseringen däremot fungerar så kommer exekveringstiden att vara avsevärt mindre än om simplex-metoden eller brute force hade använts. Det största problemet är dock att metoden inte kan bevisas vara optimal i nuvarande form.

## 5.2 Design av systemet

En implementation av systemet skulle kunna bestå av följande delar.

- Huvudprogram
- Inläsning av data
- Statistik
- Matematik
- Utmatning av data

### 5.2.1 Huvudprogram

Den här modulen styr programmets flöde. Det kan vara ett menysystem som låter användaren själv bestämma vilket underlagsdata som skall läsas in och kostnadsoptimeras. Dessutom kan användaren få bestämma om en rapport skall genereras. Ett annat

alternativ är att ha förutbestämda filer som beräkningar kommer att utföras på och att utmatning av resultatet sker på ett visst sätt. I sådana fall behövs inget menysystem utan det enda huvudprogrammet gör är att bestämma

### 5.2.2 Inläsning av data

I den här modulen sker inläsning av data. Underlagsdatat läggs i en intern global datastruktur. Det finns flera olika sätt att läsa in data på. Ett sätt är att läsa in text-filer med information, men ett lättare tillvägagångssätt kan vara att läsa in uppgifter från en databas med aktuella priser och nätkostnader. När det gäller priser på samtal har en operatör med stor sannolikhet redan en databas där sådan information finns.

### 5.2.3 Statistik

Den här modulen ger en nödvändig uppföljning av den faktiska trafiken. Trafiken för en veckodag och en helgdag ser t.ex. helt olika ut. Mest troligt har operatören mer trafik en veckodag än en helgdag, så därför bör trafiken uppskattas från dag till dag. Denna modul läggs helt utanför systemet. Om man inte har alltför stora förändringar i trafiken kan det räcka med att utföra beräkningar utifrån föregående veckas respektive veckodagar.

### 5.2.4 Matematik

I denna modul hamnar hjärtat i systemet. Här byggs en struktur upp av det inlästa datat för att senare kunna applicera metoden.

### 5.2.5 Utmatning av data

Den här modulen beror väldigt mycket på användaren den också. Användaren kanske vill ha rapporter om hur trafiken kommer att routas eller hur mycket nätet kostar. Användaren kanske inte alls vill ha någon form av rapport utan litar helt på systemet och låter systemet göra förändringar i routing automatiskt. I denna modul skulle man dessutom kunna ha ett GUI för att se hur t.ex. nätet är uppbyggt.



# Kapitel 6

## Slutsats

Vilka styrkor och svagheter har då systemet? Till styrkorna hör att systemet är relativt kraftfullt och tar hand om de vanligaste problemen. Det är även modulerat på ett sätt så att man själv kan anpassa t.ex. inläsningen av data. Man kan exempelvis göra en databaskoppling direkt till en databas för att hämta information om priser, nätet och kvalitet. Dessutom kan systemet lätt byggas ut för att ge användaren rapporter om t.ex. kostnader eller utnyttjandegrad i nätet.

Till nackdelarna hör att systemet är ganska komplext och det krävs mycket datakraft för att köra fullständiga körningar på all trafik. Dessutom krävs väldigt mycket underlagsinformation som i vissa fall kan vara tvivelaktig eller inkomplett. En bättre lösning hade varit att kunna ta sekundsnabba beslut hur trafiken skall skickas. För att en sådan lösning ska vara möjlig att implementera krävs att hårdvara ute i televäxlar klarar av att signalera direkt mot systemet vid t.ex. överbelastning eller avbrott på lina. Det finns kompletta sådana system på marknaden men det kostar mycket stora summor pengar medan man med en sådant här system skulle kunna komma undan med betydligt mindre summor. För en operatör med mycket stora mängder trafik lönar det sig alltså mest troligt att köpa ett system som klarar av att ta beslut i realtid medan halvstora och mindre operatörer skulle ha stor nytta av en sådant här system.

Kan man då göra kostnadsbesparing m.h.a. ett system som detta? Detta beror självklart på underlaget. Om trafiken redan är optimalt routat på nätet så är det naturligtvis svårt att göra förbättringar. Är trafiken däremot väldigt dåligt optimerat kommer man att kunna göra en stor initial besparing. Därefter kommer man bara att kunna göra besparingar då trafiken förändras eller om det sker förändringar i nätet.

Finns det då liknande uppgifter som ett sådant här system kan lösa? Eftersom att lösningen är en form av LCR så kan systemet anpassas att lösa liknande kortaste vägenproblem. Man skulle t.ex. kunna köra ett vanligt LCR-problem genom att sätta kapaciteten på varje lina till 0 och på så sätt ha oändlig kapacitet och komma bort från problemet att man överflödar vissa vägar. Problemet med högtaxa och lågtaxa kommer man ifrån med att ha separata beräkningar för dem. Här kan man dock få problem om olika tider för låg och högtaxa används. Detta problem löser man dock lättast utanför systemet genom att göra en separat körning för varje tidsintervall och sedan välja det billigaste för en viss tid. På så sätt skulle man om man ville kunna ha ännu flera olika tidsintervall där trafik kostar olika mycket.





# Kapitel 7

## Tackord

Först och främst vill jag tacka mina två handledare på Nipsoft, Fredrik Larsson och Björn Arkad. Fredrik för alla tankar och idéer om systemet som helhet och Björn för den utbildning jag fått inom det moderna telesystemet. Dessutom vill jag tacka alla övriga medarbetare på Nipsoft som ställt upp med att besvara alla frågor, stora som små, samt ge tips om rapporten. Ett stort tack vill jag ge till Roger Mähler som tog sig tid att korrekturläsa rapporten.

Vidare så vill jag tacka de företag som ställt upp på intervjuer vilket hjälpte mig att få en bättre inblick i hur trafikoptimering fungerar i praktiken. De operatörer som deltog var; Telia, Citylink, Rix Telecom, Colt samt Vattenfall.

Till sist vill jag också tacka Jerry Eriksson som varit min handledare på institutionen.



# Referenser

- [1] Stadskontoret *Avregleringen av sex marknader* Diariernr 2004/145-5 2004-09-29
- [2] Post&Telestyrelsen *Svensk Telemarknad 2003* PTS-ER-2004-24  
[http://www.pts.se/Archive/Documents/SE/sv\\_telemarknad\\_2003\\_2.pdf](http://www.pts.se/Archive/Documents/SE/sv_telemarknad_2003_2.pdf)
- [3] Post&Telestyrelsen *Post- och telestyrelsens föreskrifter om förval* PTSFS 1999:2  
[http://www.pts.se/Archive/Documents/SE/Foreskrifter%20om%20forval%20mm%20-%20PTSFS%201999\\_2.pdf](http://www.pts.se/Archive/Documents/SE/Foreskrifter%20om%20forval%20mm%20-%20PTSFS%201999_2.pdf)
- [4] Post&Telestyrelsen *Svensk Telemarknad första halvåret 2004* PTS-ER-2004-41 ISSN 1650-9862  
[http://www.pts.se/Archive/Documents/SE/Svensk\\_telemarknad\\_forsta\\_halfaret\\_2004.pdf](http://www.pts.se/Archive/Documents/SE/Svensk_telemarknad_forsta_halfaret_2004.pdf)
- [5] Post&Telestyrelsen *Svenska nummerplanen* E.164 2005-10-17  
<http://www.pts.se/Archive/Documents/SE/Bilaga%202.pdf>
- [6] Björn Arkad, Nipsoft AB [bjorn.arkad@nipsoft.se](mailto:bjorn.arkad@nipsoft.se)
- [7] Skanova *Underbilaga B1.1: Priser för skanova anslutningspunkt* Rev C 2003-11-04  
[https://www.skanova.com/pub/access\\_control/view\\_file/0,2804,2133,00.bin](https://www.skanova.com/pub/access_control/view_file/0,2804,2133,00.bin)
- [8] Skanova *Underbilaga B2.1: Priser för skanova kopplad terminering* Rev D 2003-09-30  
[https://www.skanova.com/pub/access\\_control/view\\_file/0,2804,4061,00.bin](https://www.skanova.com/pub/access_control/view_file/0,2804,4061,00.bin)
- [9] Skanova *Underbilaga B2.2: Priser för skanova kopplad access* Rev D 2003-09-30  
[https://www.skanova.com/pub/access\\_control/view\\_file/0,2804,4063,00.bin](https://www.skanova.com/pub/access_control/view_file/0,2804,4063,00.bin)
- [10] Skanova *Underbilaga B2.3: Priser för skanova kopplad transitering* Rev C 2003-10-15  
[https://www.skanova.com/pub/access\\_control/view\\_file/0,2804,4065,00.bin](https://www.skanova.com/pub/access_control/view_file/0,2804,4065,00.bin)
- [11] Skanova *Underbilaga B8.1: Priser skanova operatörsförbindelse* Rev A 2004-10-21  
[https://www.skanova.com/pub/access\\_control/view\\_file/0,2804,2221,00.bin](https://www.skanova.com/pub/access_control/view_file/0,2804,2221,00.bin)
- [12] Jan Lundgren - Mikael Rönnsvist - Peter Värbrand *Optimeringslära* ISBN 91-44-03104-1
- [13] [www.nerdlabs.org](http://www.nerdlabs.org) 2005-10-17 Regionala Samtrafiksområden  
<http://www.nerdlabs.org/documents/samtrafik.php>