

Telefoni over Internettet

- En introduktion til tekniske og juridiske problemstillinger

Mads Danquah — mads@danquah.dk

Vejleder:

Camilla Bonde, Cand.jur. — milla@mail.tele.dk

17. december 2004



Abstract

Projektet gennemgår IP-telefoni implementeret efter IETFs anbefaling med SIP og tilhørende protokoller. Hovedtrækkene i reglerne på Telekommunikations-området, der i skrivende stund regulerer teleområdet, bliver beskrevet. En efterfølgende diskussion skitserer igennem 4 scenarier hvordan IP-telefoni fungerer dels som et selvstændigt netværk, dels i sammenhæng med det eksisterende PSTN-netværk. Det konkluderes, at IP-telefoni er en meget sandsynlig afløser af det eksisterende telenet. Dog må problemer med blandt andet alarmtjenester og interoperabilitet mellem udbydere løses før IP-telefoni vil være et egentligt alternativ. De nuværende reguleringer må tilpasses, dels for at være rimelige for en udbyder af IP-telefoni, og dels for at sikre brugernes rettigheder.

Nøgleord: SIP, IP-telefoni, taletelefonitjenester, regulering

Indhold

Abstract	3
1 Forord	5
1.1 Projektforløbet	5
2 Indledning	6
2.1 Formål	6
2.2 Målgruppe	6
2.3 Metode	6
2.4 Afgrænsning	6
2.5 Problemformulering	6
2.6 Projektets struktur	7
3 Teori	8
3.1 Telefoni	8
3.2 Internettet	12
3.3 Begrebet IP-telefoni	12
3.4 SIP	14
3.5 Regulering af elektroniske tjenester	22
4 Diskussion	24
4.1 Scenarier	24
4.2 Problemstillinger og barrierer	29
5 Konklusion	30
6 Perspektivering	30
7 Kilder	33
A Ordforklaring	34

1 Forord

Den følgende rapport er udarbejdet i efteråret 2004 som et 4-ugers projekt på Københavns IT-Universitet. Rapporten er udarbejdet som led i forberedelserne til et speciale, der forventes påbegyndt i foråret 2005. Jeg vil gerne benytte lejligheden til at takke en række personer der har muliggjort projektet. Først og fremmest vil jeg takke min vejleder cand. jur. Camilla Bonde for at hjælpe mig til at give projektet et vigtigt juridisk aspekt, der ellers ikke ville have været der. I projektets indledende fase har Bent Lytsen, Teknisk direktør for Netdesign, været til stor hjælp ved at give et erhvervsmæssigt billede af IP-telefoni og dets anvendelse. Undervejs har Ian Johannesen, Chief Strategy Officer, Syslogic Solutions ApS, været en vigtig sparringspartner i de diskussioner der ellers ville have manglet i et én-mands projekt. Sidst men ikke mindst vil jeg takke min kære Mor, Kirsten Madsen, for endnu engang at have påtaget sig det store arbejde med korrekturlæsning af projektet.

1.1 Projektforløbet

Rapporten blev udarbejdet over 4 uger som et én-mands projekt. Udarbejdelsen af rapporten har forløbet efter tidsplanen, men det har til tider været hårdt ikke at have et gruppe-medlem at diskutere med og få feedback fra. Undervejs i projektet har jeg haft stor nytte af mine erfaringer fra projektarbejde de sidste 8 semestre, deriblandt 6 semester-projekter fra Roskilde Universitet. Uden denne erfaring ville jeg nok ikke have kastet mig ud i et én-personers projekt.

Afvigelse fra projektaftalen

Den oprindelige problemformulering til projektet var:

Hvilke nye former for services vil der kunne opstå i forbindelse med indførelsen af IP-telefoni?

Under projektets udarbejdelse ændrede fokus sig imidlertid fra beskrivelse af services, til en generel introduktion til IP-telefoni. Den oprindelige problemformulering afspejlede heller ikke ønsket om behandling af juridiske problemstillinger. Den endelige problemformulering for projektet er

Hvilke fordele er der ved IP-telefoni? Hvordan adskiller IP-telefoni sig fra traditionel telefoni? Givet, at IP-telefoni adskiller sig fra traditionel telefoni, i hvilken grad vil den nuværende regulering af traditionel telefoni da kunne anvendes på IP-telefoni?

Teknik

Rapporten er sat i \LaTeX , og rapport-filerne har været versioneret i CVS. Alle figurer er udarbejdet af Mads Danquah med Adobe Illustrator stillet til rådighed af IT-Universitetet.

Som CVS-klient brugte jeg Eclipse, der er et gratis Java-IDE udviklet af IBM. Eclipse indeholder mange andre nyttige værktøjer, og kan hentes på adressen <http://www.eclipse.org>.

2 Indledning

2.1 Formål

Denne rapport vil give en indledning til de grundliggende teknologier og elementer i telefonering over Internettet, det der i daglig tale kaldes IP-telefoni. Indførslen af IP-telefoni har en række tekniske udfordringer, men også en række juridiske. Rapporten vil beskrive de reguleringer og krav det traditionelle telenet må adlyde, og diskutere hvilke konsekvenser denne regulering kan få for IP-telefoni.

2.2 Målgruppe

Målgruppen er personer med en teknisk baggrund der er interesseret i at få et overblik over IP-telefoni. Der forudsættes ikke nogen dyberegående viden om tele- eller netværks-teknologi. Et grundliggende kendskab til hvordan Internettet er bygget op vil dog være en fordel.

2.3 Metode

Der vil først blive givet en gennemgang af den grundliggende teori der er nødvendig for at forstå, hvad der er særligt ved IP-telefoni. Dernæst vil de grundliggende træk i reglerne på Telekommunikations-området der lige nu regulerer det normale telenet, blive gennemgået.

I den efterfølgende diskussion vil der igennem 4 scenarier blive givet eksempler på hvordan IP-telefoni fungerer i dag, og hvilke eventuelle problemer der er i dag. Herefter vil en række problemer og barriere, der står i vejen for IP-telefoni, blive beskrevet.

2.4 Afgrænsning

Der gives en summarisk gennemgang af IP-telefoni og relaterede teknologier for at give læseren en forståelse af hvor telefoni er på vej hen, og hvordan fremtidens telefoni kommer til at adskille sig fra det vi kender i dag. Rapporten beskæftiger sig udelukkende med IP-telefoni implementeret efter IETFs anbefalinger, dvs med Session Initiation Protocol(SIP) samt tilhørende protokoller. Behandlingen af de juridiske problemstillinger vil udelukkende beskæftige sig med emner relateret til reguleringen af IP-telefoni. Behandlingen er i sær baseret på de to rapporter "The treatment of Voice over Internet Protocol (VoIP) under the EU Regulatory Framework"[euv04] og "IP Voice and Associated Convergent Services"[ana04].

2.5 Problemformulering

Hvilke fordele er der ved IP-telefoni? Hvordan adskiller IP-telefoni sig fra traditionel telefoni? Givet, at IP-telefoni adskiller sig fra traditionel telefoni, i hvilken grad vil den nuværende regulering af traditionel telefoni da kunne anvendes på IP-telefoni?

2.6 Projektets struktur

Telefoniens udvikling afsnit 3.1, side 8.

En kort historisk gennemgang af hvordan telenet har udviklet sig side 1876. Desuden en beskrivelse af arkitekturen i det nuværende telenet.

Internettet afsnit 3.2, side 12.

En kort beskrivelse af Internettet der ligger grund for indledningen i IP-telefoni.

Begrebet IP-telefoni afsnit 3.3, side 12.

En diskussion af begrebet IP-telefoni der bruges i daglig tale, men har vist sig utilstrækkeligt til at betegne fremtidens "IP-telefoni"

SIP afsnit 3.4, side 14.

En indledning til den grundliggende protokol brugt i et IETF IP-telenet. Afsnittet vil gennemgå, hvordan et SIP-netværk er bygget op og give en beskrivelse af de tilhørende protokoller.

Regulering af telefoni afsnit 3.5, side 22.

Beskriver de grundliggende krav, der stilles til et traditionelt telenet, og de egenskaber, der bruges til at karakterisere et telenet.

Diskussion afsnit 4, side 24.

Beskrivelse af en række scenarier hvori IP-telefoni indgår. Efterfølgende bliver problemer og barrierer for IP-telefonis introduktion gennemgået.

Konklusion afsnit 5, side 30.

Et sammendrag af hvordan fremtiden for IP-telefoni ser ud

Perspektivering afsnit 6, side 30.

En række forslag til indenfor hvilke områder man kan fortsætte arbejdet på IP-telefoni

3 Teori

3.1 Telefoni

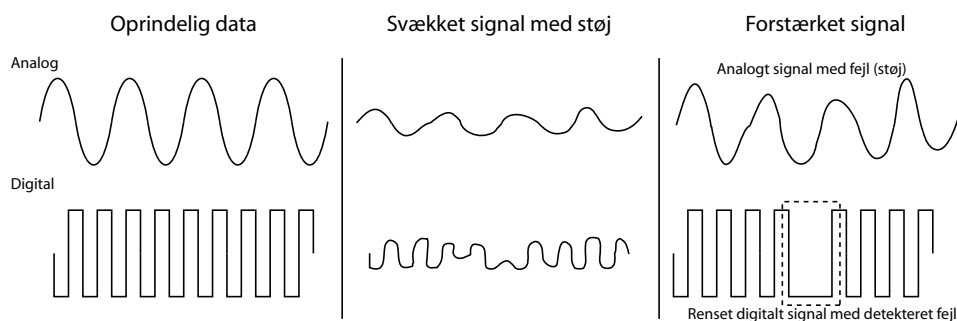
Dette afsnit vil give en kort introduktion til grundelementerne i telefoni-net som vi kender dem i dag. Det er nødvendigt at have kendskab til grundtrækkene i vores nuværende telenet for at forstå, hvad der er særligt ved måde IP-telefoni virker. Afsnittet vil gennemgå de 2 første generationer af telefoni; analog telefoni og digital telefoni.

Er der én ting man kan være sikker på at finde i et hvert hjem og kontorlandskab er det en telefon. Telefoner er en naturlig del af vores hverdag, og det er svært at forestille sig livet uden dem. De færreste er dog klar over hvordan en telefon virker, og dette er netop én af styrkerne ved telefoni som vi kender den i dag: selv et 3-årigt barn kan finde ud af at bruge en telefon uden at behøve at kende til den avancerede underliggende teknologi.

Første generation

Siden sin Graham Bell i 1876 [acm04] opfandt telefonen, er den og især det underliggende telenet, blevet udviklet. Telefoni handler i bund og grund om at bære lyd fra én telefon, hen over et netværk til en anden telefon. Den menneskelige stemme er et analogt signal. Det synes derfor logisk at transportere den som et sådant. I første generation af telefoni blev lyden opfanget af en mikrofon, der omsatte den til et elektrisk signal. Dette signal blev båret over elektriske ledninger, og blev transformeret tilbage til lyd af en højttaler hos modtageren.

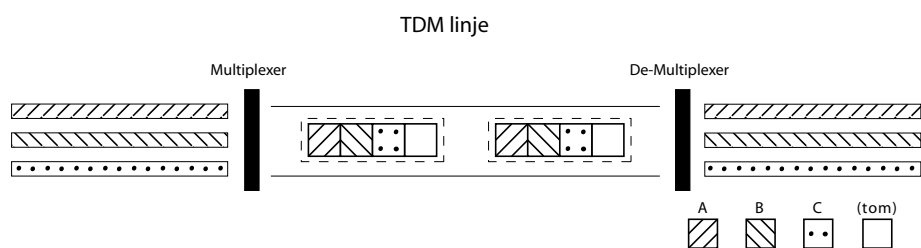
Ulempen ved analoge signaler er støj. Et elektrisk signal bliver svagere jo længere det skal bevæge sig hen ad en ledning. Det kan derfor være nødvendigt at forstærke det på vejen, for at sikre at det når frem til modtageren. Når man forstærker et analogt signal er støj uundgåeligt, og i første generation måtte man acceptere, at kvaliteten af en telefonsamtale blev bestemt af hvor langt væk den man ringede til befandt sig.



Figur 1: Et digitalt signal er lettere at rense efter svækkelse

Anden generation

I 1950'erne begyndte man at konvertere det analoge telenet til et digitalt. I stedet for at transportere lyden som et analogt signal, blev den nu brudt op til et digitalt signal, og overført som en række 1'er og 0'er. Fordelen ved et digitalt signal er at det er meget mere simpelt end et analogt signal. Signalet antager kun to værdier. Dette gør det meget mindre sårbar over for svækkelse, da det er lettere at kende et en høj værdi fra en lav (se figur 1). Derudover var det med digital overførsel nu også muligt at indlejre ekstra information, der kunne bruges til at detektere fejl.

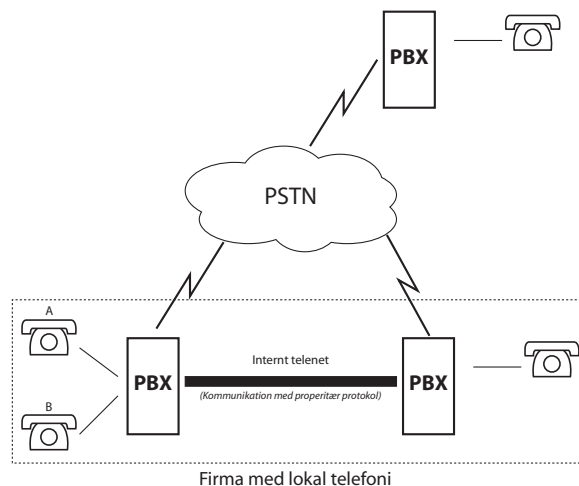


Figur 2: Time Division Multiplexing sender flere forbindelser over én

Med digital telefoni var det nu også muligt at transportere mere end én samtale over den samme ledning, en teknik der kaldes multipleksing. Dette blev gjort ved brug af "Time Division Multiplexing" (TDM) der er en meget central del af transport af digital telefoni (se figur 2). I TDM inddeles forbindelsen i en række tidsvinduer af en fast længde, f.eks. 1/1000 sekund. Hvert vindue inddeles igen i et fast antal pladser der tildeles hver af de samtaler der skal deles om forbindelsen. Antallet af pladser i vinduet afhænger af båndbredden. Hvis vinduet f.eks. inddeles i 4 pladser, vil hver plads være 1/4000 sekund lang. Når 4 samtaler skal sendes over en forbindelse, skiftes de til at sende i deres tildelte tidsrum. På den måde vil det for modtageren se ud som om han havde forbindelsen for sig selv.

Ulempen ved TDM er, at hvis en vindue inddeles i 4 pladser, men kun de 3 benyttes vil linjen kun blive udnyttet 75%. Det er altså ikke muligt for de 3 andre samtaler at "låne" båndbredde fra den tomme plads. Dette er samtidig fordelen ved TDM, da man kan garantere at en forbindelse altid vil have den samme båndbredde til rådighed. Hvis der ikke er båndbredde nok til at transportere et digitalt signal, har man to valg. Enten kan man sende den komplette data langsommere, eller også må man smide noget data væk. For telefoni vil den første løsning udtrykke sig som en forsinkelse i lyden, og den anden som "hakker" i lyden. Garantien om båndbredde er uhyre vigtig for telefoni, da et menneske vil være meget følsom over for især forsinkelse i en samtale. Undersøgelser har vist at en samtale vil blive påvirket ved forsinkelser på blot 150 millisekunder [acm04]

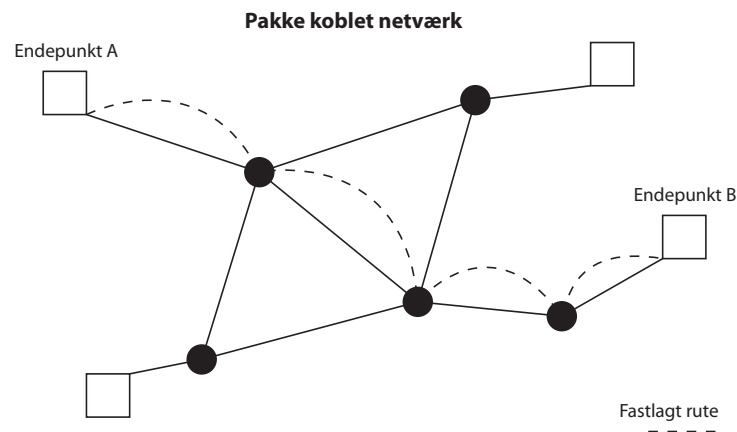
Arkitektur i første- og anden generations telefoni



Figur 3: Overordnet struktur i det traditionelle telenet

I sin simpleste form består et komplet telenet af slutpunkter (f.eks. telefoner), der er forbundet via en fælles lokal central, en såkaldt Private Branch eXchange (PBX). Telefon A kan kommunikere (signalere) med PBX'en, og bede den om at sætte den i forbindelse med telefon B. PBX'ens ansvar er først og fremmest at oprette en forbindelse mellem de telefoner der er tilsluttet den, og derefter at sørge for, at den bliver opretholdt. Ud over dette kan PBX'en udbyde services så som viderestilling af samtaler, parkering af opkald, vis-nummer osv. Det er altså PBX'en der bestemmer, hvad en telefon har adgang til. Det andet store ansvar for en PBX er derfor at formidle kontakt til andre PBX'er, og dermed andre telefoner. En samling af telefoncentraler, der f.eks. er en del af det samme firma, kan kommunikere via proprietære protokoller, men skal to centraler, der ikke er relaterede, kommunikere med hinanden, sker det som oftest over det såkaldte Public Switch Telephone Network (PSTN) (se figur 3).

PBX'en har fuld kontrol over samtalen og de ressourcer, der skal bruges for at opfylde kravene, og kan f.eks. vælge at nægte et opkald, hvis den ikke har flere pladser tilbage. Når samtalen skal gå over flere PBX'er er det vigtigt, at der er ressourcer nok til rådighed mellem alle PBX'er på vejen fra oprindelsen af opkaldet til modtageren.



Figur 4: I et kredskoblet netværk fastlægges ruten mellem to endepunkter før data sendes

Før opkaldet startes fastlægges en rute igennem netværket, og der reserveres ressourcer langs ruten (se figur 4). Det betyder også at alle PBX'er på vejen bliver nødt til at lagre information om dette opkald så længe det er igang for at kunne holde ressourcer nok reserveret. Et netværk hvor den ruten en forbindelse skal bruge mellem to punkter i netværket er fastlagt før forbindelsen egentlig starter, og hvor de enkelte forbindelser multiplekseres ned på en enkelt forbindelse, kaldes et *kredskoblet netværk*. Et kredskoblet netværks modsætning er et pakkekoblet netværk, hvor data opdeles i pakker der "selv" finder vej igennem netværker og dermed kan tage forskellige ruter.

Adresseringen af telefoner og andre enheder på PSTN-nettet foregår via telefonnumrene. Alle numre følger E.164-standarden specificeret af International Telecommunication Union (ITU)[itu]. Specifikationen indeholder en liste af hvilke præfikser, der tilhører de forskellige lande i verden. Når en PBX skal føre et opkald videre sammenholder den telefonnummeret med en liste af præfikser, som er kendt af PBX'en. PBX'en har adgang til en eller flere gateways, som den kan benytte alt efter hvor opkaldet skal hen. En lokal telefoncentral kan f.eks. være konfigureret til at alle numre, der begynder med 0, er opkald, der skal ud af huset, og derfor sendes videre til en gateway der er forbundet til PSTN-nettet.

Styrkerne ved 2. generations telefoni er blandt andet

- Garanti af båndbredde via TDM og kredskobling. Med denne garanti kan man sikre kvalitet
- Teknologien er robust og gennemprøvet efter mange års brug
- Kontrollen er centraliseret i PBX'en. Det antages ikke at f.eks. en telefon er intelligent. Telefonen kan derfor være meget simpel og derfor billig.

Men der er dog også ulemper

- TDM spilder en masse båndbredde. Telefonsamtale vil f.eks. kræve 64Kb/s i hver retning selvom der er stilhed.[KR01]
- Centraliseringen betyder samtidig at en slutbruger ikke har noget valg, hvis hans PBX f.eks. ikke udbyder en tjeneste.
- Der bruges en del ressourcer på at gemme rute-information i netværket mens et opkald er igang.
- Hvis en tjeneste som f.eks. vis-nummer skal fungere på tværs af PBX'er, kræver det at alle PBX'er, på en rute understøtter tjenesten.

- Hvis et enkelt knudepunkt på en rute mister sin rute-information går hele forbindelsen tabt, og må startes forfra.

Centraliseringen og det faktum, at en tjenestes funktionalitet er afhængig af samtlige PBXer i et telenet, betyder at det kan tage ekstremt lang tid at indføre en ny service i et netværk. Garanti for at en tjeneste virker i hele verden er så godt som umulig.

På trods af de forskellige ulemper og problemer med traditionel telefoni, skal man ikke glemme, at dens grundlæggende arkitektur har eksisteret og fungeret i 100 år. Traditionel telefoni har vist sig ekstremt robust og pålideligt. Dette er en vigtig ting at have i baghovedet når man ønsker at videreudvikle telefoni.

3.2 Internettet

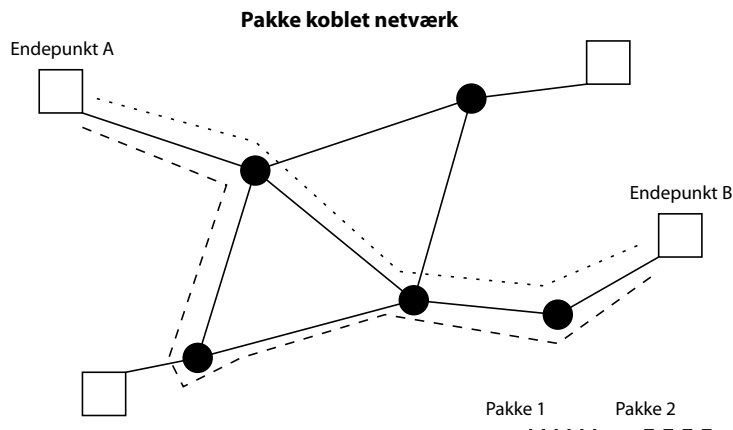
Internettet er pakkekoblet og er et såkaldt End-to-End netværk. Internettet består af et netværk af knudepunkter, hvortil der kan være tilknyttet endepunkter. Endepunkterne kan adresseres, mens knudepunkter er de enheder, som data bevæger sig igennem på sin vej mellem to endepunkter. Denne definition betyder, at et knudepunkt i én dataoverførsel godt kan være et endepunkt i en anden. De forskellige tjenester så som video, websider og telefoni bliver udbudt af endepunkterne og *ikke* Internettet. Netop dette gør Internettet til et End-to-End netværk.

Når en bruger f.eks. ønsker at se forsiden på `www.itu.dk` gør Internettet ikke andet end at transportere forespørgselen fra brugeren til `www.itu.dk`-serveren, og derefter transportere svaret tilbage. Dette er meget forskelligt fra det traditionelle telenet hvor tjenesterne, der kan tilgås fra en telefon, afhænger af netværket. Som forklaret i det tidligere kan man som eksempel risikere at vis-nummer-funktionen ikke er tilgængelig for udenlands opkald. På Internettet ville det svare til at man f.eks. ikke kunne modtage emails fra USA.

Kommunikation over Internettet forgår via IP-pakker. Når data skal sendes over Internettet deles de op i små stykker, der passer i en IP-pakke, der så bliver sendt ud over Internettet. Hver pakke har en afsender- og modtager-adresse, og bliver ledt igennem Internettets knudepunkter indtil den når frem til den rigtige modtager. I modsætning til et kredskoblet netværk gemmes der ikke nogen information om ruten mellem afsender og modtager i netværket, hvilket også betyder at pakkerne kan vælge at tage forskellige ruter igennem netværket (se figur 5). Dette er på den ene side en meget mere robust måde at sende data på da man ikke mister hele forbindelsen, hvis et af knudepunkterne på vejen pludselig forsvinder. Det betyder på den anden side også, at man mister noget kontrol med rute den enkelte pakke tager igennem netværket, samt at pakkerne bliver større da de nu skal indeholde rute-information. Denne manglende kontrol gør blandt andet at det bliver sværere at stille garantier om båndbredde.

3.3 Begrebet IP-telefoni

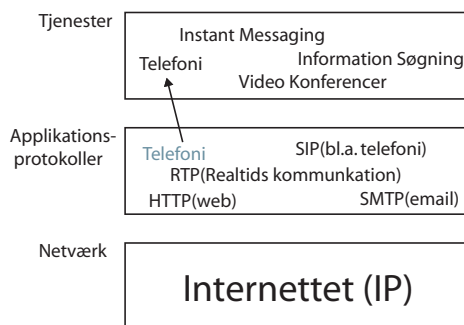
Med "IP-telefoni" menes der telefoni, der i stedet for at blive transporteret over et dedikeret telenet med en telefoni-specifik protokol, bliver transporteret over et netværk med den generelle Internet Protocol (IP). En af konsekvenserne ved at bruge en mere generel kommunikationsform til at transportere telefoni er, at det bliver meget lettere at tilknytte helt nye medier som f.eks. video og tekst til telefoni. Multimediekommunikation er et fænomen, vi er vant til på Internettet,



Figur 5: Pakkerne i et pakkekoblet netværk kan tage forskellige ruter til samme endpoint

men som den normale forbruger normalt ikke forbinder med telefoni. Dette gør, at navnet IP-telefoni i virkeligheden er ret dårligt, da det antyder at der kun er tale om telefoni. Navnet er sandsynligvis opstået fordi man udelukkende har fokuseret på transporten af telefoni over internettet, og man mentalt har placeret telefoni på linje med konkrete applikationer så som emailing og web-surfing. Telefonering over Internettet er dog først og fremmest en mere generel tjeneste, og skal derfor mere korrekt strukturmæssigt placeres *ovenpå* disse applikationer (jfr figur 6). Fremtidens telefonering over Internettet vil højst sandsynlig benytte sig af et væld af forskellige applikations-protokoller. Således kan der f.eks. være indbygget en web-browser i ens telefon.

I internationale medier bliver telefoni over Internettet ofte omtalt som Voice Over IP (VoIP), hvilket er et ligeså dårligt navn. I den anden ende af skalaen har det mere generelle navn Services Over IP (SOIP) har været foreslået. Det er dog et for uspecifikt navn, da selv en hjemmeside ville passe under den betegnelse.



Figur 6: Internettet er blot det nederste lag i den række af teknologier, der muliggør telefoni over internettet

Hen ad vejen vil telefonering over Internettet og relaterede tjenester nok få et eller flere nye navne. Lige nu er navnet lige så flygtigt som teknologien. I mangel af bedre vil udtrykket "IP-telefoni" i denne rapport blive brugt om telefoni over IP, såvel som de forskellige services og medier, der kunne tænkes at blive tilknyttet telefoni over Internettet i fremtiden.

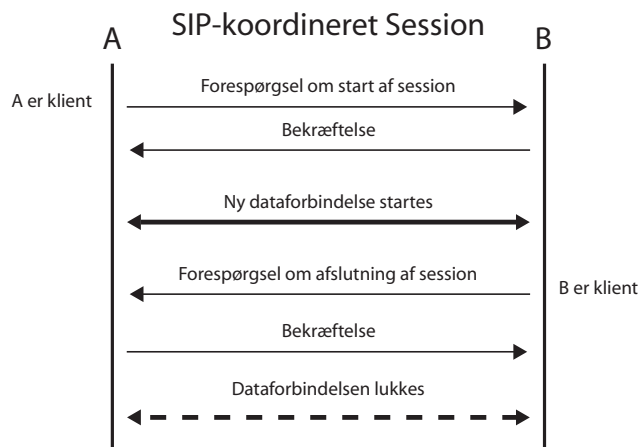
IP-telefoni er den tredje generation af telefoni. IP-telefoni er på det seneste blevet

attraktiv dels på grund af udbredelsen af Internettet og dets tilhørende teknologier, og dels fordi den noget mere avancerede teknologi nødvendig for at drive f.eks. en IP-telefon er blevet billig nok til at være attraktivt. IP der bruges som grundliggende protokol, er i modsætning til det kredskoblede 2. generations net, pakke-koblet. Dette betyder blandt andet at båndbredden nu kan udnyttes meget mere effektivt.

De to store kræfter indenfor standardisering af IP-telefoni har været International Telecommunication Union (ITU), og Internet Engineering Task Force (IETF). De har defineret henholdsvis H323 og Session Initiation Protocol (SIP) som forslag til hvordan IP-telefoni skal implementeres. H323 er kraftigt inspireret af det traditionelle telenet, mens SIP bygger på metoder og teknologier kendt fra Internettet. SIP er den af de to protokoller, der ser mest lovende ud [SR][ana04] Især på grund af sin åbne arkitektur, og evne til at kunne integreres med de eksisterende teknologier på Internettet. Resten af rapporten vil behandle IP-telefoni implementeret med SIP og tilhørende protokoller.

3.4 SIP

SIP er en klient/server protokol, der er kraftigt inspireret af HyperText Transfer Protocol (HTTP). HTTP er den protokol, der bruges til at kommunikere med en webserver. HTTP er en tekst-baseret klient/server protokol, og er blandt de mest brugte og succesfulde protokoller på Internettet[SJ01]. I en klient/protokol vil der i enhver kommunikation indgå en server og en klient. Klienten sender en forespørgsel til serveren, der efterfølgende kan svare tilbage. At HTTP er tekstbaseret betyder, at alle forespørgsler og svar, der går mellem server og klient, kan læses direkte af en bruger. En egenskab der blandt andet gør HTTP meget lettere at fejlfinde og arbejde med. Som i HTTP foregår enhver kommunikation med SIP mellem netop to parter. Processen fra en SIP-kommunikations start til slut kaldes en session.



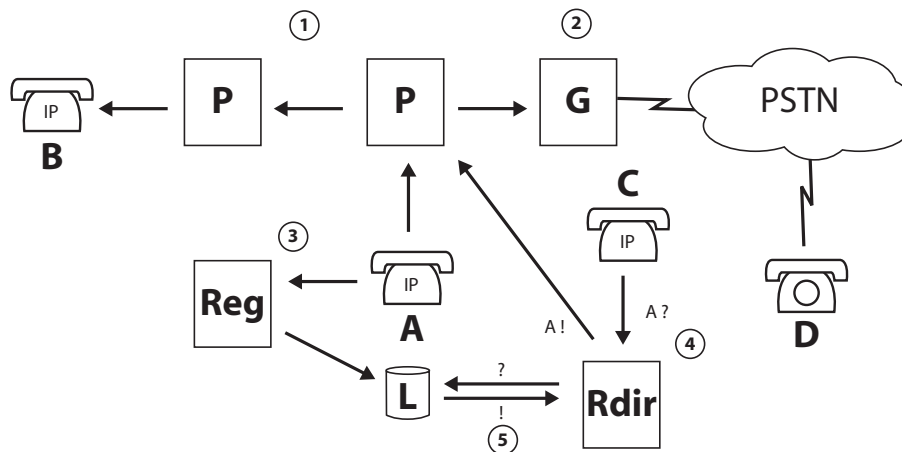
Figur 7: En SIP-koordineret session

Som navnet (Session Initiation Protocol) antyder, er SIP's rolle at starte (initiate) en session. Sessionen, der refereres til i navnet, er dog ikke SIP-sessionen, men en helt ny dataforbindelse der startes mellem de to parter (se figur 7). SIP bruges udelukkende til koordinering af opkaldet, det der i telefoni-verdenen kaldes *signaling*. Når en telefon skal ringe til en anden telefon, bruges SIP til at kommunikere

ønsket om opkald mellem de to parter, samt anden information som f.eks. at den ene part ikke kan modtage video-opkald. Når parterne har kommunikeret nok over SIP til at opkaldet kan påbegyndes, forbinder de til hinanden med den protokol, de er blevet enige om. Når de ønsker at slutte opkaldet signaleres dette på samme måde først over SIP, hvorefter data-forbindelsen mellem de to afbrydes. I modsætning til HTTP kan server/klient rollen godt skifte undervejs i en session. Parten, der startede opkaldet, behøver som eksempel ikke være den samme, som sender forespørgslen om at afslutte opkaldet.

Enheder i et SIP-netværk

Et SIP-netværk er en række knudepunkter og endepunkter, der alle kan forbinde til hinanden og forstår SIP-protokollen. De kan bruge SIP til at koordinere forskellige former for forbindelser mellem hinanden. SIP antager ikke noget om det underliggende netværk, der transportere den. Dette betyder at SIP kan overføres over Internettet såvel som over det traditionelle telenet.



Figur 8: (1) A kan ringe til B via deres proxies, (2) A kan ringe til D via en PSTN-gateway, (3) A oplyser sin faktiske adresse til en lokations-server via en registrerings server, (4) C bliver viderestillet til A's faktiske adresse via en redirect-server der benytter en lokations-server

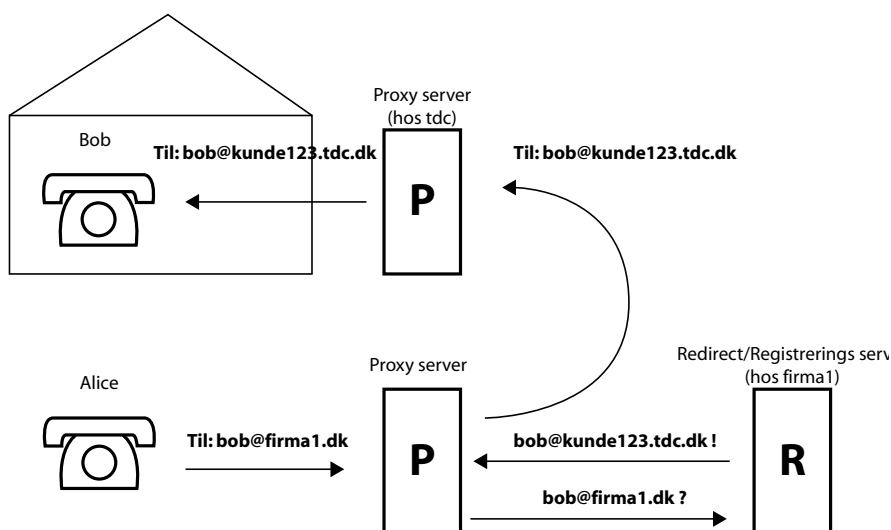
Et SIP-netværk indeholder 3 forskellige typer enheder. Enheder i samme kategori kan udfylde forskellige funktioner, og de generelle typer opdeles derfor yderligere.

- User Agent(UA) - et endepunkt i netværket. Kan agere både server og klient, og kan dermed både modtage og sende forespørgsler. En UA vil typisk være én af følgende:
 - User Device - En enhed betjent af et menneske, f.eks. en telefon eller en computer
 - Gateway - der kan stille UA'er i forbindelse med enheder i andre net, f.eks. en "normal" telefon.
- Servere - fungerer som mellemstationer for en SIP-session, og vil normalt ikke sende en forespørgsel på egen hånd. Typiske funktioner for en server er en eller flere af følgende:
 - Redirect - Kan viderestille et opkald

- Proxy - Kan agere stedfortræder for en UA
- Registrar (registrerings server)- Modtager registrerings forespørgsler fra UA'er og kan opdatere lokations-servere
- Lokations servere - en generel term fra [sip02] for en enhed, der kan oplyse, hvor en UA befinder sig. En lokations-server er ikke en direkte del af SIP-netværket, men benyttes f.eks. af en redirect- og registreringsserver til at guide opkald til en UA.

Addressing af SIP-enheder - SIP URI

Enheder i et SIP-netværk adresseres med en Uniform Resource Identifier (URI), der til forveksling ligner en emailadresse. En URI består af et brugernavn og værtsnavn adskilt af et snabel (@). En SIP-adresse er en URI der beskriver en bruges logiske placering. Hvis Bob f.eks. er ansat i firma1, kunne hans logiske adresse være bob@firma1.dk. Hvis Bob tager sin telefon med hjem, forbliver hans logiske adresse den samme, men hans faktiske adresse kunne f.eks. nu være bob@kunde123.tdc.dk. For at sikre, at Bob kan kontaktes selvom han fysisk flytter sig, sørger Bobs telefon for at registrere sin faktiske adresse hos firma1s registrerings server.



Figur 9: Et overblik over et simpelt SIP-opkald: Alices opkald til Bobs logiske adresse bliver viderestillet til den faktiske adresse

Når Alice f.eks. ønsker at ringe til Bob (jvf. figur 9) må hun først tage kontakt til en server hos firma1. Serveren kan være en kombination af en redirect- og lokationsserver, der kan slå Bobs faktiske adresse op og viderestille Alice til Bob's faktiske adresse. Alices telefon har nu den rigtige adresse til Bob, og kan foretage opkaldet.

Selvom Alices telefon i princippet godt kunne gøre alt dette arbejde selv, vil det som regel være en fordel at lægge denne logik i en proxy-server, som Alice herefter bruger til at foretage alle sine opkald igennem. På den måde behøver Alices telefon f.eks. heller ikke bekymre sig om, hvordan den skal ringe til en fastnettelefon, hvilke gateways der skal bruges til forskellige numre osv. Den sender blot forespørgslen til proxyen, der derefter agerer stedfortræder for telefonen.

SIP-serveren der skal håndtere opkald til Bob, vil som regel ikke være den, der er opgivet i værtsnavnet. Hvis Bob arbejder for firma1 vil det være logisk hvis hans adresse er bob@firma1.dk, men firmaet ønsker måske at samle al deres SIP-funktionalitet på serveren sip.firma1.dk. Der arbejdes derfor på et system, der ved en søgning på et værts-navn blandt andet kan oplyse, hvilken SIP-server denne vært har tilknyttet. Dette system kaldet ENUM, benytter sig af Domain Name System(DNS), der i dag bruges på Internettet når tekst-adresser skal omsættes til IP-adresser.

Tilhørende protokoller

SIP bruges som før nævnt kun til signalering. For at løse de resterende opgaver bruges en række andre protokoller. Disse protokoller vil kun blive gennemgået med en kort beskrivelse her, for at give et billede af hvordan de resterende aspekter i telefoni tackles.

RTP Real-Time Protocol er en protokol der bruges til at transportere data, der har et reeltids krav. RTP-pakker indeholder blandt information om hvilken rækkefølge, de blev afsendt i og på hvilket tidspunkt således at modtageren kan være sikker på at afspille pakkerne i rigtig rækkefølge. Disse informationer gør blandt andet, at en modtager kan se forskel på om der ikke bliver sendt data p.ga. netværks fejl eller stilhed hos afsenderen, hvis der kommer en pause i pakkestrømmen. RTP kan blandt andet bruges til at transportere video og tale mellem 2 eller flere parter.

RTCP Real-Time Control Protocol bruges til at sende kontrol-data relateret til en RTP-strøm. Det kunne f.eks. være statistik om pakketab, således at afsenderen kan justere den hastighed, data bliver sendt ved. En anden interessant anvendelse kunne være at oplyse navnet på personen, der taler, til brug i konference-samtaler.

RTSP Real-Time Streaming Protocol bruges til fjernstyre optagelse og afspilning af forskellige former for medier over Internettet. Den bruges f.eks. ved implementering af en telefonsvarer, dels som optager, når der bliver ringet til en person der ikke er til stede, dels når personen senere vil aflytte sine beskeder.

SDP Session Description Protocol er en vigtig protokol i forbindelse med SIP, da det er SDP, der som regel bruges til at beskrive hvilke præferencer en part i en session har. Det kunne f.eks. være hvilke former for lyd-formater en UA understøtter.

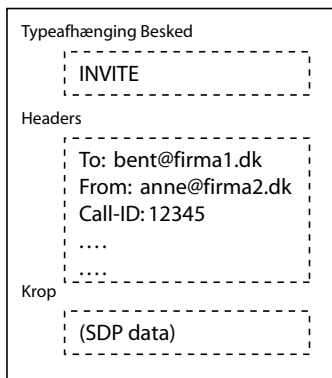
RSVP Ressouce ReServation Protocol bruges til at reservere ressourcer som båndbredde mellem to parter således at der kan stilles garantier for den tekniske kvalitet i et opkald.

Signalering med SIP

Der findes to typer SIP-beskeder: Forespørgsler og svar. Enhver besked har 3 dele.

1. *En typeafhængig del*: en forespørgsel vil have et metodenavn samt parametre, og et svar vil have en svar-kode samt en beskrivende tekst.
2. *Et antal headers*, der indeholder data, der blandt andet er nødvendige for transporten af beskeden.
3. *En krop*, der kan indeholde arbitrære data. Det kunne f.eks. være SDP data.

En SIP besked



Figur 10: De tre dele i en SIP-besked

Svarkoder er et tal mellem 100 og 699. Koderne inddeles i følgende klasser.

- 1xx** Informationer og løbende beskeder. Bruges undervejs i en kommunikation. UA'en hos modtageren kan f.eks. informere om at telefonen ringer, men endnu ikke er taget.
- 2xx** Positive svarbeskeder, f.eks. at røret nu er blevet løftet på telefonen og samtalen kan begynde.
- 3xx** Viderestillingsbeskeder, f.eks. hvis modtageren af opkaldet har taget sin telefon fra arbejde med hjem.
- 4xx** Negative svar: Der er opstået en fejl, og kilden til fejlen findes på klientsiden. Forespørgslen kan gentages, når fejlen er rettet hos klienten.
- 5xx** Negative svar: Der er opstået en fejl, og kilden til fejlen findes på serversiden. Sendes forespørgslen til en anden server, kan den muligvis lykkes.
- 6xx** Globale fejl: Handlingen er ikke mulig, og bør ikke forsøges igen. F.eks. hvis en bruger ikke ønsker at modtage et opkald fra en bestemt anden bruger.

Sammen med svar-koden hører en svartekst, der i et mere menneskevenligt format fortæller præcis, hvad der gik galt.

Metoder

SIP indeholder en række standardmetoder, som enhver UA skal understøtte. Følgende metoder er de mest grundlæggende.

- INVITE** Er den første besked i en SIP-session. En INVITE-besked sendes af en UA, der ønsker at ringe op til en anden UA.
- ACK** bekræfter, at en part i en session har modtaget en besked fra den anden part. Dette dobbeltcheck er nødvendigt, da SIP ikke gør sig nogen antagelser omkring det underliggende netværk, og derfor kan risikere, at en besked bliver væk. Modtager en part f.eks. ikke et ACK på sin INVITE, vil den sende invitationen igen indtil den får et svar
- BYE** Bruges til at afslutte en session og en eventuel tilhørende data-forbindelse. BYE kan sendes af begge parter.
- CANCEL** Afbryder en session der er ved at blive sat op. Er sessionen først etableret bruges BYE.

REGISTER Bruges til at registrere et UA hos en proxy, der derefter f.eks. kan opdatere en lokations-server

REFER Bruges, hvis én part ønsker at få en anden part til at starte en session med en tredje part. Kan f.eks. bruges af et omstillingsbord.

Ud over disse grundlæggende metoder kræver standarden [sip02] også, at en UA implementerer en række mere avancerede metoder. Disse metoder åbner blandt andet mulighed for reservation af ressourcer, mulighed for notificering når en UA bliver tilgængelig og kommunikation via tekst-beskeder. For en komplet gennemgang af de resterende metoder henvises til den officielle SIP specifikation [sip02]

Headere

En header beskriver information der er nødvendig for at SIP kan transportere beskeden korrekt. Følgende headere er påkrævet i en hver SIP besked:

Via beskriver hvilke SIP-servere, denne besked har bevæget sig igennem, for at komme til, hvor den er nu. Bruges, når en modtager af beskeden ønsker at returnere beskeden, og til at opdage hvis beskeden bevæger sig i ring.

To Modtagerens URI

From Afsenderens URI

Call-ID Et unikt sessions-id, der bruges til at knytte beskeder til den rigtige session.

CSeq Et tal der viser hvilken nummer beskeden er i række af beskeder i denne session. Dette tal kan blandt andet bruges til at opdage, om en besked i en sekvens af beskeder er forsvundet.

Contact En adresse, der angiver hvor personen, der afsendte beskeden, ønskes kontaktet.

Content-Length størrelsen på evt. ekstra data, der sendes med beskeden. Det kunne f.eks. være en SDP-blok.

Content-Type kun påkrævet, hvis beskeden har en krop. Angiver typen af indhold

Som eksempel vises her to SIP-beskeder taget fra den officielle SIP specifikation[sip02]

```
INVITE sip:bob@biloxi.com SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP pc33.atlanta.com;branch=z9hG4bK776asdhds
Max-Forwards: 70
To: Bob <sip:bob@biloxi.com>
From: Alice <sip:alice@atlanta.com>;tag=1928301774
Call-ID: a84b4c76e66710@pc33.atlanta.com
CSeq: 314159 INVITE
Contact: <sip:alice@pc33.atlanta.com>
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 142
```

Bob svarer følgende tilbage for at bekræfte, at han er klar til at modtage opkaldet.

```
SIP/2.0 200 OK
Via: SIP/2.0/UDP server10.biloxi.com
      ;branch=z9hG4bKnashds8;received=192.0.2.3
Via: SIP/2.0/UDP bigbox3.site3.atlanta.com
      ;branch=z9hG4bK77ef4c2312983.1;received=192.0.2.2
Via: SIP/2.0/UDP pc33.atlanta.com
      ;branch=z9hG4bK776asdhds ;received=192.0.2.1
```

```

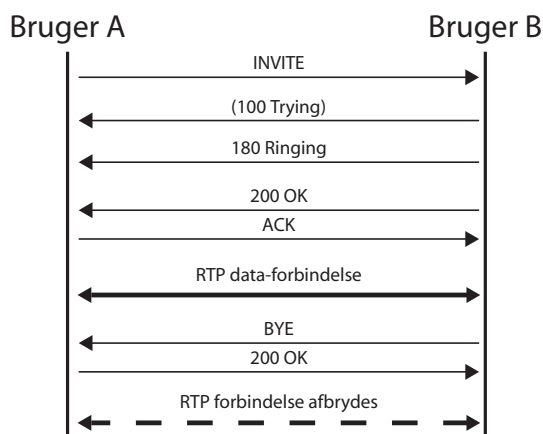
To: Bob <sip:bob@biloxi.com>;tag=a6c85cf
From: Alice <sip:alice@atlanta.com>;tag=1928301774
Call-ID: a84b4c76e66710@pc33.atlanta.com
CSeq: 314159 INVITE
Contact: <sip:bob@191.3.3.7>
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 131

```

Begge beskeder har desuden en krop, der indeholder SDP data, der ikke er vist her.

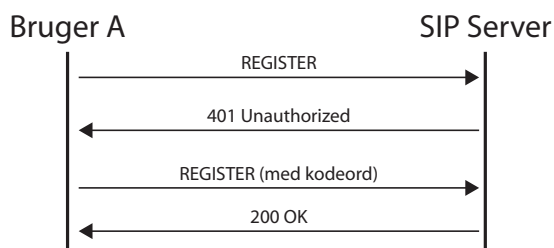
Praktiske eksempler

Følgende eksempler viser hvordan de grundliggende SIP-metoder og svarkoder benyttes i de mest basale scenarier.



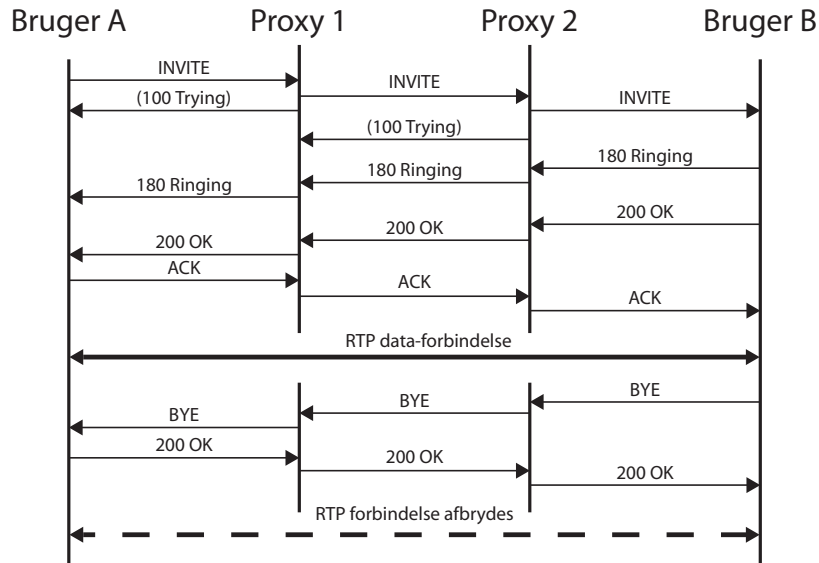
Figur 11: Oprettelse og nedlæggelse af en SIP-koordineret session

SIP bruges til at koordinere en RTP-forbindelse mellem to brugere. Undervejs skifter klient/server rollen, dette er illustreret ved at A sender forespørgselen først i sessionen, mens B fungerer som klient i slutningen.



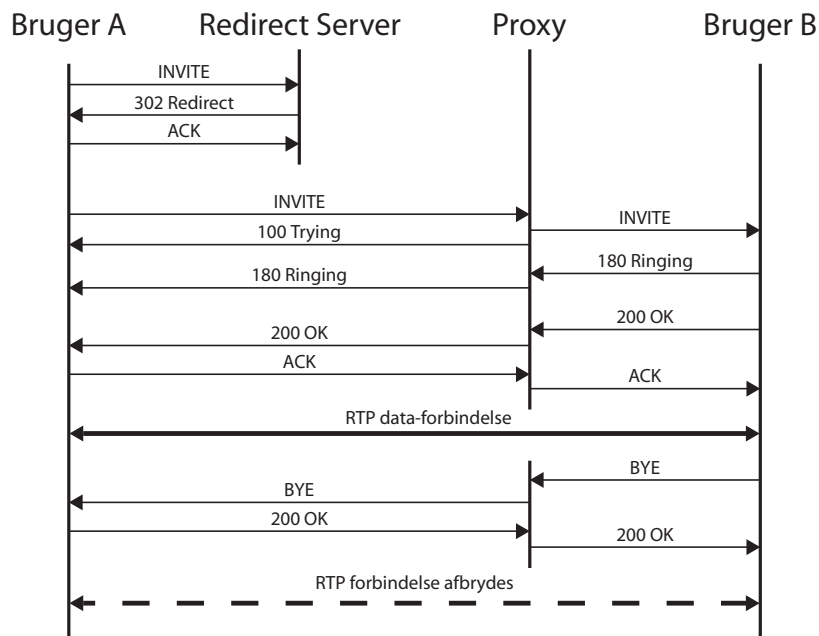
Figur 12: Registrering af bruger A hos en registrerings-server

Bruger A registrerer sig hos en registrerings-server. Det kan være påkrævet at opgive et brugernavn/kodeord, eller anden identifikation sammen med en registrerings forespørgsel. Dette er illustreret ved den første forespørgsel der får en 4xx fejlkode som svar.



Figur 13: Oprettelse og nedlæggelse af en SIP-kordineret session mellem bruger A og B via proxy-servere

Som regel vil en SIP-bruger benytte sig af en proxy-server, der under opkaldet agerer stedfortræder for brugeren. Dataforbindelsen mellem de to brugere, vil dog som regel laves direkte for at minimere afstand og forsinkelse af data.



Figur 14: En redirect-server viderestiller en INVITE til en anden modtager

Ved at bruge en redirect server kan en bruger nås med en logisk adresse. Redirect serveren kan evt kommunikere med en lokations-server der via en tidligere registrering fra bruger B kender til B's faktiske adresse.

3.5 Regulering af elektroniske tjenester

I det følgende afsnit vil reguleringen af elektroniske tjenester, hvorunder IP-telefoni falder, blive gennemgået. Hovedtrækkene i EUs New Regulatory Framework samt IT- og Telestyrelsens udbudsbekendtgørelse, der indeholder den danske implementering af disse reguleringer, vil blive beskrevet. I hvilken grad IP-telefoni bliver påkrævet at leve op til reguleringerne vil have stor betydning for introduktion af IP-telefoni i EU og Danmark.

Elektroniske kommunikations tjenester(ECS¹) er reguleret af EU via medlemslandenes National Regulatory Authority (NRA), i Danmark IT- og Telestyrelsen. Det såkaldte *New Regulatory Framework*(NRF) beskriver blandt andet hvordan en udbyder af ECS skal reguleres, og hvilke fordele en udbyder kan gøre krav på. NRF er teknologi-neutral, hvilket betyder, at reguleringerne gælder for udbydere af ECS uafhængigt af hvilken teknologi de vælger, der iblandt også IP-telefoni.

Planen var at medlems-landene i EU skulle have implementeret disse reguleringer i deres egen lovgivning inden d. 25 juli 2003. Der var imidlertid kun 6 lande (Sverige, Finland, England, Irland, Italien og Danmark) der nåede at implementere disse reguleringer. I Danmark er reguleringerne implementeret i IT- og Telestyrelsens udbudsbekendtgørelsen [udb03]. Når de resterende 19 lande har implementeret reguleringerne, og en række markeds-undersøgelser har været foretaget, vil reguleringerne træde i kraft [Bon], og først da vil regler i udbudsbekendtgørelsen der er i medfør af NRF, få fuld virkning.

ECS bliver reguleret i forskellig grad alt efter hvilken kategori de falder indenfor. Herunder er 3 kategorier.

1. Privat ECS
2. Offentligt tilgængelige ECS
3. Offentligt tilgængelige taletelefonitjenester (PATS)

Den tredje kategori er en yderligere specificering af den anden.

Et udbud af ECS er kun privat såfremt det ikke på nogen måde er tilsluttet det offentlige netværk. Det må hverken være muligt at kontakte endepunkter i det private netværk fra det offentlige eller omvendt.

Reguleringen for private ECS er hovedsageligt til for at sikre, at de ikke forstyrrer andre netværk. Reguleringerne af Offentligt tilgængelige ECS (og dermed også PATS) behandler hovedsageligt beskyttelse af forbrugere. En særlig undtagelse er gratis ECS, der ikke er under kommerciel konkurrence, og derfor ikke bliver reguleret:

Ifølge NRF [euv04] kræves følgende bl.a. af en udbyder af ECS:

Notificering af NRA Hvis en instans ønsker at udbyde ECS skal den underrette landets NRA

Kvalitet En udbyder af ECS skal publicere sammenlignelige målinger af kvaliteten af dens service.

Registrering i telefonbog en udbyder, der tildeler sine kunder telefonnumre, skal lade disse registrere i en offentlig tilgængelig telefonbog. Kunder kan kræve, at deres nummer ikke bliver offentliggjort.

¹Bemærk at de internationale forkortelser vil blive brugt i dette afsnit for at være kompatible med refererede internationale kilder

Sikkerhedsansvar Udbyderen skal tage alle mulige forbehold for at garantere sikkerheden i sit udstyr.

Beskyttelse af privatliv Udbyderen skal sikre sikkerheden af personlig data.

Til gengæld kan en udbyder af ECS blandt andet gøre krav på følgende:

Rettigheden til at udbyde ECS : Enhver instans har lov at udbyde ECS

Adgange til numre : En udbyder af ECS har lov at bruge nummerplanen.

Formidling af forbindelser : En udbyder af ECS har lov at formidle forbindelser mellem netværk.

PATS er af NRF defineret som

A “publicly available telephone service” means a service available to the public for originating and receiving national and international calls and access to emergency services through a number or numbers in a national or international telephone numbering plan, and in addition may, where relevant, include one or more of the following services: the provision of operator assistance, directory enquiry services, directories, provision of public pay phones, provision of service under special terms, provision of special facilities for customers with disabilities or with special social needs and/or the provision of non-geographic services.

Især skal man lægge mærke til

a service available to the public for originating and receiving national and international calls and access to emergency services through a number or numbers in a national or international telephone numbering plan

En elektronisk service er altså PATS, hvis den kan modtage og påbegynde nationale og internationale opkald og giver mulighed for at kontakte en nød-tjeneste.

I udbuds bekendtgørelsen fra IT- og Telestyrelsen er taletelefonitjenester defineret som

Ved taletelefonitjenester forstås en tjeneste, hvorved offentligheden på kommercielt grundlag har adgang til direkte transport af tale i realtid gennem det offentlige tilkoblede net, eller et net af en sådan karakter, at en bruger kan anvende udstyr, der er koblet til et nettermineringspunkt på et fast sted til at kommunikere med en anden bruger af udstyr, der er tilkoblet et andet nettermineringspunkt.

Herudover kræves det direkte af §3 i udbudsbekendtgørelsen at

Ejere af elektroniske kommunikationsnet, som er tilsluttet offentlige elektroniske kommunikationsnet eller -tjenester, og udbydere af taletelefonitjenester, som ikke udelukkende giver adgang til at foretage opkald til udlandet, skal sikre at alle slutbrugere, der er tilsluttet nettet eller tjenesten, og som herigennem benytter en taletelefonitjeneste, kan

- 1. foretage gratis opkald til den offentlige alarmtjeneste (112) og*
- 2. foretage opkald til forsyningspligtudbyderes taksttefontjeneste og dermed denne tjenestes nødkaldenummer*

Definitionen af taletelefonitjenester er altså ikke på baggrund af hvorvidt der udbydes adgang til alarmtjenesten, men på baggrund af at grundlæggende telefoni tilbydes.

Hvis en instans udbyder PATS, forpligter den sig, ud over kravene i kraft af at være ECS i følge NRF, blandt andet til:

Nødtjenester Alle slutbrugere af PATS skal kunne ringe gratis til nødtjenesten via nummeret "112"

Nummer portering Alle abonnenter af PATS beholder deres nummer uafhængigt af hvilken udbyder de bruger.

Sammenhæng af og adgang til netværket I tilfælde af katastrofer, force majeure, skal tilgangen til telefon-tjenester ved faste placeringer sikres.

Transparens og offentliggørelse af informationer Informationer om priser og betingelser for kunder skal være offentligt tilgængelige.

Telefonbog Kunder har ret til at blive indskrevet i en offentligt tilgængelig telefonbog. Samtidig har kunder også ret til at blive udeladt fra telefonbogen.

Til gengæld kan en udbyder af PATS gøre krav på følgende:

Adgang til samtrafik Krav på at en bruger forbundet til PATS kan tilgå tjenester hos en anden udbyder.

Nummer portering adgang til at få flyttet et nummer fra en anden PATS til sig selv

Telefonbog at få opskrevet sig i den offentlig tilgængelige telefonbog.

Samt rettigheder givet i kraft af at være ECS.

Det er udbyderen af taletelefonitjenesten, der er pålagt de ovenstående krav. Hvis ejeren af et netværk lader en anden instans udbyde taletelefoni via sit net, er det altså udbyderen af tjenesten, og ikke ejeren af nettet der skal efterleve de ovenstående krav.

4 Diskussion

Diskussionen vil skitsere 4 forskellige scenarier implementeret med IP-telefoni, samt de problemstillinger, der hører til. Herefter vil nogle af de problemer, der skal løses før IP-telefoni kan betragtes som et fuldt brugbart alternativ til traditionel telefoni, blive beskrevet. En bredere og mere dybdegående diskussion af de forskellige problemstillinger kan findes i IT- og Telestyrelsens rapport "barrierer for udbredelsen af IP-telefoni i Danmark" [bar04].

4.1 Scenarier

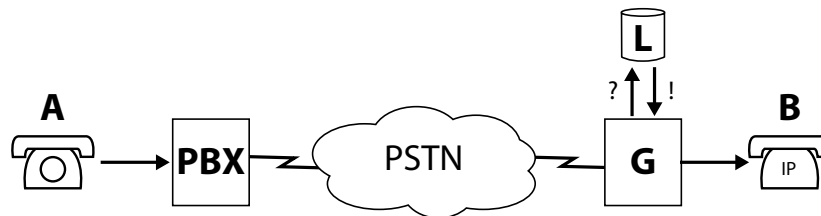
I det følgende vil fire scenarier blive gennemgået:

- 1. Opkald fra en IP-telefon til en normal telefon*
- 2. Opkald fra en normal telefon til en IP-telefon*
- 3. Opkald mellem to IP-telefoner hos samme udbyder*
- 4. Opkald mellem to IP-telefoner med forskellige udbydere*

Alle scenarier finder sted i dag, men særligt det sidste scenario er interessant, da det rammer én af de problemstillinger lovgivningen med stor sandsynlighed vil komme til at kræve løst i fremtiden.

Scenario 1: Opkald fra traditionel telefon til IP-telefon

De følgende to scenarier beskriver opkald mellem Alice og Bob. Alice har en traditionel telefon forbundet til PSTN-nettet via en PBX. Bob har en IP-telefon og har registreret sig hos en PSTN-gateway med et E.164 nummer.



Figur 15: Opkald fra en traditionel telefon til en IP-telefon

Ved et opkald fra Alice til Bob må opkaldet passere forbi en gateway, der er forbundet til både PSTN-nettet og det netværk, IP-telefonen befinder sig på. Som regel vil en udbyder af IP-telefoni enten have en gateway selv, eller have en aftale med et teleselskab, der stiller en PSTN-gateway til rådighed. For at opkaldet fra PSTN-telefonen til IP-telefonen kan lade sig gøre, kræver det at IP-telefonen kan kontaktes via et E.164 telefonnummer. Når opkaldet påbegyndes, undersøger Alices PBX telefonnummeret, og finder ud af at PSTN-gatewayen er registreret som ansvarlig for dette. PBX'en forbinder nu til PSTN-gatewayen (der fra PBX'ens synspunkt blot er en anden PBX) og beder den om at etablere en forbindelse til Bob. PSTN-gatewayen undersøger, om den har registreret et endepunkt i SIP-netværket til det pågældende telefonnummer. Hvis den har, agerer den proxy for Alice, og etablerer et opkald til Bob. Når Bob tager telefonen, etableres der en dataforbindelse mellem Bob og PSTN-gatewayen (fra Bobs synspunkt en SIP-server). Denne konverterer data og signalerings-information til et format, der passer til PSTN-nettet, og videregiver al information til Alices PBX.

Alice kan ikke vide, at Bob benytter sig af en IP-telefon. Ud over at nummeret evt. kan tilhøre en særlig IP-telefoni nummerserie, er der ikke noget særligt ved opkaldet, der viser, at der ikke er tale om en normal telefon. Forbindelsen mellem Alices PBX og PSTN-gatewayen sker via et kredskoblet netværk, der kunne benytte sig af TDM. Der kan derfor stilles garantier for, hvor meget båndbredde der vil være til rådighed mellem de to PBX'er. Forbindelsen mellem gatewayen og Bob foregår derimod over et pakkekoblet netværk, der ikke som udgangspunkt stiller nogle garantier for båndbredde og dermed kvalitet. Skulle der ikke være tilstrækkelig båndbredde til rådighed, risikerer Alice og Bob altså at deres samtale bliver teknisk forringet.

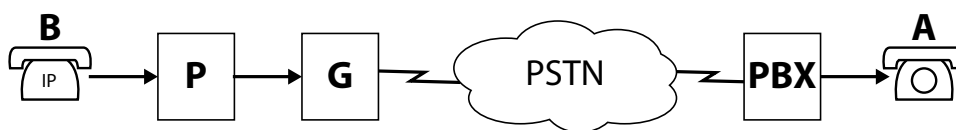
IP-telefoni åbner mulighed for de såkaldt normadiske brugere. En normadisk bruger kan flytte sig fysisk uden at skifte adresse. Da Bob kunne være en normadisk bruger, der blot har registreret sig hos sin gateway via Internettet, kan Alice heller ikke antage noget om Bobs fysiske placering ud fra telefonnummeret. Bob kunne for den sags skyld befinde sig i et andet land.

Da opkaldet bevæger sig hen over PSTN-nettet og igennem en eller flere PBX'er, vil diverse telefoni-tjenester kun virke, hvis de findes i PSTN-nettet såvel som IP-telefonen, og hvis de to implementeringer er kompatible med hinanden.

Vigtige observationer

- Alice ved ikke umiddelbart at hun ringer til en IP-telefon.
- Bob kunne befinde sig i et andet land, uden at det ville blive afspejlet i hans telefonnummer.
- Opkaldet kunne blive forringet som følge af manglende båndbredde.
- Alle de ovennævnte observationer gør sig også gældende for mobiltelefoner.
- Tele-tjenesters funktionalitet er afhængig af både PBXer og IP-telefonen involveret i opkaldet.
- Der vil kun være understøttelse for taletelefoni.

Scenario 2: Opkald fra en IP-telefon til en traditionel telefon



Figur 16: Opkald fra en IP-telefon til en traditionel telefon

Opkaldet starter med at Bobs IP-telefon kontakter sin proxy og beder den om at sætte den i kontakt med Alices telefon. Da telefonen ikke er en IP-telefon vil den ikke have en SIP-URI. Alt efter hvordan IP-telefonen og dens proxy fungerer vil adressen være en særlig SIP-URI med formatet *“telefonnummer@proxy-værtsnavn”*, eller en tel-URI. En tel-URI er en standardiseret måde at specificere telefonnumre på Internettet [Sch04]. Proxyen vil i begge tilfælde kunne se, at det drejer sig om et telefonnummer, og sender derfor opkaldet videre til sin PSTN-gateway. Gatewayen kan nu tage kontakt til PBX'en tilknyttet dette nummer, og derigennem forbinde til Alice. Når Alice besvarer sin telefon signaleres dette til PSTN-gatewayen, der derefter sender et *200 OK*-svar til Bob hvorefter taleforbindelsen kan etableres og samtalen begynde.

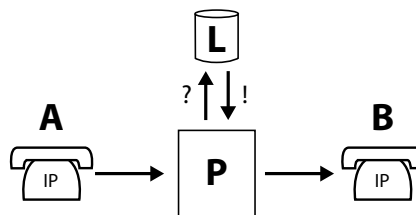
Hvis Bob bruger en telefon, der tillader ham at ringe op via en URI vil han enten blive nødt til at bruge en tel-URI eller skrive telefonnummeret i en SIP-URI. I begge tilfælde vil det være ret tydeligt, at han er i gang med at ringe op til en normal telefon. I den første periode af introduktionen af IP-telefoni vil langt de fleste opkald dog nok foregå via de traditionelle e.164 telefonnumre. Dette dels fordi mange vil foretrække at forsætte med at bruge sin gamle analoge telefon med numerisk tastatur, dels fordi det kun vil være et fåtal af den gennemsnitlige kundes omgangskreds, der vil have IP-telefoni. En anden vigtig anvendelse af E.164 numre og PSTN er interoperabiliteten mellem IP-telefoniudbydere. Dette vil blive beskrevet nærmere i scenario 4.

Der gælder samme observationer for dette scenario som scenario 1.

Scenario 3: Opkald mellem IP-telefoner - samme udbyder

Alice og Bob har begge en IP-telefon, og benytter sig af den samme udbyder. De har begge registreret deres telefon hos udbyderens registreringservice. Alice ønsker at

ringe til Bob.



Figur 17: Opkald mellem to ip-telefoner med samme udbyder

Alice ringer til Bob enten via en SIP-URI eller en tel-URI, der angiver, at Bob befinder sig lokalt. Det sidste er vigtigt, da proxyen ellers kan blive nødsaget til at sende opkaldet ud over PSTN-nettet. Når proxyen modtager forespørgslen fra Alice om at ringe til Bob, kan den se, at Bob er registreret hos den. Den kan derfor viderestille Alice til Bob og lade deres IP-telefoner oprette opkaldet. Nogle udbydere vil dog foretrække at beholde proxyen som mellemmand af hensyn til fakturering af opkald. Dog vil dataforbindelsen som regel altid gå direkte mellem Alice og Bob, dels for at spare trafik hos udbyderen, men også for at få den optimale hastighed.

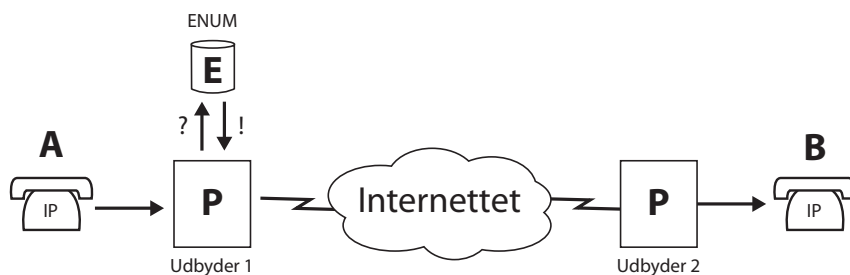
I dette scenario vil Alice og Bob kunne benytte sig af alle tjenester, deres telefoner understøtter. Kvaliteten af opkaldet vil være afhængig af deres båndbredde. Som udgangspunkt vil hverken Alice eller Bob kunne afgøre hvor de hver især befinder sig fysisk, da de begge kunne være normadiske brugere.

Vigtige observationer

- Både Alice og Bob kunne være normadiske brugere
- Opkaldet kunne blive forringet som følge af manglende båndbredde.
- Tjenester tilgængelige for Alice og Bob er udelukkende afhængige af deres egen IP-telefoner og evt af deres båndbredde.
- Opkaldet er ikke på noget tidspunkt i forbindelse med det offentligt tilgængelige telenet.

Scenario 4: Opkald mellem IP-telefoner - forskellige udbydere

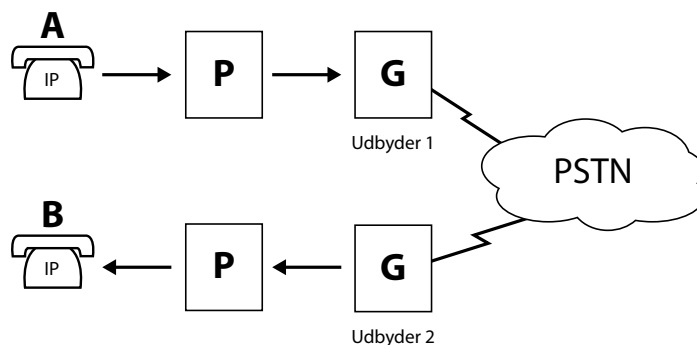
Alice og Bob har begge IP-telefoner, men er abonnenter hos to forskellige udbydere. De er begge registreret hos deres udbyders registreringsserver, og begge udbydere har en PSTN-gateway. Alice ønsker at ringe til Bob.



Figur 18: Opkald mellem to IP-telefoner over Internettet

Dette scenario er opdelt i to del-scenarier alt efter hvilken af to veje opkaldet følger. Den første mulighed minder om scenario 3:

Alice sender en forespørgsel til sin proxy-server om at stille hende i kontakt med Bob. Hun sender enten en SIP-URI eller en tel-URI. I begge tilfælde er det vigtigt at proxyen er i stand til at finde frem til værtsnavnet på den server, der kan stille den i kontakt med Bob. Hvis der er tale om en tel-URI kan proxyen f.eks. slå nummeret op i en ENUM-tjeneste og finde frem til den korrekte SIP-server. Såfremt adressen kan findes, agerer proxyen stedfortræder for Alice, og kontakter Bob igennem hans proxy.



Figur 19: Et opkald mellem to IP-telefoner kan blive nødsaget til at bevæge sig over PSTN-nettet

Anden del-scenario er den situation hvor proxyen ikke kan finde frem til en server, der kender Bob. Hvis Alice kun kender en SIP-URI, vil det ikke være muligt at kontakte Bob. Er der i stedet tale om en tel-URI, har proxyen stadig den mulighed at behandle nummeret som et nummer til en normal telefon, og sende opkaldet videre til sin PSTN-gateway. Resten af opkaldet vil nu forløbe som en kombination af scenario 1 og 2: PSTN-gatewayen finder frem til PBX'en der er ansvarlig for nummeret, og sender opkaldet til denne PBX via PSTN. I virkeligheden er PBXen PSTN-gatewayen hos Bobs udbyder, og den vil sende opkaldet videre som et IP-telefoniopkald til Bobs proxy. I sidste ende ender opkaldet hos Bob, på trods af den lange omvej. Faktisk vil dette som oftest være hvad der sker, hvis en IP-telefoni bruger ringer op til en anden IP-telefoni bruger via et e.164 nummer, såfremt den anden bruger ikke er tilsluttet samme udbyder, og nummeret er formateret på en sådan måde at proxyen kan se, at det er lokalt.

De følgende observationer vil udelukkende omhandle del-scenario 2:

- Idet opkaldet bevæger sig hen over PSTN-nettet, vil enhver tjeneste, der ikke er kompatibel med PSTN-nettet, ikke være tilgængelig for de to IP-telefoner
- Udbyderen vil skulle betale for at sende et opkald hen over sin PSTN-gateway.

Dette scenario rejser et meget interessant spørgsmål: Hvordan skal trafik mellem to IP-telefoniudbydere foregå? Problemet ved at sende opkaldet over PSTN er dels, at det koster flere penge, da man nu skal involvere en teleudbyder, og dels at IP-telefoni ikke kan stille sig tilfreds med at være afhængig af det traditionelle telenet. Så længe der er afhængighed af et andet netværk, kan IP-telefoni ikke forventes at nå særlig langt.

På kort sigt kan det dog være nødvendigt at benytte sig af e.164 numre og efterfølgende routing over PSTN for at ringe til IP-telefoner i andre netværk

4.2 Problemstillinger og barrierer

Samtrafik

Der er på nuværende tidspunkt ikke ingen for hvordan trafik mellem to udbydere skal foregå. Det er f.eks. fuldt ud tilladt et firma at nægte et andet firma at ringe til deres kunde via Internettet, og omvendt. Da de fleste udbydere er relativt små, har de kun interesse i at arbejde sammen med andre udbydere. IP-telefoniudbyderen musimi.dk tilbyder f.eks. gratis trafik til andre IP-telefoniudbydere såfremt de har en aftale om at overføre trafik til dem, en såkaldt peering-aftale. Et af de store spørgsmål er om IP-telefoniudbydere vil blive ved med at lade trafik mellem sig være gratis. Udbyderens omkostninger kunne stadig blive dækket af forskellige tilvalgstjenester og abonnementer.

Udbud under force majeure

En af de store styrker ved IP-telefoni er at intelligensen ligger i endepunkterne i netværket. Dette betyder samtidig, at tjenestens funktionalitet i højere grad afhænger af endepunkterne. En telefon i dag kan f.eks. drives udelukkende af strømmen i netværket, og dens funktionalitet afhænger hovedsagligt af dens central. En IP-telefon vil derimod som regel kræve en ekstern-strømkilde, da den ikke kan tillade sig at regne med at det underliggende netværk kan levere strøm. Ydermere vil dens funktionalitet først og fremmest afhænge af den selv. Under et strømafbud vil en IP-telefon ikke virke, enten fordi den ikke selv har strøm eller fordi det udstyr, der sætter den i forbindelse med netværket, også kræver strøm. Der stilles i den nuværende regulering krav til at en udbyder af PATS sikrer at tjenesten er tilgængelig under katastrofale omstændigheder. Dette vil blive meget svært at opnå med en IP-telefoni baseret PATS. Ud over at telefonerne skal udstyres med en selvstændig strømkilde, vil det også kræve, at det underliggende IP-netværk kan modstå et strømsvigt. Da forpligtelserne til dette påfalder udbyderen af tjenesten, og ikke ejeren af nettet kan en IP-telefoniudbyder komme i den situation, at den ville skulle overbevise udbyderen af det underliggende netværk, om at foretage større opgraderinger af alt sit udstyr for at efterleve kravene. Dette vel og mærke uden at IP-udbyderen vil være forpligtet til at gøre det. Det er højst utænkeligt, at nogen udbyder vil gå med til dette, og i så fald ville det blive til en pris, der er så høj, at implementeringen af IP-telefoni ville blive uattraktiv.

Adgang til alarmtjeneste

En udbyder af PATS påkræves også at udbyde en alarmtjeneste således at en bruger ved et opkald til det gratis nummer "112" bliver stillet i kontakt med en alarmcentral. Det kræves yderligere af en udbyder af en taletelefonitjeneste, at opkaldet hurtigst muligt bliver sendt til en "forsyningspligtudbyders" netværk (I Danmark TDC). Denne skal herefter sende opkaldet til den alarmcentral, der er knyttet til abonnenten. Det vil som oftest være den alarmcentral der er *nærmest* abonnenten. For en udbyder af IP-telefoni betyder det at den skal være i stand til at bestemme hvor en vilkårlig bruger befinder sig fysisk. Hvis brugeren har et abonnement der sikrer en fast placering, som ved f.eks. at skulle oplyse en fast IP-adresse til et ADSL-abonnement, er det muligt at finde frem til denne information. Men som beskrevet i afsnit 3.4 kan et SIP-endepunkt bevæge sig fysisk uden at skifte adresse.

Der er for mobil-telefoni på nuværende tidspunkt indført en sluseordning, der tillader brugeren at oplyse sin placering før opkaldet termineres hos en alarm-central. En lignende ordning ville være mulig for IP-telefoni.

Under alle omstændigheder kræver problemet med normadiske brugere afklaringer før IP-telefoni vil kunne godkendes under de nuværende reguleringer.

Regulering af ren IP-telefoni

Eksemplerne i scenario 3 og del-scenario 1 i scenario 4 viser, at det er muligt at forbinde to IP-telefoner uden at tilgå hverken det offentlige telenet eller den tilhørende nummerplan. Når udbyderne samtidig udelukkende holder sig til at udbyde en elektronisk tjeneste, kunne man argumentere for, at tjenesten ikke længere er en taletelefonitjeneste. Hvis man f.eks. valgte at overføre en video-samtale i stedet, ville der ikke længere være *tale* om tale i realtid. Dette viser, at der i fremtiden kan opstå problemer med at regulere IP-telefoni, hvis man ikke omdefinerer definitionen af taletelefonitjenester. Samtidig viser det også, at NRF ikke er komplet teknologineutral, da den blandt andet forudsætter, at der er tale om brug af telefonnumre.

5 Konklusion

Fra gennemgangen af SIP og tilhørende teknologier bør det være tydeligt at IP-telefoni vil kunne erstatte traditionel telefoni, og vil kunne åbne mulighed for en masse nye teletjenester.

Dog er der stadig en række problemer, der skal afklares før IP-telefoni kan siges at være et fuldstændigt alternativ. Især de sikkerhedsmæssige problemer som funktionalitet under force majeure og stedbestedelse for bruger i forbindelse med alarmopkald bør færdigbehandles.

Hvorvidt IP-telefoni bør falde under de samme restriktioner som på nuværende tidspunkt gælder PATS og taletelefoni kommer til at være altafgørende for hvordan IP-telefoni udvikler sig. Omvendt er det også vigtigt at sørge for at IP-telefoni falder under en passende regulering, da man under visse omstændigheder kan argumentere for at IP-telefoni ikke falder under definitionen af taletelefonitjenester.

Under alle omstændigheder vil det blive nødvendigt at regulere IP-telefoni såfremt markedet begynder at vokse, dels for at beskytte brugerne, dels for at sikre, at vi med en eventuel erstatning af det traditionelle telenet med et IP-telenet ikke svækker vores beredskab i en eventuel katastrofesituation.

6 Perspektivering

Der er en række andre barrierer for IP-telefoni. Disse er gennemgået i [bar04] og beskriver problemstillinger, der ville være oplagte at behandle nærmere.

Den åbne arkitektur i et SIP-netværk tillader 3.parts firmaer at tilbyde services til enhver person, der har en SIP-kompatibel telefon og en Internet adgang. Dette

kombineret med det væld af nye medier der kan koordineres via SIP, gør at vi i fremtiden vil komme til at se nye muligheder for at kommunikere over Internettet.

Den samme åbne arkitektur gør samtidig IP-telefoni sårbar over for de problemer som vi kender fra Internettet. Det vil blive lettere at sende uønskede data(spam) sikkerhedshuller i en telefon kunne åbne mulighed for vira og andre ondsindede angreb.

Figurer

1	Et digitalt signal er lettere at rense efter svækkelse	8
2	Time Division Multiplexing sender flere forbindelser over én	9
3	Overordnet struktur i det traditionelle telenet	10
4	I et kredskoblet netværk fastlægges ruten mellem to endepunkter før data sendes	11
5	Pakkerne i et pakkekoblet netværk kan tage forskellige ruter til samme endpoint	13
6	Internettet er blot det nederste lag i den række af teknologier, der muliggør telefoni over internettet	13
7	En SIP-koordineret session	14
8	(1) A kan ringe til B via deres proxies, (2) A kan ringe til D via en PSTN-gateway, (3) A oplyser sin faktiske adresse til en lokations-server via en registrerings server, (4) C bliver viderestillet til A's faktiske adresse via en redirect-server der benytter en lokations-server .	15
9	Et overblik over et simpelt SIP-opkald: Alices opkald til Bobs logiske adresse bliver viderestillet til den faktiske adresse	16
10	De tre dele i en SIP-besked	18
11	Oprettelse og nedlæggelse af en SIP-koordineret session	20
12	Registrering af bruger A hos en registrerings-server	20
13	Oprettelse og nedlæggelse af en SIP-koordineret session mellem bruger A og B via proxy-servere	21
14	En redirect-server viderestiller en INVITE til en anden modtager . . .	21
15	Opkald fra en traditionel telefon til en IP-telefon	25
16	Opkald fra en IP-telefon til en traditionel telefon	26
17	Opkald mellem to ip-telefoner med samme udbyder	27
18	Opkald mellem to IP-telefoner over Internettet	27
19	Et opkald mellem to IP-telefoner kan blive nødsaget til at bevæge sig over PSTN-nettet	28

7 Kilder

- [acm04] You don't know jack about voip. <http://acmqueue.com/modules.php?name=Content&pa=showpage&pid=203>, 2004.
- [ana04] Ip voice and associated convergent services. http://europa.eu.int/information_society/topics/ecom/doc/useful_information/library/studies_ext_consult/ip_voice/401_28_ip_voice_and_associated_convergent_services.pdf, 2004.
- [bar04] Analyse af barrierer for udbredelse af ip-telefoni i danmark. <http://www.itst.dk/static/iptelefoni/rapport%20analyse%20udbredelse%20iptelefoni.pdf>, 2004.
- [Bon] Camilla Bonde. Regulation of new entrant voip providers should be light touch.
- [euv04] The treatment of voice over internet protocol (voip) under the eu regulatory framework. http://europa.eu.int/information_society/topics/ecom/doc/useful_information/library/commiss_serv_doc/406_14_voip_consult_paper_v2.1.pdf, 2004.
- [itu] International telecommunication union home page. <http://www.itu.int/>.
- [KR01] James F. Kurose and Keith W. Ross. *Computer Networking A Top-Down Approach Featuring the Internet*. Addison-Wesley, 1 edition, 2001.
- [Sch04] H. Schulzrinne. Sip: Session initiation protocol. <http://www.ietf.org/rfc/rfc3966.txt>, 2004.
- [sip02] Sip: Session initiation protocol. <http://www.ietf.org/rfc/rfc3261.txt>, 2002.
- [SJ01] Henry Sinnreich and Ala B. Johnston. *Internet Communication Using SIP*. WILEY, 2001.
- [SR] Henning Schulzrinne and Jonathan Rosenberg. A comparison of sip and h.323 for internet telephony. http://www.cs.columbia.edu/~hgs/papers/Schu9807_Comparison.pdf.
- [udb03] Bekendtgørelse nr. 666 af 10. juli 2003 om udbud af elektroniske kommunikationsnet og -tjenester. <http://www.itst.dk/image.asp?page=image&objno=131065878>, 2003.
- [SR98] Henning Schulzrinne and Jonathan Rosenberg. Internet telephony: Architecture and protocols an ietf perspective. http://www.cs.columbia.edu/~hgs/papers/Schu9807_Comparison.pdf, 1998.

A Ordforklaring

- ECS** Electronic Communication Service, en udbyder af elektroniske tjenester.
- IETF** Internet Engineering Task Force, et åbnet forsamling af instanser der arbejder for videreudviklingen af Internettet.
- IM** Instant Messaging, f.eks. Microsoft Messenger og ICQ
- IP** Internet Protocol, en af de grundlæggende protokoller på Internettet. Et IP-netværk er pakke-koblet.
- NRA** National Regulatory Authority, i Danmark IT- og Telestyrelsen
- NRF** New Regulatory Framework, rammedirektiv udstedt af Europa Kommissionen. NRF er tænkt værende et teknologi-neutralt rammedirektiv for udbydere af elektroniske tjenester.
- PABX** Private Automatic Branch eXchange, Automatiseret lokal telefoncentral der ikke kræver bemanning. Langt den mest almindelige type telefoncentral i dag, men bliver af vane ofte blot kaldt en PBX
- PBX** Private Branch eXchange, Lokal telefon central hos f.eks. et firma
- PATS** Publicly Available Telephone Services, en specificering af ECS: et udbud af en taletelefonitjeneste.
- PSTN** Public Switched Telephone Network, det fælles netværk telefoncentraler kommunikerer over.
- RTP** RealTime Protocol, Protokol der bruges til at overføre f.eks. video og tale med realtids krav.
- RTSP** Real Time Streaming Protocol, protokol der bruges til at fjernstyrer en tjeneste der kan optage og afspille mediestrømme. Bruges f.eks. til at implementere en telefonsvarer.
- SIP** Session Initiation Protocol, protokollen der bruges til oprettelse/nedlæggelse af opkald i IP-telefoni. SIP bruges til alt andet end netop overførelsen af den rå data.
- SDP** Session Description Protocol, bruges til at beskrive f.eks. præferencer i et opkald. En vigtig del af SIP-signaleringsen hvor SDP f.eks. bruges til at oplyse hvilke lyd-formater en telefon understøtter.
- TDM** Time Division Multiplexing, en teknik hvormed man kan sende flere forbindelser igennem en enkelt. Hver forbindelse tildels et tidsrum hvori den må overføre sine data.