

# IP Telefonie

Afstudeerscriptie

door Steyn Huizinga



Afstudeerstage bij ASP4all Hosting B.V.  
Technische Informatica  
Hogeschool van Amsterdam

Copyright © ASP4ALL Hosting B.V.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of op andere wijze openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of anderszins, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van ASP4ALL, hetgeen ook van toepassing is op de gehele of gedeeltelijke bewerking.

Versie	Datum	Korte beschrijving aanpassing	Status
1.0	1-8-2006	SHuizinga, Initiële versie	Draft
1.1	15-10-2006	SHuizinga, klaar voor review	Concept
1.2	17-10-2006	SHuizinga, definitieve versie	Final

IP Telefonie

17 oktober 2006

Versie 1.2



## **Voorwoord**

Ter afronding van de opleiding Technische Informatica aan de Hogeschool van Amsterdam heb ik een afstudeeropdracht uitgevoerd bij ASP4all Hosting B.V. te Huizen.

Sinds 1999 ben ik parttime werkzaam bij ASP4all, eerst als junior webprogrammeur en later als (Linux) engineer. De keuze om bij ASP4all mijn afstudeeropdracht uit te voeren was snel gemaakt. Ik kende de werkomgeving al en ervaar dit als een prettige omgeving. Daarbij komt dat ASP4all gevestigd is in mijn woonplaats.

De opdracht was het uitvoeren van een haalbaarheidsstudie over IP Telefonie. Deze opdracht sprak mij inhoudelijk aan, IP Telefonie was nieuw voor mij en ik zag in deze opdracht wel de nodige uitdagingen. De opdracht is in overleg met de heer M. Jansen tot stand gekomen. De heer Jansen is CTO binnen ASP4all Hosting. Gedurende het project is hij ook mijn bedrijfsbegeleider geweest. Mijn stagebeleider van de Hogeschool van Amsterdam was de heer F. Rietveld.

Hierbij wil ik graag de gelegenheid nemen om mijn directe collega's bij ASP4all te bedanken en in het bijzonder de heer M. Jansen. Mijn stageopdracht heb ik bij ASP4all met veel genoegen kunnen uitvoeren, de goede werksfeer en het voor mij nieuw vakgebied binnen de ICT hebben hier hun steentje aan bij gedragen. Tevens dank ik de heer M. Maas, mijn manager, voor de ondersteuning bij het schrijven van deze scriptie. De heer J. Joldersma van Cisco Systems dank ik voor zijn bijdrage in de vorm van documentatie over IP Telefonie en het ter beschikkingstellen van demoapparatuur. Tot slot dank ik de heer F. Rietveld voor de begeleiding namens de Hogeschool van Amsterdam.

Huizen, 16 oktober 2006  
Steyn Huizinga

## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Samenvatting</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Abstract</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Inleiding</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>ASP4all</b>	<b>4</b>
4.1	Bedrijfsprofiel	4
<b>5</b>	<b>Projectomschrijving</b>	<b>5</b>
5.1	Achtergrond	5
5.2	Kernopdracht	5
5.3	Taakomschrijving	5
<b>6</b>	<b>IP Telefonie</b>	<b>7</b>
6.1	Wat is IP Telefonie?	7
6.2	Circuit-geschakeld	7
6.3	Pakket-geschakeld	7
6.4	Hoe werkt IP Telefonie?	8
6.5	Protocollen	9
6.5.1	SIP	9
6.5.2	SCCP	10
6.5.3	MGCP	11
<b>7</b>	<b>Infrastructuur</b>	<b>12</b>
7.1	Quality of Service	12
7.2	Bandbreedte	13
7.3	Bekabeling	14
7.4	Switches	15
7.5	Wireless	16
7.6	Gateway	16
7.7	Private Branch Exchange	17
7.8	IP telefoons	20
<b>8</b>	<b>Testopstelling</b>	<b>22</b>
8.1	Inleiding	22
8.2	Netwerkontwerp	22
8.3	Toestellen	23
8.3.1	Cisco Unified IP Phone 7961G	24
8.3.2	Cisco Unified IP Phone 7912G	25
8.4	Cisco 2811 Integrated Service Router	27
8.4.1	Configuratie	28
8.5	Cisco Catalyst 3560 Switch	29
8.5.1	Configuratie	29
8.6	Cisco Unified CallManager 5	30
8.6.1	Configuratie	30
8.7	Conclusie	33
<b>9</b>	<b>Advies</b>	<b>34</b>

9.1	Huidige situatie	34
9.2	Gewenste situatie	34
9.3	Infrastructuur	35
9.4	Kennis	37
9.5	Toekomst	37
9.6	Leverancier	38
9.7	Kosten en baten	39
9.8	Conclusie	39
<b>10</b>	<b>Reflectie</b>	<b>41</b>
10.1	Competenties	41
10.1.1	Technische competenties	41
10.1.2	Niet-technische competenties	42
10.2	Algemene indruk	42
<b>11</b>	<b>Conclusie</b>	<b>43</b>
<b>12</b>	<b>Literatuurlijst</b>	<b>44</b>
<b>13</b>	<b>Verklarende woordenlijst</b>	<b>45</b>
	<b>Bijlage A – Netwerkontwerp</b>	<b>46</b>
	<b>Bijlage B – TCO berekening</b>	<b>47</b>

## 1 Samenvatting

Het telefonienetwerk bij ASP4all is aan vervanging toe. Eén van de mogelijkheden is het vervangen van het huidige ISDN-netwerk door IP Telefonie. Dit is een technologie waarbij telefonie- en datanetwerken geïntegreerd kunnen worden in één netwerk. Omdat het hier gaat om een flinke investering in het belangrijkste communicatiemiddel van een organisatie is mij gevraagd om mij hier eens verder in te verdiepen en te kijken of het interessant is voor ASP4all.

Een andere achterliggende gedachte is dat ASP4all zelf eerst ervaring opdoet met IP Telefonie om het later misschien als dienst toe te kunnen voegen aan het Application Service Provider-model.

Voor dit onderzoek heb ik de functionaliteit en de techniek achter IP Telefonie bekeken. Ook heb ik een praktische test kunnen uitvoeren, dankzij door Cisco beschikbaar gestelde demo apparatuur en programmatuur.

De conclusie van het onderzoek was dat IP Telefonie als concept prima bij ASP4all past. Het totale bedrag voor het implementeren van IP Telefonie kwam uit op een initiële aanschaf van € 98.947,91 en het maandelijkse terugkerende bedrag van € 512,00. Het voldoet aan de wensen en eisen die er gesteld zijn. De convergentie met het datanetwerk zorgt ervoor dat het totale aantal infrastructures van twee datanetwerken en twee telefonienetwerken terug gebracht kan worden tot twee datanetwerken. Door deze convergentie hoeft er ook maar één nieuwe 'telefooncentrale' te worden aangeschaft. De toekomst van IP Telefonie belooft ook meer dan de klassieke telefonieoplossingen. Daarnaast kan door de invoering van IP Telefonie kostenbesparing plaatsvinden.

IP Telefonie is dus een geschikte oplossing voor ASP4all.

## **2 Abstract**

The telephone network at ASP4all needs to be replaced. One of the solutions is to replace the current telephony networks with an IP Telephony solution. IP Telephony makes it possible to integrate data and voice in one network. Replacing the company's most important communication solution involves quite a large investment. ASP4all asked me to do a feasibility study to find out whether IP Telephony is useful within the company. Another thought is that IP Telephony possible could be added to the Application Service Provider-solutions as offered by ASP4all.

In order to complete this feasibility study I have done research on the available functionality and techniques used in IP Telephony. I was also able to do practical research. Cisco provided us hardware and software which I used in fully functional and operational test environment.

After finishing my research IP Telephony has been found suitable for ASP4all. The IP Telephony complies with the needs and requirements as stated by ASP4all. This can be done for the total cost of once € 98,947.91 and € 512.00 monthly. With IP Telephony the data and voice networks are integrated in one network, which reduces the total networks that are managed at ASP4all by 50% to two networks. Since ASP4all has two buildings which are already connected with an IP connection, it is possible to use only one private branch exchange instead of one for each location. IP Telephony is promised to be the biggest voice solution in the future. The conclusion is there, IP Telephony is proven to be useful for ASP4all.

### 3 Inleiding

ASP4all is in de afgelopen jaren, ondanks de enorme klappen die de IT-sector te verwerken heeft gehad, behoorlijk gegroeid. Door de groei, die ook goed merkbaar is in het personeelsbestand, is ASP4all genoodzaakt om het personeel over twee panden te verdelen. Het verdelen van een bedrijf over twee panden heeft ook gevolgen voor de ICT-infrastructuur. Hieronder valt ook het telefonie gedeelte van ASP4all, nu staan er twee telefooncentrales (in elk pand één). Dit brengt een aantal beperkingen met zich mee. Denk hierbij aan verschillende uitgaande nummers (verwarrend voor klanten), minder flexibel nummers meenemen voor werknemers die in beide panden werkzaam zijn en stijgende onderhoudskosten. Tevens is de huidige telefooncentrale in het eerste pand ook dusdanig verouderd dat deze aan vervanging toe is.

Sinds begin jaren '90 is ISDN eigenlijk dé standaard voor zakelijke telefoonaansluitingen, maar de komst van IP Telefonie kan daar verandering in gaan brengen. De convergentie tussen telefonie en datanetwerk, de mogelijkheid tot eindeloos vergroten van de functionaliteit en het verlagen van de beheerskosten kunnen van IP Telefonie wel eens de nieuwe standaard gaan maken.

De keuze om ook naar IP Telefonie te kijken als mogelijke vervanger voor het huidige telefonienetwerk ligt voor ASP4all dus redelijk voor de hand. De vraag waar op dit onderzoek antwoord moet gaan geven luidt als volgt:

***Is IP Telefonie een geschikte oplossing voor ASP4all?***

## 4 ASP4all

### 4.1 Bedrijfsprofiel

ASP4all, opgericht in 1999 en gevestigd aan de Oude Haven van Huizen, is actief in twee verschillende takken binnen de IT-sector, beide zijn op het internet georiënteerd. Enerzijds ASP4all Hosting, waar full-service dienstverlening op het gebied van webhosting, applicatiehosting en outsourcing van kantooromgevingen tot de core business behoren en anderzijds ASP4all Software waarbij het ontwikkelen van websites en woonruimtebemiddelingsystemen voor de woningcorporaties core business is. Het personeelsbestand van ASP4all Hosting en Software telt bij elkaar ongeveer 60 personen en is verdeeld over twee locaties.

Enkele grote klanten van ASP4all Hosting zijn ICTU Overheid, Stichting Kennisnet, Gemeente Amsterdam, Stichting SURF, Veilig Verkeer Nederland en Sky Radio. ASP4all geeft de voorkeur aan de besturingsystemen Microsoft Windows, RedHat Enterprise Linux en Novell Enterprise Server. Grootste partners op het gebied van hardware zijn Hewlett-Packard (servers en werkstations), Cisco Systems (netwerkapparatuur) en F5 (loadbalancers en remote acces). De grote kracht van ASP4all Hosting is het kunnen leveren van high availability omgevingen, zoals de omgevingen [wetten.overheid.nl](http://wetten.overheid.nl), [overheid.nl](http://overheid.nl) en [regering.nl](http://regering.nl) en de algemene crisissite.

Mijn stage heb ik volbracht in opdracht van ASP4all Hosting. Marcel Jansen, de CTO van ASP4all Hosting, was mijn bedrijfsbegeleider tijdens dit project. Gedurende dit project heb ik op de afdeling Engineering gezeten, deze afdeling wordt geleid door Martin Maas. De afdeling Engineering is verantwoordelijk voor de technische start van projecten, zoals het installeren van nieuwe applicaties, het ontwerpen van Directory-structuren, inrichten en beheer van de infrastructuur en het opvangen van incidenten die niet door de afdeling Support afgehandeld kunnen worden.

Sinds 1999 ben ik werkzaam bij ASP4all. In de eerste periode als webdesigner, later als (Linux) Engineer. Het uitvoeren van dit project bij ASP4all had voor mij als voordeel dat ik de organisatie al kende en dat ASP4all zich op een steenworp afstand van mijn huis bevindt.



## 5 Projectomschrijving

### 5.1 Achtergrond

Dit afstudeerproject is onder andere voortgekomen uit de grote groei die ASP4all de afgelopen tijd heeft ondergaan. Door de groei, die ook goed merkbaar is in het personeelsbestand, is ASP4all genoodzaakt om het personeel over twee panden te verdelen. Hierbij is gekozen om ASP4all Hosting op Energieweg 8 te houden en ASP4all Software te verplaatsen naar een pand aan het begin van de straat, namelijk Energieweg 2.

Het verdelen van een bedrijf over twee panden heeft gevolgen voor de ICT-infrastructuur. Hieronder valt, naast het datanetwerk, het telefonienetwerk van ASP4all. Op dit moment heeft elk pand zijn eigen telefooncentrale, eigen aansluitingen met het publieke telefoonnet en een eigen nummerreeks. De telefooncentrales en de daarop aangesloten toestellen zijn aan vervanging toe. De telefooncentrale op Energieweg 8 is nog van de vorige eigenaar van het pand geweest en inmiddels meer dan 10 jaar oud. Deze centrale is inmiddels aan vervanging toe.

Er dient gekeken te worden naar vervanging van de huidige telefooncentrales. Omdat het hier gaat om een grote investering voor aantal jaren en om het belangrijkste communicatiemiddel van een organisatie is het belangrijk dat er serieus naar diverse opties gekeken wordt. Eén van die opties is IP Telefonie, een relatief nieuwe vorm van telefonie, waarbij spraak over hetzelfde netwerk wordt getransporteerd als data. ASP4all wil weten of IP Telefonie een geschikte oplossing is.

### 5.2 Kernopdracht

De kernopdracht is het uitvoeren van een haalbaarheidsstudie van IP Telefonie en de resultaten hiervan middels een adviesrapport bekend te maken.

### 5.3 Taakomschrijving

IP Telefonie is wellicht een goede optie ter vervanging van de huidige telefooncentrales. De techniek achter IP Telefonie is grotendeels hetzelfde als de techniek die vandaag de dag voor datatransmissie het meest gangbare is. Verkeer met spraak eist echter een aantal garanties van het netwerk. Zo is vertraging bij spraak uit den boze, een goed voorbeeld hier van zijn de vertragingen die regelmatig op het journaal te zien zijn. De presentator van het journaal en de journalist aan de andere kant van de wereld zullen herhaaldelijk tegelijk willen praten, dit komt doordat het beeld en geluid van de andere kant een vertraging heeft van soms wel meer dan een seconde.

Er zijn er meer zaken waar rekening mee gehouden dient te worden bij de implementatie van IP Telefonie. Vaak is de beperking van de huidige netwerkapparatuur, welke niet op

voice is voorbereid, eenvoudig op te lossen door de hardware te vervangen of uitbereidingen aan te schaffen. Maar soms zijn er enorm ingrijpende wijzigingen nodig. Eén van de grootste angsten is dat bij het implementeren van IP Telefonie de huidige bekabeling compleet vervangen moet worden. Bij de keuze voor Power-over-Ethernet is dat niet geheel ondenkbaar, want bij voorgaande versies van ethernetbekabeling werd er nog weinig rekening gehouden met het voeren van apparaten over dezelfde bekabeling als waar het dataverkeer over getransporteerd wordt.

Daarnaast biedt IP Telefonie een groter scala aan functionaliteiten dan de traditionele telefonie, zoals integratie met CRM-applicaties tot het bellen over Internet vanaf thuis werkplekken. In de specificaties van IP Telefonie-oplossingen staat vaak een overvloed van functionaliteit, waardoor men vaak door de bomen het bos niet meer kan zien.

Even belangrijk als de functionaliteit zijn de kosten die IP Telefonie met zich meebrengt. Elke manager wil bij het doen van investeringen in dergelijke omgevingen weten of hij waar voor zijn geld krijgt of dat hij een enorme misstap begaat door een onnodig dure oplossing met veel te veel functies te kopen of, misschien nog wel erger, een oplossing koopt waarop geen ondersteuning beschikbaar is.

Het doel van dit project is om te bepalen of IP Telefonie geschikt is voor ASP4all. Daarvoor vindt een onderzoek plaats waarbij rekening gehouden wordt met de in dit hoofdstuk genoemde aspecten. De taakomschrijving voor dit project kan dan ook kort en bondig worden samengevat tot het opstellen van een adviesrapport, waaruit moet blijken of IP Telefonie geschikt is voor ASP4all, gelet op de functionele, technische en financiële aspecten die daarbij van belang zijn.

## 6 IP Telefonie

IP Telefonie is relatief nieuw en is nog lang niet bij iedereen bekend. Dit hoofdstuk geeft meer duidelijkheid over het concept IP Telefonie.

### 6.1 Wat is IP Telefonie?

IP Telefonie is een verzamelnaam voor technieken waarmee communicatieverkeer zoals spraak en fax verkeer over een IP-netwerk (Internet Protocol) verzonden kan worden. De IP-netwerken zijn ook beter bekend als de datanetwerken die we vandaag de dag gebruiken. Het internet is hier een goed voorbeeld van. Essentieel technisch verschil tussen beide is dat het traditionele telefoon-netwerk een circuit-geschakeld netwerk is en dat het netwerk dat gebruikt wordt voor IP Telefonie pakket-geschakeld is.

Het is niet vreemd dat veel fabrikanten die vroeger eigenlijk alleen gericht waren op datacommunicatie nu opeens de telefoniemarkt betreden. Zo verwacht Cisco de grootste speler in de telefoniemarkt te worden, terwijl zij zich voorheen vooral richten op datacommunicatie. Door gebruik te maken van standaarden en de jarenlange ervaring op het gebied van datacommunicatie proberen deze fabrikanten een serieuze concurrent van de traditionele telefonie te worden.

### 6.2 Circuit-geschakeld

Het traditionele telefoonnet is circuit-geschakeld. Tijdens het gesprek is er binnen een circuit-geschakeld netwerk een kanaal volledig beschikbaar voor dat ene gesprek en hoeft dat kanaal niet gedeeld te worden met andere gesprekken. Het voordeel hiervan is dat de bandbreedte altijd gegarandeerd is, er is gedurende het gesprek altijd de volledige bandbreedte van dat ene kanaal beschikbaar. Bij het huidige ISDN-netwerk is de bandbreedte van één kanaal 64 Kbit/s. Het spraaksignaal wordt 8000 keer per seconde met 8 bit gesampled. Hierdoor komt met telefonie over vaste lijnen het signaal altijd in de goede volgorde en zonder noemenswaardige vertraging aan bij de ontvanger. De betrouwbaarheid van het ISDN-netwerk is dus heel hoog.

### 6.3 Pakket-geschakeld

Het IP-netwerk dat wordt gebruikt bij IP Telefonie is pakket-geschakeld. Het gesprekssignaal wordt opgedeeld in zogenaamde IP pakketten. Elk pakket stelt een stukje spraak voor en bevat daarnaast nog extra informatie. Deze extra informatie bestaat onder andere uit het afzenderadres, het bestemmingsadres en het volgorde nummer. Een IP-netwerk bestaat uit meerdere knooppunten. Op het moment dat een pakketje door de verzender wordt verzonden wordt bepaald via welke knooppunten dit afgeleverd moet worden bij de ontvanger. Deze routes kunnen echter elk moment wijzigen. Dit gebeurt bijvoorbeeld als er een efficiëntere route gevonden wordt. Hierdoor

wordt altijd de meest efficiënte route gebruikt.

Een nadeel hiervan is dat gedurende een gesprek de af te leggen routes kunnen wijzigen en de pakketjes die verzonden worden over de nieuwe route de al verzonden pakketten over de tragere route inhalen. De volgorde van binnenkomst bij de ontvanger is dan niet altijd sequentieel. IP-pakketten zijn daarom ook genummerd, deze nummers staan in de header van de pakketten. Met dit volgnummer kan het probleem met pakketten die in de verkeerde volgorde zijn binnengekomen worden rechtgezet. Dit kost echter wel de nodige resources en tijd. Het gevolg hiervan is dat er een vertraging optreedt. Een ander nadeel van het wijzigen van routes is dat er ook routes zijn die plots dood lopen, omdat een van de knooppunten uitvalt. In dat geval treedt er packet-loss op. Dit hoeft echter niet direct invloed te hebben op de kwaliteit van het gesprek. Bij een packet-loss van 3% is een gesprek nog goed verstaanbaar. Packet-loss groter dan 3% procent is echter funest voor een gesprek, de mate waar in een gesprek dan nog verstaanbaar is neemt dan snel af. De betrouwbaarheid van een IP Telefonie-netwerk is dus erg afhankelijk van de kwaliteit en architectuur van het onderliggende netwerk.

#### 6.4 Hoe werkt IP Telefonie?

Bij IP Telefonie wordt spraak gelijktijdig met data over dezelfde verbinding verzonden. Spraak gaat dus gelijktijdig met email, browsen en Terminal Service over hetzelfde netwerk. Deze integratie maakt talloze koppelingen tussen de IP-telefoon toestellen en computers mogelijk. Eén muisklik op een telefoonnummer op de computer kan er voor zorgen dat het toestel dat naast de PC staat het nummer gaat bellen. Maar ook de mogelijkheden van de telefoon zijn gegroeid ten opzichte van de traditionele telefoon. Denk hierbij aan beeldtelefonie, videoconferencing en instant messaging.

Een belangrijke rol in een IP Telefonienetwerk speelt de private branch exchange (PBX) software. Deze software voorziet het IP Telefonienetwerk van zijn functionaliteit. Naast het afhandelen van het spraakverkeer (net zoals de traditionele telefooncentrale) biedt de software functionaliteit voor voicemail, videoconferencing, doorschakelen, music-on-hold, call-back en meer.

Wanneer een gesprek binnen een volledig op IP gebaseerd telefoonnetwerk blijft, dan is de situatie redelijk eenvoudig. De IP-telefoon toestellen melden zich via het IP-netwerk aan bij de PBX. Vanaf dat moment kunnen inkomende telefoongesprekken worden ontvangen en uitgaande gesprekken worden geïnitieerd. In deze situatie blijft het gesprek binnen hetzelfde type netwerk. Er hoeft dus geen conversie van protocol plaats te vinden.

Bij externe gesprekken is de situatie echter anders. Als je van een IP-telefoon naar een telefoon op het vaste traditionele telefoonnetwerk belt zal er een vertaling van IP naar ISDN (PSTN) gemaakt moeten worden. Essentieel hierbij is een gateway, welke er voor zorgt dat de IP-pakketjes waarin het gesprek verzonden is over het pakket-geschakelde netwerk door de IP-telefoon omgezet wordt naar het circuit-geschakelde ISDN-netwerk.

## 6.5 Protocollen

De computerwereld hangt aan elkaar van protocollen, dit geldt ook voor IP Telefonie. Een protocol beschrijft hoe een datapakketje er uit kan zien, zodat de verzender weet hoe hij het pakketje moet opbouwen en de ontvanger weet hoe hij het pakketje kan analyseren. Een protocol is goed te vergelijken met de verschillende talen die er op aarde worden gesproken. Wanneer iemand in het Chinees tegen je begint te praten is de kans groot dat je er vrijwel niks van zult begrijpen. Dit komt omdat, naast de woorden, ook de grammatica van het 'Chinees' voor vrijwel elke Nederlander niet bekend is. Bij computers werkt het net zo, wanneer software volgens een bepaald protocol geschreven is zal hij de andere protocollen vaak niet begrijpen. Enkele uitzonderingen van protocollen die onderling uitwisselbaar zijn daargelaten. Binnen IP Telefonie zijn de protocollen SIP, SCCP/Skinny en H.323 de meest gebruikte protocollen. SIP is ontworpen om een vervanging te bieden voor H.323, welke veel te complex, verouderd en niet geschikt voor internet is. Het H.323 protocol zal ik daarom niet behandelen.

### 6.5.1 SIP

SIP staat voor Session Initiation Protocol en wordt gebruikt voor IP Telefonie, tekst diensten en multimedia sessies zoals instant messaging, video en online spellen. SIP is een signaleringsprotocol<sup>1</sup>, waarmee sessies met meerdere deelnemers kunnen worden opgezet, gewijzigd of beëindigd. Denk hierbij aan telefoongesprekken met twee of meer deelnemers, multimedia conferenties en multimedia distributie.

Het SIP-protocol is een op tekst gebaseerd protocol en werkt met headers. Headers bevatten extra informatie die niet in het feitelijke bericht thuis horen. In een telefoongesprek wil je immers niet 'horen' dat de computers onderling afspreken welke CODEC ze gaan gebruiken. Protocollen die tekstgebaseerd zijn werken met eenvoudige en voor mensen leesbare headers die slechts bestaan uit de standaard ASCII-karakters. Hierdoor is het voor zowel ontwikkelaars eenvoudig te implementeren en voor de 'heavy users' eenvoudiger om te analyseren op het moment dat er wat fout gaat.

SIP kent ook veel overeenkomsten met twee andere veel gebruikte en eveneens op tekstgebaseerde protocollen, namelijk Hypertext Transfer Protocol en Simple Mail Transport Protocol. Het eerste protocol kennen we allemaal uit de internetadressen die we regelmatig in onze internetbrowser voorbij zien komen. Adressen van websites worden namelijk genoteerd in de vorm `http://www.hva.nl`, waarbij `http` de afkorting van Hypertext Transfer Protocol is. Het tweede protocol is misschien iets minder bekend, maar wordt gebruikt om mail uit te wisselen tussen mailservers. Ook emailclients zoals Outlook en Groupwise gebruiken dit protocol om mail te versturen.

De grootste overeenkomsten zijn te vinden in SIP en het HTTP-protocol. Naast dat beide protocollen headers in leesbare tekst versturen, gebruiken ze in deze headers ook nog dezelfde statuscodes. Als een webpagina niet gevonden kan worden zal er in het antwoord van de webserver de statuscode "404 - Page not found" als antwoord terug

---

<sup>1</sup> Ook wel application-layer control protocol genoemd

gestuurd worden. Een SIP-verzoek dat gedaan wordt waarbij er bijvoorbeeld een niet bestaand nummer gekozen wordt zal dan ook de statuscode 404 als antwoord krijgen. Ditzelfde geldt voor een verzoek dat wel succesvol afgehandeld kon worden, beide protocollen schrijven voor dat er dan een status code 200 teruggegeven moet worden.

Daarnaast werken beide protocollen met zogenaamde Universal Resource Locator, beter bekend als URL. Met deze URL's wordt de naam van een object aangegeven, zoals de naam van een website. In de internetbrowser is de URL altijd te zien in de adresbalk, zo is `http://www.hva.nl` een voorbeeld van een URL. URL's die binnen SIP gebruikt worden lijken er veel op, al kunnen ze naast tekst ook telefoonnummers bevatten, enkele voorbeelden van een SIP URL zijn:

```
sip:steyn.huizinga@hva.nl  
sip:+3112341234@hva.nl  
sip:+3112341234
```

Een groot verschil met de protocollen HTTP en SMTP is dat SIP zowel connection-less als connection oriented is. SIP werkt dus over zowel TCP als UDP. HTTP en SMTP beperken zich tot TCP. SIP is slechts een signaleringsprotocol en kan dus veelzijdig worden ingezet. Stel dat er een nummer gekozen wordt en dat toestel is in gesprek, dan kan de software van de gebelde partij een alternatieve weg wijzen om die persoon toch te spreken te krijgen. Dat kan het doorschakelen naar een ander nummer zijn. Wat bijvoorbeeld ook mogelijk is, is dat er aan de beller gevraagd wordt een bericht in te spreken, welke vervolgens per instant messaging als tekstbericht naar het scherm van de gebelde persoon verzonden wordt.

Communicatie tussen twee SIP-apparaten verloopt volgens het peer-to-peer principe. SIP verstuurt een oproep direct naar het andere apparaat. Dit apparaat kan de oproep bevestigen of afwijzen. Zodra een SIP-apparaat gehoor heeft gegeven aan de oproep en de sessie tot stand komt neemt het Real Time Protocol de communicatie over. Aan het eind van het sessie, als bijvoorbeeld een van de partijen de hoorn erop legt, zal de boodschap "BYE" worden verzonden naar de andere deelnemende partijen. Andere SIP-berichten zijn:

```
INVITE - oproep  
ACK - bevestiging  
CANCEL - onderbreek  
REGISTER - meldt SIP-gebruiker aan  
BYE - einde sessie
```

SIP is momenteel het meest geaccepteerde signaleringsprotocol. De verwachting is dat SIP niet alleen in IP Telefonie, maar in de toekomst ook in multimedia zal worden toegepast vanwege zijn veelzijdigheid en eenvoud in implementatie.

## 6.5.2 SCCP

SCCP staat voor Skinny Client Control Protocol en wordt ook vaak Skinny genoemd. Skinny is een proprietary protocol dat oorspronkelijk ontwikkeld is door Selsius

Corporation en later is overgenomen door Cisco Systems. Cisco heeft Skinny vervolgens ingezet als signaleringsprotocol tussen Skinny clients en de Cisco CallManager software (de PBX van Cisco). Skinny werkt op basis van het connection-oriented protocol TCP en zorgt er, net als bij SIP, voor dat sessies tot stand gebracht en ten einde gebracht kunnen worden. De feitelijke data van die sessies wordt over UDP in het RTP protocol verzonden. Het Skinny protocol is zo licht mogelijk ontworpen, het draait prima op minder krachtige systemen, zoals telefoons.

Tot voor kort was Skinny hét protocol binnen de Cisco CallManager Software, maar in de laatste versie wordt ook SIP volledig ondersteund. De toekomst voor Skinny is volledig in handen van Cisco, zij zijn de grootste (en een van de weinigen) die dit protocol daadwerkelijk gebruiken.

### 6.5.3 MGCP

MGCP staat voor Media Gateway Control Protocol en wordt voornamelijk gebruikt tussen routers die IP Telefontie-netwerken met elkaar verbinden. MGCP is een relatief 'dom' protocol, het stuurt alleen berichten heen en weer, zonder daar iets mee te doen. Zo zal MGCP zich nooit met de codering van pakketten bezig houden.

MGCP wordt vaak ingezet tussen een PBX en een voice-router die het IP Telefontie-netwerk koppelt aan het publieke telefoonnet. Apparaten die middels MGCP met elkaar communiceren moeten zich in hetzelfde domein bevinden. Binnen dit domein maken ze bekend welke services zij aanbieden. Zo zal een voice router bekend maken welke hardwarematige poorten, zoals bijvoorbeeld een ISDN-30 interface of een ISDN-2 interface, heeft. In de PBX worden deze poorten dan ook zichtbaar en is het vervolgens mogelijk alle uitgaande gesprekken naar die voicrouter en de poort naar keuze laten doorsturen. De voicrouter krijgt alle informatie van de PBX via het MGCP-protocol aangeleverd en weet zo onder andere welk nummer er gekozen is.

## 7 Infrastructuur

Hoewel er vaak vermeld wordt dat IP Telefonie gebruik maakt van de standaard IP netwerken die ook worden gebruikt in dataomgevingen, heeft IP Telefonie nog wat extra aandachtspunten. Deze zullen in dit hoofdstuk naar voren komen.

### 7.1 Quality of Service

Een betrouwbaar netwerk is cruciaal voor spraakverkeer. Een pakket-geschakeld netwerk is niet altijd even betrouwbaar, dit kan dus voor problemen zorgen bij IP Telefonie. Bij een te grote vertraging of zelfs packet-loss kunnen verwarrende situaties ontstaan. Quality of Service (QoS) kan een hoop problemen voorkomen. De implementatie van QoS zorgt voor een voorspelbare datastroom. Simpel gezegd kunnen er met QoS prioriteiten toegekend worden aan verschillende typen verkeersstromen en bandbreedte garanties worden afgegeven. QoS heeft invloed op latency (delay, vertraging), jitter (variatie in latency), packet-loss en throughput (doorvoercapaciteit).

De prioriteiten voor elk type verkeer staan vast gelegd in de header van de datapakketen. Aan ethernetframes worden in de header de zogenaamde 802.1Q bytes toegevoegd. Deze informatie is vier bytes groot. Van deze vier bytes zijn er drie bits gereserveerd voor 802.1p. Met deze bits kan worden aangegeven wat voor type (class) data er zich in het frame bevindt. 802.1p wordt ook vaak Class of Service (CoS) genoemd. Met deze drie bits zijn acht ( $2^3$ ) combinaties te maken. Netwerkverkeer kan dus logischerwijs in acht prioriteitsniveaus worden ondergebracht. De toepassing van de verschillende niveaus is niet vastgelegd, maar er wordt meestal gekozen voor een standaard implementatie zoals deze door de IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) is opgesteld. In deze toepassing is zeven het hoogste prioriteitsniveau. Dit niveau wordt gebruikt door netwerkkritische protocollen, zoals Routing Information Protocol (RIP) en Open Shortest Path First (OSPF). De volgende twee niveaus zijn niveau zes en vijf en deze worden respectievelijk gebruikt voor spraak en videoverkeer. De overige vier niveaus worden gebruikt voor data-applicaties en worden ingedeeld naar behoefte. Niveau vier kan worden gebruikt voor bedrijfskritische applicaties zoals SAP-data en niveau één voor verkeer waarbij QoS niet van cruciaal belang is, bijvoorbeeld SMTP-verkeer.

Naast de CoS informatie kan er ook nog gebruik gemaakt worden van het Type of Service (ToS) in het IP-protocol. Het ToS-veld heeft in principe hetzelfde doel als CoS. Dit ToS-veld is 4 bits groot en deze bits stellen het volgende voor (RFC 791):

0000 (0)	Standaard
0001 (1)	Minimale kosten: lage prioriteit
0010 (2)	Maximale betrouwbaarheid
0100 (4)	Maximale doorvoersnelheid
1000 (8)	Minimale wachttijd
1111 (15)	Maximale beveiliging



Quality of Services is een verzamelnaam van algoritmes op netwerkapparatuur. QoS is gebaseerd op wachtrijen. Elke wachtrij wordt gevuld met verkeer dat voor deze wachtrij bestemd is. Aan de hand van de CoS of ToS-informatie die in het ethernetframe is terug te vinden, kunnen de wachtrijen gevuld worden. Door het verkeer op te splitsen over verschillende wachtrijen kunnen prioriteiten en garanties worden toegekend aan deze wachtrijen. Spraakverkeer kan hierdoor in een wachtrij met een hoge prioriteit en een gegarandeerde bandbreedte geplaatst worden. Alle netwerkcomponenten die betrokken zijn bij IP Telefonie moeten echter QoS ondersteunen. Ondersteunt een gedeelte van het netwerk geen QoS dan is dat gedeelte geen betrouwbaar netwerk voor IP Telefonie.

## 7.2 Bandbreedte

De bandbreedte die nodig is voor één gesprek over een IP-netwerk hangt af van de CODEC die gebruikt wordt. Een CODEC is soft- of hardware dat toelaat data te coderen en te decoderen. CODEC's verschillen van elkaar in bitrate, de compression delay, computing delay en de subjectieve kwaliteit uitgedrukt in MOS (Mean Opinion Score). MOS wordt uitgedrukt in een getal tussen 1 en 5, waarbij 1 de laagste en 5 de hoogste waardering is. Deze score wordt bepaald door een aantal standaard (subjectieve) tests die door een aantal luisteraars worden uitgevoerd. Deze tests bestaan voornamelijk uit voorgelezen zinnen (door zowel mannen- als vrouwen stemmen) waar de luisteraars hun oordeel over moeten geven.

Codec	Bitrate (kbit/s)	MOS score	Codec delay (ms)
G.711 PCM	64	4,1	0,75
G.726 ADPCM	32	3,85	1
G.728 LD-CELP	16	3,61	3 tot 5
G.729 CS-ACELP	8	3,92	10
G.729 x 2 Encodings	8	3,27	10
G.729 x 3 Encodings	8	2,68	10
G.729a CS-ACELP	8	3,7	10
G.723.1 MP-MLQ	6,3	3,9	30
G.723.1 ACELP	5,3	3,65	30

In de bovenstaande tabel is te zien dat de MOS score van de G.711 PCM CODEC het hoogst is. Het is dan ook niet geheel onverwacht dat deze codec de meest gebruikte CODEC binnen LAN-netwerken is. De bandbreedte die deze CODEC nodig heeft is vandaag de dag, op bedrade netwerken, nihil. Een 100 Mbit/s is vandaag de dag de minimale snelheid voor LAN-netwerken. Over deze verbinding is het theoretisch mogelijk om 1200 gesprekken simultaan af te handelen.<sup>2</sup>

Transportprotocollen kunnen de verbruikte bandbreedte ook beïnvloeden. Gering bandbreedte verbruik is voornamelijk erg belangrijk op WAN-interfaces. Op WAN-interfaces wordt vaak gebruik gemaakt van de G.729 CODEC, deze weet spraak te coderen tot 16 Kbit/s. Het cRTP (Compressed RTP) protocol wordt gebruikt om een G.729 CODEC minder bandbreedte te laten verbruiken. cRTP verkleint een RTP/UDP/IP

---

2

header van 40 bytes naar 2 of 4 bytes. Hierbij gaat er een hoop informatie verloren, zoals het IP-adres van afzender en ontvanger. Een pakket dat is samengesteld volgens het cRTP-protocol is hierdoor niet meer routeerbaar en kan alleen nog maar worden gebruikt bij point-to-point verbindingen. Dit protocol is dus niet bruikbaar wanneer er meerdere voice VLAN's aanwezig zijn en er gerouteerd moet worden. Het verschil in de 2 of 4 bytes variant is dat de 4 bytes variant UDP checksums gebruikt en de 2 bytes variant niet.

Een belangrijke kwestie bij de keuze van netwerkapparatuur is dat alle apparatuur die betrokken is bij IP-telefonie dezelfde CODEC gebruikt.

### 7.3 Bekabeling

IP-telefoons worden op Ethernet aangesloten, hierin zijn eigenlijk twee varianten te vinden: de wired telefoons en de wireless telefoons. Die eerste groep telefoons wordt aangesloten middels RJ-45 aansluiting en minimaal CAT5 bekabeling. De Ethernet-interfaces in deze telefoons werken meestal op 100 Mbit/s (100Base-Tx), hiervoor is CAT5 nodig. Bij 100 Mbit/s worden maar twee van de vier ader paren gebruikt voor datatransmissie. Momenteel beginnen de Gigabit-netwerkkaarten ook hun intrede te doen in werkstations en de Gigabit-switches worden goedkoper. Het is dan niet geheel onlogisch dat er ook netwerken met werkstations worden opgebouwd met Gigabit (1000Base-Tx) als nieuwe standaard. Voor 1000 Mbit/s zijn echter alle vier de aderpairs nodig en het vereist CAT5e of CAT6.

Voor IP-telefoons met draad zijn er twee mogelijke manieren van aansluiten. De eerste is de meest eenvoudige, hierbij wordt de telefoon direct op de switch aangesloten. Over deze bedrading gaat dan alleen het spraakverkeer. Nadeel hiervan is dat er zowel een telefoonnetwerk als een datanetwerk ontstaat. De andere optie is het aansluiten van een IP-telefoon op een switch en het werkstation, dat naast de telefoon staat, op de telefoon aan te sluiten. In de IP-telefoon zit dan een kleine switch met twee Ethernet-poorten opgenomen. In één van die twee poorten komt de feed vanaf de switch binnen en op de andere poort wordt het werkstation aangesloten. Beide netwerken (data en spraak) kunnen echter wel gescheiden worden van elkaar middels 802.1Q VLAN's.

De tweede optie is dat de telefoons over een draadloze verbinding worden 'aangesloten'. Daarbij maken ze gebruik van de IEEE 802.11b standaard en security methoden als IEEE 802.1X, Wired Equivalent Privacy (WEP), Wi-Fi Protected Access (WPA), WPA Pre-Shared Key (PSK), Cisco Centralized Key Management (CKM), Temporal Key Integrity Protocol (TKIP), Message Integrity Check (MIC) en EAP-FAST. Met al deze methoden kan een veilig netwerk voor IP Telefoons gecreëerd worden. Er zijn echter ook nog zogenaamde accesspoints nodig om deze wireless telefoons te kunnen koppelen aan het bedrade netwerk waar de call-manager op aangesloten is.

Een feature waarvan bedrade IP-telefoons gebruik van kunnen maken is Power-over-Ethernet (PoE). De specificaties hiervan zijn vast gelegd in de IEEE 802.3af standaard. PoE kan over dezelfde CAT5 bekabeling die gebruikt wordt voor de datatransmissie apparaten voorzien van stroom. De telefoons hebben dan geen externe voeding meer

nodig. Hierbij wordt er 48 Volt gelijkstroom gebruikt met een theoretisch maximum vermogen van 15,4 Watt. In de praktijk zal het geleverde vermogen zo rond de 13 Watt liggen. De stroomsterkte is maximaal 350 mA. PoE is zelfs mogelijk bij snelheden van 1000 Mbit/s, waarbij alle vier de adersparen in gebruik zijn voor data transmissie. Door middel van fantoomvoeding kunnen zowel data als voeding over dezelfde bedrading worden afgeleverd. Essentieel voor PoE is dat alle vier de adersparen aangesloten zijn. Op het moment dat er een niet-PoE apparaat aangesloten zal worden op een PoE-switch zal PoE automatisch uitgeschakeld worden op de poort op de switch. PoE switches zijn dus compatible met componenten die geen PoE ondersteunen.

## 7.4 Switches

De netwerkswitches die ingezet worden bij netwerken waarop IP Telefonie draait moeten voldoen aan een aantal eisen. Naast de eisen die gesteld zijn voor het datanetwerk en de eisen van de organisatie gelden er natuurlijk aanvullende eisen voor IP Telefonie. Sommige eisen zijn echter wel afhankelijk van de behoeften in functionaliteit.

Switches moeten minimaal 802.1Q VLAN's en Quality of Service ondersteunen. Zonder deze twee functies is het niet mogelijk een veilig en betrouwbaar IP Telefonie-netwerk te creëren. De VLAN-support is nodig om het data- en spraakverkeer van elkaar te scheiden, zodat spraakberichten niet zichtbaar zijn op het datanetwerk waarop gebruikers aanwezig zijn. QoS zorgt ervoor dat spraakgesprekken ongehinderd plaats kunnen vinden door prioriteit te geven aan spraakverkeer. Het is hierdoor niet mogelijk dat dataverkeer het spraakverkeer 'wegdrukt'.

In grote en druk bezette netwerken kan Cisco's Smart Multicasting bijvoorbeeld uitkomst bieden. Door gebruik te maken van Cisco's StackWise Technology is het mogelijk switches te stacken. Multicast streams die op een van de switches binnenkomen, zullen dan ook direct bekend zijn bij de andere switches, dit scheelt weer netwerkbronnen.

Een veelgebruikte optie bij IP Telefonie is Power over Ethernet (PoE). De meeste IP-telefoontoestellen ondersteunen ook PoE. Door gebruik te maken van switches en IP-telefoontoestellen met PoE-ondersteuning kunnen de IP-telefoontoestellen gevoed worden vanuit de switch. De IP-telefoontoestellen hebben dan dus geen externe voeding meer nodig, wat weer adapter, kabels en netaansluitingen scheelt.

Er zijn ook 1000 Mbit/s IP-telefoontoestellen leverbaar, maar de keuze voor deze telefoons hangt af van de behoefte aan bandbreedte op de werkplek. Voor spraak is er absoluut geen Gigabit-netwerk nodig, maar het is denkbaar dat er op de werkplekken echter wel Gigabit gewenst is. In dat geval zullen de switches dan op elke Ethernet-poort Gigabit moeten ondersteunen. Als dat niet het geval is dan volstaan switches met Fast Ethernet (100 Mbit/s) poorten en Gigabit poorten om de switch met andere switches te kunnen verbinden.

Het is echter wel aan te raden om IP-telefoontoestellen en netwerkapparatuur van dezelfde fabrikant te gebruiken. De implementatie van protocollen kan namelijk

verschillen, vooral bij QoS is dit het geval.

## 7.5 Wireless

Er zijn ook draadloze IP-telefoontoestellen beschikbaar. Deze maken verbinding over Wi-Fi (IEEE 802.11b of 802.11g). Van dit draadloze netwerk moet er echter wel een koppeling zijn met het bedrade netwerk waarop de callmanager en de vaste IP-telefoontoestellen zich bevinden. Ook voor de draadloze toestellen onderling is het belangrijk dat ze met elkaar kunnen communiceren. Op het moment dat een gesprek is opgezet wordt de verbinding met de call-manager echter niet meer gebruikt voor spraakgesprekken, de telefoons zullen spraakverkeer direct met elkaar uitwisselen. Deze connectiviteit is te realiseren met een zogenaamd accesspoint. Een dergelijk accesspoint bestaat simpel gezegd uit een aansluiting voor het bedrade netwerk en een antenne voor het draadloze netwerk. Elk draadloos apparaat dat gebruik wil maken van de diensten van een accesspoint meldt zich aan op het accesspoint. Het accesspoint zal de gegevens van het apparaat valideren tegen allerlei security policies en zal na goedkeuring van het accesspoint de encryptie afstemmen met het toestel. Vanaf dat moment is de beveiligde verbinding gelegd en kan het IP-telefoontoestel communiceren met het vaste netwerk.

De wireless standaarden 802.11b en 802.11g bieden respectievelijk een maximale bandbreedte 11 Mbit/s en 54 Mbit/s. Bandbreedte kan bij draadloze apparatuur niet worden gegarandeerd. Hoe slechter het signaal, des te lager de bandbreedte. Ook de response tijden van het netwerk schieten bij een slecht signaal omhoog. Wi-Fi is echter wel betrouwbaar genoeg om voice-gesprekken over te voeren, echter moet er tijdens het ontwerpen van een draadloos netwerk voor dergelijke toepassing uitgegaan worden van een matig signaal kwaliteit. De laagst mogelijke bandbreedte bij Wi-Fi is 1 Mbit. Er zijn dan maximaal 10 gelijktijdige gesprekken (128 Kbit/s per gesprek) mogelijk, wanneer er wordt uitgegaan dat deze bandbreedte wel gehaald wordt. Stelregel bij IP-telefonie over Wi-Fi is dan ook maximaal 7 gesprekken (G.711) per accesspoint en een maximum aantal van 15 tot 25 devices per 802.11b accesspoint.

De dekking van een Wi-Fi-netwerk kan eenvoudig vergroot worden door meer accesspoints te plaatsen. Middels roaming kunnen clients van accesspoint naar een ander accesspoint (met een beter signaal) switchen. De switch van het ene accesspoint naar het andere accesspoint gaat echter nooit volledig vlekkeloos, er zal altijd een zeer korte onderbreking merkbaar zijn. Dit geldt ook voor de wireless Wi-Fi-telefoons, het kan dus merkbaar zijn wanneer er tijdens een gesprek van accesspoint gewisseld wordt.

## 7.6 Gateway

Met een IP-netwerk is direct communiceren met het traditionele telefoonnetwerk niet mogelijk. De protocollen van beide netwerken zijn niet compatibel met elkaar. Toch moet het mogelijk zijn om met een IP-telefoon een toestel op het vaste telefoonnetwerk te bereiken. Er zijn apparaten die de conversie van IP Telefonie naar het vaste net en visa versa kunnen maken, dit zijn de zogenoemde media gateways. Deze gateways zijn

nodig wanneer men van het IP-telefonie netwerk naar het vaste netwerk wil kunnen bellen. Gateways zijn in verschillende uitvoeringen leverbaar. Belangrijk bij de keuze van een dergelijke gateway zijn de ondersteunde protocollen en het type aansluitingen.

Naast de verschillende protocollen die IP Telefonie kent, spelen ook het type ISDN-aansluitingen mee. ISDN werkt met meerdere kanalen, een datakanaal (B) en een signaleringskanaal (D). Het datakanaal heeft altijd een bandbreedte van 64 Kbit/s en het signaleringskanaal 16 of 64 Kbit/s. ISDN is in Nederland en België leverbaar in twee smaken, te weten: ISDN-2 (ook wel BRI genoemd) en ISDN-30 (ook wel PRI genoemd). ISDN-1 is tegenwoordig niet meer leverbaar, deze standaard werd veel gebruikt voor dial-up internetverbindingen. Maar de komst van ADSL heeft er voor gezorgd dat deze techniek vandaag de dag niet meer gebruikt wordt. ISDN-2 wordt momenteel gebruikt voor inbelverbindingen op plaatsen waar ADSL niet leverbaar is.

De keuze voor een bepaalde ISDN-standaard hangt af van de behoefte aan ISDN-lijnen. De onderstaande tabel laat de verschillende ISDN-standaarden zien.

Type	Aantal D-kanalen	Bandbreedte D-kanaal	Aantal B-kanalen	Bandbreedte B-kanaal
ISDN-1	1	16 Kbit/s	1	64 Kbit/s
ISDN-2	1	16 Kbit/s	2	64 Kbit/s
ISDN-30	2	64 Kbit/s	30	64 Kbit/s

Vaak worden er ook de standaarden ISDN-10 en ISDN-20 aangeboden. Dit zijn technisch gezien echter gewoon ISDN-30 aansluitingen, maar er zijn dan slechts 10 of 20 B-kanalen geactiveerd op de ISDN-aansluiting. ISDN-kanalen zijn ook te bundelen, zo is het mogelijk om meerdere ISDN-30 aansluitingen te bundelen. Het is dan ook nog mogelijk om dezelfde nummers op beide aansluitingen te gebruiken.

In de technische specificatie van de gateway's wordt vaak gesproken over PRI- en BRI-interfaces, dit zijn technische benamingen voor respectievelijk ISDN-30 en ISDN-2. Het is ook mogelijk meerdere ISDN-lijnen te bundelen, zo is het aantal lijnen vrijwel onbeperkt.

## 7.7 Private Branch Exchange

De Private Branch Exchange speelt een centrale rol in een IP Telefonie netwerk, een Private Branch Exchange is vergelijkbaar met een traditionele telefooncentrale. Private Branch Exchange wordt vaak afgekort tot PBX. Een PBX is als het ware een geautomatiseerde schakelkast voor telefoongesprekken. Vroeger moest de telefoniste met de hand kabels in een kabelkast ompluggen om een gesprek tussen twee telefoons tot stand te brengen. Tegenwoordig doen telefooncentrales dit volledig geautomatiseerd.

Een PBX heeft drie belangrijke taken, te weten:

- Het opzetten van verbindingen (circuits) tussen telefoons van eindgebruikers
- Het instant houden van verbindingen zo lang het gesprek gaande is

- Het registreren van accounting informatie (gespreksduur, etc.)

Sinds begin jaren '90 is de functionaliteit van de PBX-en enorm toegenomen. Dit komt mede door ISDN, welke rond die tijd zijn intrede deed. Enkele van deze toegevoegde functies zijn:

- Doorverbinden
- Direct Inward Dialing
- Customised Abbreviated dialing (Snelkeuze)
- Voicemail
- Follow-me
- Doorschakelen bij afwezigheid/bezet
- Wachrijmuziek
- 'ToetsBijBezet'
- Nachtservice, 's avonds automatisch doorschakelen
- Wachrijen
- Oproepen overnemen
- Oproepen in de wacht zetten en elders overnemen
- Conference-calls
- Gedeelde voicemailboxen
- Verschaffen van verbruiksgegevens

Een PBX in een IP Telefonienetwerk is software die verzoeken van de telefoons kan afhandelen. Een PBX in een dergelijke omgeving wordt doorgaans IP PBX genoemd. De functionaliteit van het telefoonnetwerk wordt bepaald door deze software. IP PBX software is doorgaans modulair opgezet, waardoor het toevoegen van bijvoorbeeld voicemail met een aantal muisklikken gedaan kan worden. Er hoeft slechts een voicemail module aan de IP PBX-software te worden toegevoegd en het telefonie netwerk beschikt over voicemail (er moet natuurlijk nog wel het een en ander ingesteld worden qua rechten), maar een IP PBX is qua functionaliteit wel flexibel. Er kan naar behoefte meer functionaliteit worden toegevoegd, of worden weggehaald.

Deze IP PBX-software draait op traditionele pc-hardware en op gangbare besturingssystemen, zoals Windows en Linux. Het beheer (onderhoud e.d.) van de 'telefooncentrale' hoeft dus niet meer door gespecialiseerd personeel gedaan te worden, maar kan door een Windows of Linux Engineer gedaan worden. Een ander groot voordeel is dat deze software ook met reguliere back-upsoftware te back-uppen is. Door deze convergentie wordt het beheer van de 'telefooncentrale' een stuk efficiënter.

Het signaleringsprotocol dat gebruikt wordt door de IP PBX hangt af van de software, er is niet één standaard zoals SMTP dé standaard is bij het uitwisselen van emailberichten tussen email-servers. Momenteel zijn de onderstaande protocollen de meest gebruikte protocollen:

Protocol	Opmerkingen
Session Initiation Protocol (SIP)	SIP is ontwikkeld door het IETF en is momenteel de meest geïntegreerde standaard, en heeft daarbij, ondanks een latere start, H.323 ingehaald. SIP is geschikt voor voice, video, instant messaging, online games en virtual reality. SIP werkt op basis van TCP en UDP en is qua functionaliteit gebaseerd op het traditionele PSTN netwerk. Het protocol zelf is afgeleid van het HTTP-protocol.
H.323	Ontwikkeld door het ITU-T, was het eerste protocol dat volledig gereed was.
Megaco en MGCP	Ook wel bekend als H.248. Ontwikkeld door IETF en ITU-T. Protocol is speciaal ontwikkeld voor communicatie tussen IP en PSTN-netwerken
Skinny Client Control Protocol (SCCP)	Proprietary protocol van Cisco. Wordt gebruikt voor communicatie tussen Cisco IP-telefoons en Cisco's CallManager
MiNET	Oorspronkelijk ontworpen in jaren '80 door Mitel voor de eerste digitale telefoons. Tegenwoordig is het door Mitel geïmplementeerd in een TCP-protocol
CorNet-IP	CorNet-IP is een routing protocol ontwikkeld door Siemens en is gebaseerd op andere protocollen zoals H.323, MGCP, Megaco en RTP. CorNet-IP is geschikt voor communicatie tussen pakket- en circuit-geschakelde netwerken.
IAX	IAX is het Inter-Asterisk eXchange protocol en wordt gebruikt door de opensource PBX Asterisk. IAX is in Asterisk geïmplementeerd om de communicatie tussen Asterisk servers en clients te realiseren.
Skype	Skype is een proprietary protocol voor peer-to-peer VoIP gesprekken, ontwikkeld door de makers van KaZaA. Skype werkt met een protocol waarbij het netwerk een gedecentraliseerde structuur heeft, het verkeer verloopt niet via centrale servers maar via de nodes van het netwerk. Hierdoor kan Skype heel makkelijk schalen.
Jingle	Jingle is een framework gebaseerd op Jabber. Met Jingle is het mogelijk sessies te initiëren en tussen de sessies te onderhandelen (TINS). Jingle is momenteel door Jabber gekwalificeerd als experimenteel.

Het aantal mogelijkheden van een IP-gebaseerde PBX ten opzichte van de traditionele PBX is toegenomen. Koppelingen met data-applicaties zijn hier een goed voorbeeld van. Zo is het mogelijk om op de PC een telefoonnummer aan te klikken (bijvoorbeeld in een CRM-applicatie), de PC geeft vervolgens de telefoon van de gebruiker een seintje dat een bepaald telefoonnummer gebeld moet worden en de telefoon gaat bellen. Ook is het

fysiek verplaatsen van werkplekken een stuk eenvoudiger. Een gebruiker neemt zijn telefoon mee en logt op de nieuwe werkplek gewoon in, hij behoudt hierbij zijn nummer. Er zijn weinig beperkingen meer met een IP PBX, de beperkingen die er zijn zitten in de software. En in de software ontwikkeling is vandaag veel mogelijk, maar morgen waarschijnlijk nog veel meer. Zolang de ontwikkeling van dergelijke software dus wordt gecontinueerd zullen er nieuwe mogelijkheden blijven ontstaan.

Veel fabrikanten voorzien hun PBX-software van interfaces, gebaseerd op standaarden zoals XML, SOAP en andere veel voorkomende inter-proces communicatieprotocollen. Via deze interfaces is het mogelijk informatie tussen applicaties en de PBX uit te wisselen. Een voorbeeld hiervan is een adresboek dat door meerdere applicaties gedeeld wordt. Het bijhouden van verschillende adresboeken is namelijk niet wenselijk. Een LDAP-database wordt veel gebruikt om adresboeken in op te slaan. PBX-software is niet altijd in staat om zelfstandig deze LDAP-database uit te lezen, een SOAP interface kan hiervoor echter uitkomst bieden. Een SOAP-interface werkt op basis van berichtverkeer in XML-formaat en is platformonafhankelijk. Door het adresboek beschikbaar te maken via SOAP-interfaces is het mogelijk om de PBX te koppelen aan de LDAP-server ongeacht het type LDAP-server (mits het SOAP-interfaces ondersteund).

Andere voordelen zijn te vinden in de administratieve hoek. Het dagelijkse beheer van een IP PBX-centrale is aangepast aan de hedendaagse techniek. Het is dan ook niet verwonderlijk dat veel van de administratieve taken vaak via een webgebaseerde interface gedaan kunnen worden. Denk hierbij aan taken als toekennen van telefoonnummers van gebruikers, het beheer van zogenaamde call pickup-groepen en het instellen van de af te spelen muziek bij music-on-hold.

Een andere belangrijke taak van een PBX is het 'routeren' van telefoongesprekken. Deze 'routes' staan vastgelegd in het dialplan binnen de PBX. Hierin staan zaken als belgroepen, de afhandeling van inkomende en uitgaande gesprekken, doorschakelingen en welke nummers aan welke toestellen zijn gekoppeld opgeslagen

Via een webinterface kunnen vaak rapportages over het belgedrag worden gegenereerd. Van elk gesprek worden er gegevens opgeslagen in een zogenaamde CDR-database (Call Detail Record). Enkele van deze gegevens zijn: tijdstip van oproep, het nummer van de 'beller', de 'ontvanger', de duur van het gesprek, de status van het gesprek (opgenomen, ingesprek, doorgeschakeld, etc.). Uit deze gegevens zijn rapportages en statistieken te genereren voor het management.

## 7.8 IP telefoons

De ontwikkeling van IP-telefoons gaat momenteel erg snel. Van allerlei fabrikanten verschijnen er momenteel hardwarematige IP-toestellen. De meeste telefoons ondersteunen het SIP-protocol en de G.711 audio codec. Draadloze telefoons zijn er echter niet zoveel, de meeste telefoons zijn aangesloten op het UTP-netwerk en worden gevoed middels Power-over-Ethernet. De IP-telefoons verschillen in mogelijkheden. Zo zijn de duurere telefoons uitgerust met video-conferencing, grote LCD-display's met



informatie zoals adresboeken en andere informatie bronnen die via XML kunnen worden geraadpleegd. Terwijl de goedkopere telefoons slechts over een één-regelig display en 10 cijfertoetsen beschikken. Bij de keuze van de toestellen moet er gekeken worden naar de behoeften aan al deze mogelijkheden, de prijsverschillen tussen de goedkopere en duurdere telefoons zijn niet gering.

Er verschijnen echter ook steeds meer softphone's. Een softphone is een vervanging van een telefoontoestel in de vorm van software. Deze software wordt veel gebruikt door mensen die veel reizen en toch via IP-telefonie willen bellen. Door deze software te installeren op een laptop met een UMTS-kaart kan er op veel plaatsen via IP gebeld worden, dit kan een flinke kostenbesparing opleveren. De vraag is echter wel of UMTS geschikt is voor IP-telefonie.

## 8 Testopstelling

### 8.1 Inleiding

De theorie achter IP Telefonie is interessant, maar het leukste is uiteindelijk toch het uitproberen van hetgeen waarover je al vele pagina's informatie tot je hebt gekregen. Ik had thuis al eerder kennisgemaakt met Asterisk<sup>3</sup>, de VoIP diensten van XS4ALL en softwarematige telefoons. Tijdens het uitvoeren van dit onderzoek wilde ik ook eens een ander pakket bekijken en de IP Telefonie van Cisco nu wel eens in de praktijk zien werken. We hebben contact opgenomen met Cisco en gevraagd of wij wat apparatuur in bruikleen konden krijgen, om mee te gaan testen. Cisco wilde hier natuurlijk wel aan mee werken en twee weken later hadden we de demoapparatuur in huis. Cisco had de volgende spullen verzonden:

- 2 telefoontoestellen van het type Cisco Unified IP Phone 7961G
- 2 telefoontoestellen van het type Cisco Unified IP Phone 7912G
- 1 adapter voor analoge toestellen van het type Cisco ATA 186
- 1 voice enabled router van het type Cisco 2811 Integrated Series Router
- 1 voice (ISDN-2) module voor de router, het type module is VIC2-2BRI-NT
- 1 switch van het type Cisco Catalyst 3560G met Power-over-Ethernet
- 1 Cisco CallManager 4 software
- 1 Cisco CallManager 5 software

De software van Cisco stelt een aantal eisen aan het systeem waarop het geïnstalleerd kan worden. Zo werkt de software alleen maar op bepaalde HP en IBM-servers. ASP4all gebruikt hoofdzakelijk HP apparatuur en er was precies het type dat Cisco voorschreef aanwezig in het magazijn. Met deze server en de apparatuur van Cisco was het mogelijk een kleinschalige opstelling te maken, waarmee de functionaliteit van IP Telefonie getest kon worden.

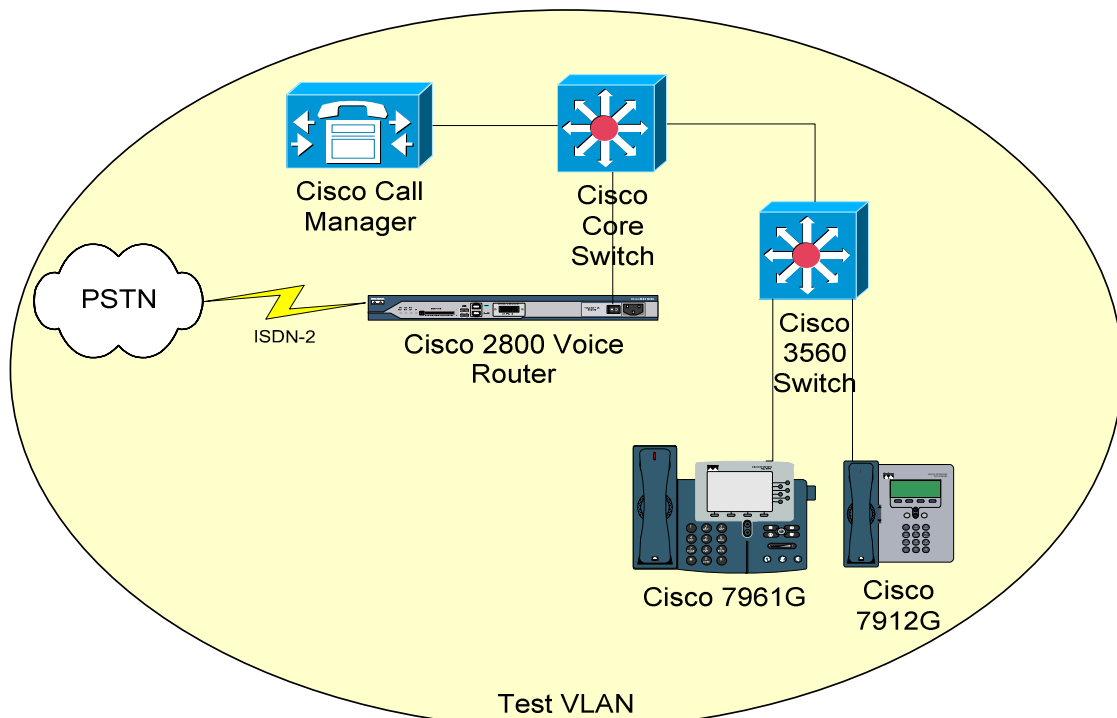
### 8.2 Netwerkontwerp

Om deze test uit te voeren heb ik een apart test-VLAN aangemaakt op het VTP-domein in de coreswitch. VLAN's zijn virtuele netwerken binnen één fysiek netwerk, het scheiden van netwerken met VLAN's gebeurt door middel van het beperken van het broadcast-domein. Dit wordt gebruikt om bijvoorbeeld afdelingen binnen een bedrijf te scheiden en op die manier de veiligheid ook intern te kunnen waarborgen. Maar VLAN's worden ook regelmatig ingezet om productie omgevingen zoals servers te scheiden van werkstations en het opzetten van een management LAN waarop het beheer van de infrastructuur wordt uitgevoerd. De VLAN's kunnen met elkaar communiceren via een centrale router of switch met routeringsmogelijkheden. Op deze router kan dan ook aan firewalling gedaan worden.

---

<sup>3</sup> Asterisk is een opensource PBX, zie <http://www.asterisk.org/>

Vervolgens heb ik de demo switch op een reeds aanwezige test switch aangesloten en het test VLAN, het management VLAN en het VLAN waar mijn werkstation op aangesloten zit doorgetrokken naar de demo switch. Via deze VLAN's kon ik dus zowel mijn werkstation blijven gebruiken, IP telefoons aansluiten en de infrastructuur (de demo router en de demo switch) beheeren. De testopstelling zag er schematisch als volgt uit:



Figuur 1: Schematische weergave testopstelling

In de bovenstaande afbeelding zijn een aantal switches weggelaten, er zitten tussen de coreswitch en de demoswitch namelijk een aantal andere switches. Deze switches beïnvloeden echter de functionaliteit niet en zijn geheel transparant. De coreswitch maakt deel uit van het bestaande netwerk.

Essentieel bij het implementeren van IP Telefonie is het inrichten van QoS op elk van de netwerkcomponenten waarover de voice pakketjes kunnen gaan. Ik heb dit niet kunnen realiseren, omdat de coreswitch productie draait en ik daar geen ingrijpende wijziging op heb willen uitvoeren. Wel heb ik QoS kunnen implementeren op de demo switch, dit werkte prima. Overigens heb ik geen last gehad van haperende gesprekken op de coreswitch. Dit is wellicht toeval, omdat deze switch op het moment van de tests niet volledig belast werd.

### 8.3 Toestellen

### 8.3.1 Cisco Unified IP Phone 7961G

De Cisco 7961G is een uitgebreide IP Telefoon met een groot grafisch display. Naast het display bevinden zich de "speed dial" knoppen waaraan acties kunnen worden verbonden. Deze telefoon beschikt bijvoorbeeld over de mogelijkheid om twee lijnen simultaan open te hebben, met de speed dials is eenvoudig te wisselen tussen kanalen.

Op het display is genoeg ruimte voor informatie. Deze informatie wordt door de telefoons opgehaald van een locatie die door de CallManager bepaald is. De informatie dient in XML-formaat te worden aangeboden en kan volledig door de beheerders worden ingericht. Veel gebruikte toepassingen zijn het aanbieden van nieuws, mededelingen of verkeersinformatie of zelfs een update met de laatste verkeerscontroles er in. Naast het vertonen van tekst kan er het display ook grafische informatie tonen, zoals het bedrijfslogo. Het is ook mogelijk om via deze telefoons het centrale telefoonboek te raadplegen of je eigen telefoonboek bij te houden.



Figuur 2: Cisco Unified IP Phone 7961G

Aan de zijkant van de telefoon kunnen nog twee modules aangekoppeld worden. Deze modules bestaan uit een extra scherm en 14 speed dial knoppen. Met deze modules is deze telefoon dus niet alleen geschikt op de standaard werkplek, maar kan ook prima ingezet worden bij de receptie of telefoniste. Zonder modules is het een geschikt toestel voor werkplekken waar regelmatig gebruik gemaakt wordt van de telefoon.



Figuur 3: Cisco 7961G met Expansion Module 7914

Deze telefoon beschikt verder nog over een ingebouwde Ethernet-switch. De UTP-kabel uit de switch wordt op de telefoon aangesloten en vervolgens gaat er van de telefoon een UTP-kabel naar de PC toe. Hierdoor is er maar één UTP-kabel per werkplek nodig en zijn zowel de telefoon als de PC voorzien van netwerk. Interessant hierbij is dat over de kabel van de switch naar de telefoon zowel het data (voor de PC) als het voice VLAN getransporteerd worden. Tijdens de test kwam ik op het idee om de kabel die van de telefoon naar de switch ging in mijn PC te stoppen en zo te kijken welk VLAN ik op mijn PC te zien kreeg. Tot mijn opluchting was dit alleen het data VLAN en niet het voice VLAN. Tijdens het activeren van de verbinding naar de switch zal de switch dus gaan onderhandelen met het apparaat aan de andere kant van de kabel of dit een telefoon of een PC is en alleen het voice VLAN doorsturen indien er geen telefoon op aangesloten is.

Tevens is er ondersteuning van Power-over-Ethernet voor deze telefoon en is er de mogelijkheid om er een headset op aan te sluiten. Ook kan deze telefoon zelf gemaakte ringtones aan, deze ringtones zullen vanaf de CallManager gepushed worden. De ringtones kunnen op veel manieren worden toegepast, zo is het mogelijk om bij interne oproepen een ander belsignaal te geven dan bij oproepen die via een externe lijn binnenkomen. Dit kan ook gedaan worden op basis van nummerherkenning.

De algemene configuratie van deze telefoons wordt door de CallManager op een centrale plek ingesteld, het is dus niet nodig om via de telefoon zelf te configureren. De telefoon ondersteund zowel SCCP als SIP. De keuze van het protocol hangt af van de firmware die er op de telefoon geïnstalleerd wordt. Het is dus niet mogelijk van protocol te wisselen terwijl de telefoon aan blijft staan of door meerdere lijnen te configureren, waarbij lijn 1 gebruik maakt van SIP en lijn 2 van SCCP.

### 8.3.2 Cisco Unified IP Phone 7912G

De 7912G is een minder uitgebreide telefoon dan de 7961G en verschilt vooral in uiterlijk en gebruiksgemak. Het display is slechts enkele regels hoog en heeft een

bepaalde mogelijkheid voor het weergeven van afbeeldingen. Qua functionaliteit verschillen de 7912G en de 7961G niet veel, ook de 7912G kan het adresboek benaderen, informatie ophalen in XML formaat en op een centrale plek geconfigureerd worden.

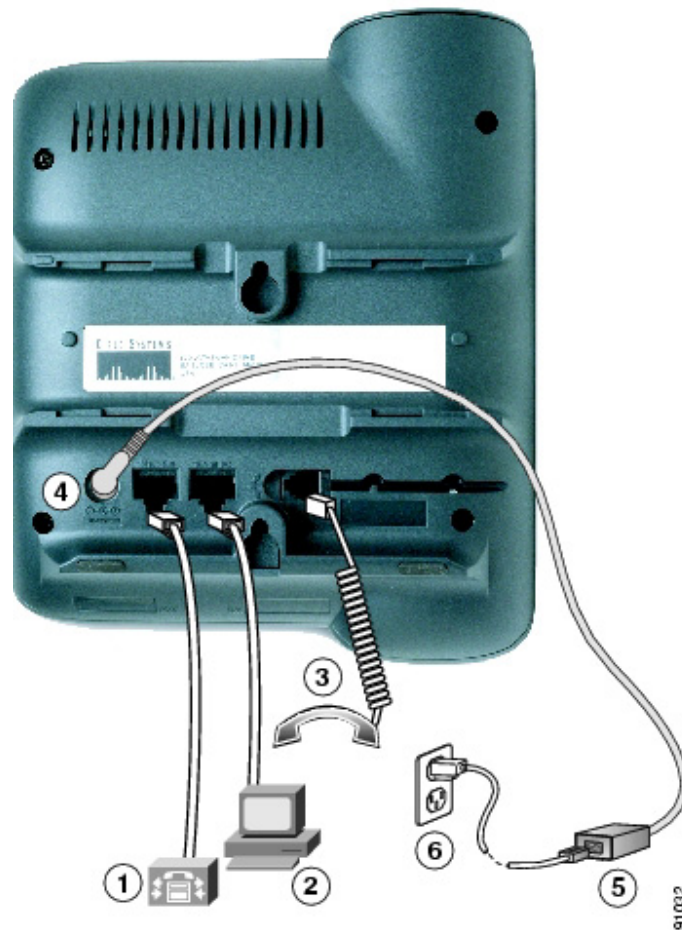
De 7912G ondersteunt echter maar één lijn in plaats van de twee lijnen op de 7961G en kan niet worden uitgebreid met extra modules. Deze telefoon is geschikt voor werkplekken waar weinig gebruik gemaakt wordt van telefoons.



*Figuur 4: Cisco Unified IP Phone 7912G*

Figuur 5 geeft de achterzijde van de 7912G weer, hierop zijn de aansluitingen en waar deze voor dienen aangegeven:

1. Deze kabel gaat van de switch naar de telefoon en draagt zowel het voice als data VLAN, bij gebruik van Power-over-Ethernet voorziet deze kabel de telefoon van voeding.
2. Deze kabel gaat van de telefoon direct naar de PC en draagt alleen het data VLAN.
3. Op deze poort kan een headset worden aangesloten
4. De aansluiting voor een externe voeding, wanneer Power-over-Ethernet niet beschikbaar is. Nummer 5 en 6 zijn respectievelijk de adapter en de aansluiting op het netstroom.



Figuur 5: Achterzijde van de Cisco 7912G

#### 8.4 Cisco 2811 Integrated Service Router

De Cisco 2811 is een volwaardige router die standaard is uitgerust met twee Ethernet poorten. Deze router kan routeren op "wire-speed", wat wil zeggen dat hij pakketten kan routeren op de snelheid van de beschikbare interfaces. De poorten op deze router zijn twee 10/100 Mbit poorten, deze router kan dus routeren op een snelheid van 100 Mbit per seconde. Met de ethernet poorten kan de router aan het bestaande IP netwerk worden aangesloten.



Figuur 6: Cisco 2811 Router

Tevens beschikt de router nog over vier uitbreidingsloten. In deze sloten kunnen 90 verschillende modules worden geplaatst, zoals extra ethernet poorten of in het geval van voice een ISDN-2 of ISDN-30 module. In elke voice module zitten maximaal twee fysieke poorten. Door in deze router vier ISDN-30 modules met twee poorten te plaatsen kunnen er dus maximaal 240 ISDN-kanalen tegelijkertijd gebruikt worden!

#### 8.4.1 Configuratie

Het configureren van de router was tamelijk eenvoudig. Naast de standaard configuratie voor een router, zoals het toekennen van een hostname en IP adres, instellen van de klok en dergelijke, hoefde er weinig geconfigureerd te worden. Er moest alleen aangegeven worden wat de MGCP, ISDN, CallManager en QoS instellingen waren:

```
! ccm-manager wordt via MGCP toegewezen
HZN1NWRT003(config)#ccm-manager mgcp

! Stel het domein in
HZN1NWRT003(config)#ip domain-name internal.asp4all.net

! Bij PRI interface is het switch-type basic-1tr6
! Bij BRI interface is het switch-type primary-net5
HZN1NWRT003(config)#isdn switch-type basic-1tr6

! Maak ISDN-interface beschikbaar via MGCP
HZN1NWRT003(config)#interface bri 0/0/0:0
HZN1NWRT003(config-if)#isdn bind-l3 ccm-manager service mgcp
HZN1NWRT003(config-if)#!

! Configureer een dial-peer met mgcpapp als applicatie
HZN1NWRT003(config)#dial-peer voice 1 pots
HZN1NWRT003(config-peer)#application mgcpapp
HZN1NWRT003(config-peer)#direct-inward-dial
HZN1NWRT003(config-peer)#port 0/0/0:0
HZN1NWRT003(config-peer)#forward-digits all
HZN1NWRT003(config-peer)#!
```



```
! activeer mgcp
HZN1NWRT003(config)#mgcp

! maak de call-agent bekend
HZN1NWRT003(config)#mgcp call-agent 192.168.28.10 service type mgcp
version 1.0

! configureer SRTP
HZN1NWRT003(config)#mgcp package-capability rtp-package

! configureer QoS
HZN1NWRT003(config)#interface Fa0/0
HZN1NWRT003(config-if)#auto qos voip
HZN1NWRT003(config-if)#!

! configureer DHCP
! de adressen 1 t/m 20 zijn gereserveerd
HZN1NWRT003(config)#ip dhcp excluded-address 192.168.28.1 192.168.28.20
! de dhcp pool gaat HZN1VOICE1 heten
HZN1NWRT003(config)#ip dhcp pool HZN1VOICE1
! dhcp op het subnet 192.168.28.0/24
HZN1NWRT003(config-dhcp)#network 192.168.28.0 255.255.255.0
! dmv dhcp option 150 wordt het ipadres van de CallManager aangegeven
HZN1NWRT003(config-dhcp)#option 150 ip 192.168.28.10
! default gateway voor dit subnet is 192.168.28.1
HZN1NWRT003(config-dhcp)#default-router 192.168.28.1
HZN1NWRT003(config-dhcp)#!
! activeer DHCP op de router
HZN1NWRT003(config)#service dhcp
```

## 8.5 Cisco Catalyst 3560 Switch

De Cisco Catalyst 3560 is een switch die als extra optie heeft dat hij Power-over-Ethernet ondersteund. Hiermee kan hij telefoons en andere devices voorzien van stroom over de UTP kabel. In de testopstelling is gebruik gemaakt van een 24 poorts FastEthernet switch met PoE-ondersteuning op alle 24 poorten.



Figuur 7: Cisco Catalyst 3560 Switch

### 8.5.1 Configuratie

De configuratie van de switch beperkt zich, naast een standaard installatie van een switch zonder PoE, tot het instellen van de juiste VLAN's. Het VLAN met VLAN ID 128 is het voice VLAN en het VLAN met VLAN ID 109 is het data VLAN waar het werkstation in stond.

```
HZN1NWSW007(config)#interface FastEthernet0/1
! toekennen van data vlan 101 aan deze poort
HZN1NWSW007(config-if)#switchport access vlan 101
! toekennen van data vlan 109 aan deze poort
HZN1NWSW007(config-if)#switchport voice vlan 109
! instellen speed en duplex settings
HZN1NWSW007(config-if)#speed 100
HZN1NWSW007(config-if)#duplex full
! activeren van QoS
HZN1NWSW007(config-if)#auto qos voip
HZN1NWSW007(config-if)#no shut
HZN1NWSW007(config-if)#!
```

## 8.6 Cisco Unified CallManager 5

De Cisco Unified CallManager software is de PBX-software van Cisco. Deze software zal zich dus als “telefooncentrale” gedragen. Voor de CallManager-software gelden een aantal systeemeisen. Zo is de hardware die ondersteund wordt beperkt tot een selectie van HP en IBM servers en is het verplicht om 72 Gigabyte (of grotere) schijven te plaatsen. Een RAID1-opstelling van 6x36gb schijven, waarvan er dus 108gb netto over blijft, is niet voldoende. De installatie kijkt echt naar de fysieke disken. Verder moet er minimaal 2 Gigabyte RAM geplaatst zijn. De CallManager 5 software is gebaseerd op RedHat Linux in tegenstelling tot versie 4, welke gebaseerd was op Windows 2000.

### 8.6.1 Configuratie

Tijdens de installatie zal de hostname en de netwerkinstellingen voor de te installeren server gevraagd worden. Direct na installatie is het product klaar voor gebruik. Het configureren van de CallManager 5 kan zowel via het web als via de console. De voorkeur gaat uit naar de webinterface. De volledige configuratie voor een PBX kan erg complex worden en dus via een op tekst gebaseerde console moeilijk worden weergegeven.

De volgende stap is het registreren van de CallManager aan het MGCP-domein, hiervoor zijn niet al te veel instellingen nodig. Het is wel belangrijk dat de domeinnaam exact overeenkomt met de domeinnaam wat er op de router geconfigureerd is. In ons geval zal dat `internal.asp4all.net` moeten worden. Vervolgens moet er een gateway aangemaakt worden, hierdoor kunnen er gesprekken naar buiten verzonden worden. Tijdens het aanmaken van een gateway zal er het “Gateway type” gekozen moeten worden, hier zal in deze testopstelling gekozen moeten worden voor Cisco 2811. Dit is weergegeven in figuur 8.

The screenshot shows the 'Add a New Gateway' page in the Cisco CallManager Administration interface. At the top, there is a navigation menu with 'System', 'Route Plan', 'Service', 'Feature', 'Device', 'User', 'Application', and 'Help'. Below the navigation is the Cisco logo and the text 'Cisco CallManager Administration For Cisco IP Telephony Solutions'. The main heading is 'Add a New Gateway'. Below this, it says 'Select the type of gateway you would like to create:'. There are two dropdown menus: 'Gateway type\*' with 'Cisco 2851' selected, and 'Device Protocol\*' with 'MGCP' selected. A note below the dropdowns states '\* indicates required item'. A 'Next' button is located at the bottom right of the form area.

Figuur 8: Toevoegen een gateway

Vervolgens moet de domeinnaam waar het gateway device actief in is worden ingevoerd, dat moet dus `internal.asp4all.net` worden. Vervolgens moeten de modules die geïnstalleerd zijn in de router worden aangegeven, dat is in de testopstelling `VIC2-2BRI-NT` met het ISDN Switch Type wat in de router is opgegeven.

The screenshot shows the 'Gateway Configuration' page. At the top right, there is a link 'Back to Find/List Gateways'. The page displays the following configuration details: 'Product: Cisco 2851', 'Protocol: MGCP', and 'MGCP: New'. The status is 'Ready'. There is an 'Insert' button. The 'Domain Name\*' is '2851-bri-gw.cisco.com', the 'Description' is '2851-bri-gw.cisco.com', and the 'Cisco CallManager Group\*' is 'Default'. Below this is a section for 'Installed Voice Interface Cards' with 'Endpoint Identifiers'. It lists three modules: 'Module in Slot 0' with 'NM-4VVIC-MBRD', 'Module in Slot 1' with 'NM-HD-2VE', and 'Module in Slot 2' with 'EVM-HD'. At the bottom is the 'Product Specific Configuration' section with a help icon. It includes: 'Global ISDN Switch Type' set to '4ESS', 'Switchback Timing\*' set to 'Graceful', 'Switchback uptime-delay (min)' set to '10', and 'Switchback schedule (hh:mm)' set to '12:00'.

Figuur 9: Invoeren beschrijving en selecteren voice poorten

Binnen de Cisco CallManager kunnen er diverse pools gedefinieerd worden, zo is

het mogelijk om afdelingen of, in het geval van een shared omgeving, hele bedrijven te scheiden in de CallManager. Wat wel van belang is, dat is de keuze voor het "Network Locale", indien deze niet juist is de kans groot dat er bijvoorbeeld een Britse kiestoon te horen is in plaats van de oude vertrouwde Nederlandse kiestoon. Voor de test laten we alles op Default staan.

The screenshot shows two panels of a configuration interface. The left panel, titled 'Gateway : New | Digital Access BRI', has a status of 'Ready' and an 'Insert' button. It contains two sections: 'Device Information' with fields for End-Point Name, Description, Device Pool (set to 'Default'), Device Destination, Network Locale, Media Resource Group List, Location, AAR Group, and Load Information; and 'Interface Information' with fields for BRI Protocol Type (set to 'BRI NET3') and Protocol Side (set to 'User'). The right panel, titled 'Product Specific Configuration', contains several checkboxes for 'Redirecting Number IE Delivery' and 'Setup non-ISDN Progress Indicator IE Enable', followed by a table of configuration options: Input Gain, Output Attenuation, Echo Cancellation Enable, Echo Cancel Coverage, Incoming Call Mode, Point To Point Setup, TEI Negotiation, TEI Preservation, TEI Mode, TEI Value, Line Power, and Layer 1 Protocol Side.

Figuur 10: Selecteren overige instellingen

Na elke wijziging in de gateway dient de gateway gereset te worden, hiermee zullen alle actieve gesprekken verloren raken.

The screenshot shows the 'Gateway Configuration' page for a Cisco 2851 gateway. It displays the product name, gateway name, device protocol, and registration status. A message indicates 'Status: Insert completed.' Below this are three buttons: 'Update', 'Delete', and 'Reset Gateway', with a mouse cursor pointing at the 'Reset Gateway' button. The 'Device Information' section is visible at the bottom, showing the same configuration details as in Figure 10.

Figuur 11: Resetten van de gateway

Na deze eenvoudige handelingen is het tijd om de telefoons te gaan registreren bij de CallManager, dit is mij met de hand niet gelukt. Ik heb hier ook niet al te veel tijd in willen

steken en heb "Auto Registration" aangezet. Daarmee kan elke telefoon zich zonder authenticatie registreren.

Tevens moet er een dialplan opgesteld worden, deze heb ik vrij simpel gehouden. Alle nummers die beginnen met een 0 en ook het nummer 112, moeten naar de buitenlijn, al de overige nummers zijn intern. Alle oproepen op de buitenlijn heb ik doorgezet naar het interne nummer 1234 (deze was door autoregistration toegekend aan een toestel).

Het opstellen van een dialplan voor een heel bedrijf is een specialistische bezigheid en vergt de nodige kennis over belpatronen, huntgroepen en andere telefonie termen. Als er hier namelijk niet vanaf het begin goed over is nagedacht zal het later een grote reorganisatieslag zijn om eventuele wijzigingen door te kunnen voeren. Grote wijzigingen in het dialplan kunnen de nodige downtime met zich meebrengen. Het opstellen van een dialplan is een puur functioneel en staat geheel los van de techniek. Dit kan in mijn ogen het beste worden uitbesteed aan een externe partij.

## 8.7 Conclusie

De meeste zaken, zoals de werking van VLAN's en het MGCP-protocol, werkten zoals verwacht. De configuratie hiervan was snel gebeurd. Dat was bij de configuratie van het dialplan, de dialpatterns en registratie van telefoons echter wel anders, het heeft een aantal dagen speurwerk gekost voordat het naar buiten bellen werkte. Het juist instellen van deze items vergt de nodige voorkennis.

In het algemeen was de configuratie redelijk transparant, het was duidelijk wat waar geconfigureerd moest worden, de architectuur die Cisco biedt voldoet in mijn ogen prima. Voor de implementatie van het dialplan en de dialpatterns is het echter raadzaam een externe partij in te schakelen.

## 9 Advies

Het doel van dit project was een advies geven over de haalbaarheid van IP Telefonie binnen ASP4all. Naast de techniek en bevindingen die uit de test voortgekomen zijn spelen er meer zaken mee. Zo zal elke manager van een dergelijk project willen weten: Wat zijn de kosten? Wat levert het op? Wat zijn de voor- en nadelen? Op deze vragen wordt antwoord gegeven in dit hoofdstuk.

### 9.1 Huidige situatie

Momenteel beschikt ASP4all op elk van beide locaties over een klassieke telefooncentrale, met meerdere ISDN-2 lijnen naar het publieke telefoonnetwerk. De situatie is voor beide locaties vrijwel hetzelfde, alle poorten op de telefooncentrales zijn in gebruik. Uitbreiding qua toestellen is dus op de huidige telefooncentrales niet mogelijk. Op Energieweg 2 worden toestellen zelfs met meerdere personen gedeeld. Op beide locaties is ook een datanetwerk aanwezig. Momenteel moeten er dus vier datanetwerken onderhouden worden.

Daarnaast zijn op beide locaties de toestellen ernstig verouderd, zo zijn er op sommige toestellen zelfs nog de merknaam PTT Telecom terug te vinden. Deze naam wordt al zeker sinds 1998 al niet meer gebruikt. Het beheer van de telefooncentrales wordt momenteel gedaan met de Pc's die destijds bijgeleverd waren. Deze Pc's zijn uitgerust met een door Siemens ontwikkeld besturingssysteem.

De twee locaties van ASP4all beschikken momenteel over hun eigen publieke nummers, iets dat voor klanten verwarrend werkt, maar ook voor de werknemers zelf niet handig is. Zo is het niet mogelijk de collega's op de andere locatie via direct nummer te bereiken. Interne gesprekken zijn gratis, maar gesprekken tussen beide locaties verlopen altijd over het publieke netwerk van KPN en daar moeten dus gewoon telefoontikken over betaald worden. Verder heeft het nog als nadeel dat een gesprek tussen beide locaties aan alle twee de kanten een ISDN-lijn bezet houdt. Op Energieweg 8 bevindt zich de receptie en de Support-afdeling, zij schakelen ook regelmatig mensen door naar het andere pand. Op Energieweg 8 zijn er dan twee lijnen in gebruik, één inkomende en één uitgaande lijn, en op Energieweg 2 één inkomende lijn. Aangezien het aantal lijnen beperkt is kan het voorkomen dat alle lijnen bezet zijn en er geen telefoongesprekken van en naar ASP4all kunnen plaatsvinden. Het aantal ISDN-lijnen is dus niet toereikend.

### 9.2 Gewenste situatie

De huidige telefooncentrales moeten vervangen worden, deze zijn namelijk verouderd en komen drastisch capaciteit te kort. Tevens is het zeer wenselijk dat beide locaties weer met elkaar verbonden worden, zodat interne nummers weer werken en er onder één uitgaand nummer naar buiten gebeld kan worden.

Op dit moment zijn er maar een aantal personen binnen ASP4all die weten hoe de telefooncentrales geconfigureerd kunnen worden, het configureren van dergelijke telefooncentrales vereist specifieke kennis. Op de afdeling Engineering, maar ook de afdeling Support, zitten werknemers met een behoorlijke affiniteit met techniek en weten raad met de meest complexe netwerkcomponenten. Een telefooncentrale die wat meer weg heeft van de hedendaagse techniek is geen verkeerde keuze, aangezien er dan meer mensen verstand van de telefonieomgeving krijgen.

Bij een investering in nieuwe apparatuur die langere tijd mee moet gaan, zoals een telefoon centrale, is het ook belangrijk om te kijken naar de toekomst van dat product. Het aanschaffen van een telefooncentrale die over twee jaar uit productie genomen kan worden is een dure, maar veel meer nog een riskante aangelegenheid.

Voor sommige personen zijn de enorme kabelbossen bij de bureaus een doorn in het oog. Deze zien er vaak slordig uit. Het beperken van het aantal kabels kan helpen dit te voorkomen. Eén van de vragen tijdens het opstarten van dit onderzoek was of de huidige UTP-bekabeling geschikt is voor Power-over-Ethernet, het vervangen van de bekabeling in een bestaand pand is namelijk iets dat niet binnen een uur gedaan is.

Momenteel zijn er ook faxen en een antwoordapparaat aanwezig op het telefonie netwerk van ASP4all, deze functionaliteit moet, al dan niet in dezelfde vorm, behouden blijven. Ditzelfde geldt voor de belgroepen, zaken zoals groepsschakelingen en het overnemen van gesprekken die eigenlijk bestemd zijn voor directe collega's van de afdeling.

En uiteraard spelen ook de financiën een rol, het belangrijkste hiervan is dat het investeren in een telefoon centrale achteraf niet tot vervelende verrassingen mag leiden. Tevens is het fijn dat kosten die regelmatig terugkomen, zoals het dagelijkse beheer, gereduceerd kunnen worden.

### 9.3 Infrastructuur

Het grote voordeel van IP Telefonie is de convergentie met het datanetwerk. IP Telefonie kan zonder problemen worden geïntegreerd in een professioneel datanetwerk. Het concept IP Telefonie stelt in als primaire eis dat een datanetwerk over voldoende bandbreedte en over de implementatie van Quality over Service moet beschikken.

De interne netwerkcomponenten innen de twee locaties hebben een onderlinge bandbreedte van minimaal 100 Mbit/s, wat in theorie genoeg is voor het afhandelen van 1200 gelijktijdige gesprekken.<sup>4</sup> De zwakste schakel is de verbinding tussen beide locaties, de bandbreedte van deze verbinding is theoretisch 54 Mbit/s, in de praktijk is dat 23 Mbit/s. Hier kunnen in theorie een krappe 300 gesprekken gelijktijdig over gesproken worden. Momenteel is de gemiddelde lijn belasting over de acht werkuren 3 Mbit/s. Er is dus 19 Mbit/s gemiddeld beschikbaar. Dit is genoeg voor het voeren van tenminste 200 gelijktijdige gesprekken.

---

<sup>4</sup> Uitgaande van de CODEC G.711 PCM, welke het meeste bandbreedte (64 kbit) verbruikt.

Tussen de locaties is dus al een verbinding op basis van IP beschikbaar, over dit zelfde netwerk kan IP Telefonie getransporteerd worden. Er is in deze situatie dus maar één telefooncentrale nodig en kunnen werknemers tussen beide locaties onderling elkaar weer op hun directe nummer benaderen. Dit scheelt ook weer in het verbruik van telefoontikken en het onnodig bezet houden van de externe ISDN-lijnen.

Bijlage A is een mogelijk ontwerp van het netwerk. In dit ontwerp is er uit gegaan van het plaatsen van een enkele PBX op de primaire locatie (Energieweg 8). Eventueel zou er op Energieweg 2 nog een router en een PBX geplaatst kunnen worden, zodat bij het wegvallen van de wireless verbinding die tussen beide locaties aanwezig is er door Energieweg 2 nog naar buiten gebeld kan worden. Dit brengt echter hoge kosten met zich mee, zo zullen er twee PBX-en en twee routers moeten worden aangeschaft en moet Energieweg 2 nog worden voorzien van ISDN-lijnen. Het geld dat hier aan uitgegeven moet worden kan dan waarschijnlijk beter worden uitgegeven aan een betrouwbaardere verbinding tussen de locaties, zoals een glasvezelkabel.

Het netwerkontwerp ziet er niet veel anders uit dan de huidige situatie op dit moment al is, als de PBX, router, accesspoints en telefoons worden weggedacht is het exact de huidige situatie. De huidige nodeswitches zullen echter plaats moeten maken voor switches met Power-over-Ethernet ondersteuning. Tevens zal er nagedacht moeten worden over de plaatsing van accesspoints op Energieweg 8.

Een van de wensen van ASP4all bij de implementatie van IP Telefonie is het toepassen van Power-over-Ethernet. Dit vereist echter het een en ander van de bekabeling, zo is er minimaal CAT5 voor nodig. Op Energieweg 8 is CAT5 aanwezig en op Energieweg 2 is er CAT5e, een opvolger van CAT5. Deze twee standaarden zijn geschikt voor Power-over-Ethernet, de bekabeling in beide panden voldoen dus aan de eisen voor Power-over-Ethernet.

Voor het beperken van het aantal kabels op het bureau is er bedacht dat er een kleine switch in telefoons geïmplementeerd kan worden. Op deze switch wordt een kabel vanaf de Power-over-Ethernet-switch aangesloten, welke de telefoon voorziet van voeding en zowel het data VLAN voor de PC als het voice VLAN voor de telefoon zelf. In plaats van een kabel naar de pc en een kabel naar de telefoon zal er dus maar één kabel van de muur naar het bureau getrokken hoeven te worden.

De architectuur die gebruikt wordt bij IP Telefonie is ook nog eens zeer schaalbaar, de professionele omgevingen zijn inzetbaar bij het gebruik van 500.000 of meer toestellen. Bij traditionele telefooncentrales zijn dit soort getallen, gebruikmakend van hetzelfde ontwerp als voor 100 toestellen, vrijwel onmogelijk. Een organisatie kan dus gerust groeien en het telefonienetwerk zonder al te veel kosten laten meeschalen.

Door het gebruik van zogenaamde ATA-boxen zijn analoge telefoons aan te sluiten op het IP Telefonie-netwerk. De ATA-boxen zorgen voor de conversie tussen het analoge signaal en het protocol dat op het IP Telefonie gebruikt wordt. Hierdoor zijn de huidige faxen prima inzetbaar op IP Telefonie. Tevens voorziet IP Telefonie ook in een softwarematige fax, wat vooral voor het ontvangen van faxen erg handig kan zijn.



IP Telefonie voorziet dus in de mogelijkheid om beide locaties te koppelen, waarbij directe nummers weer gebruikt kunnen worden, er weer één uitgaand nummer gebruikt wordt en de kosten voor het bellen en doorschakelen tussen locaties komen te vervallen en kan er met minder isdn lijnen worden volstaan.

## 9.4 Kennis

Binnen ASP4all zijn er op dit moment maar een zeer beperkt aantal personen die de telefooncentrale kunnen configureren. Ook bij het oplossen van problemen is ASP4all aangewezen op deze personen. Wanneer de basis van een telefonienetwerk sterke overeenkomsten heeft met een regulier datanetwerk zal dat een flinke verbetering qua ondersteuning vanuit ASP4all opleveren. IP Telefonie is natuurlijk voor ASP4all wel nieuw, maar de technieken die er gebruikt worden kennen we eigenlijk al uit het datanetwerk. De meeste werknemers van de afdeling Support en Engineering kunnen het OSI-model en TCP/IP wel dromen.

Anders is het echter met de implementatie van IP Telefonie. Tijdens de test bleek al vrij snel dat het ontwerpen en implementeren van een dialplan nog lang niet eenvoudig is. Het advies is dan ook om samen met een externe partij de initiële implementatie te doen. Dit levert een degelijke basis op, waar nog een flinke tijd op verder kan worden gebouwd en door de implementatie samen te doen wordt er automatisch kennis opgedaan.

De implementatie met IP Telefonie zorgt er uiteindelijk voor een bredere ondersteuning van de telefonie binnen de afdelingen Support en Engineering. Voor de initiële implementatie is het ten zeerste aan te raden een externe partij in te schakelen.

## 9.5 Toekomst

IP Telefonie zal in de toekomst een steeds grotere rol gaan innemen. Er is al duidelijk te zien dat leveranciers van netwerkapparatuur steeds meer op voice gebaseerde producten op de markt brengen. Spelers zoals Cisco zullen proberen om deze technieken tot hun core-business om te vormen. Dit geeft aan dat ook zij toekomst zien in IP Telefonie. Uit onderzoek van COLT Nederland is gebleken dat 19% van de ondervraagde Nederlandse bedrijven al over is gestapt op een IP Telefonie-oplossing. Meer dan de helft (56%) van de Europese bedrijven is al overgestapt of denkt vóór 2009 over te stappen op IP Telefonie. Waar IP Telefonie een aantal jaar geleden nog als hype werd gezien begint het er nu toch ernstig op te lijken dat IP Telefonie mainstream zal gaan worden.

Belangrijkste redenen om over te stappen zijn zowel de kostenbesparing bij aanschaf als kostenbesparing tijdens het beheer. De tweede en derde belangrijkste redenen zijn meer flexibiliteit voor werknemers en meer efficiëntie binnen het bedrijf.

Binnen ASP4all kan IP Telefonie een rol spelen in de toekomst. Zo zitten de huidige

panden relatief vol en zou het mogelijk kunnen zijn dat er op termijn een pand gaat komen waar werknemers van beide panden weer bij elkaar zitten. Zou er niet overgestapt worden op IP Telefonie dan zou je een traditionele telefooncentrale kunnen weggooien, terwijl deze nog niet eens is afgeschreven. Dit zou zonde van het geld zijn.

Aan de andere kant zie ik dat ASP4all in de toekomst nog steeds over meerdere panden verspreid kan zijn. Tussen de panden is in ieder geval een koppeling op IP basis nodig, in eerste instantie voor dataverkeer. Maar deze verbinding kan dus ook gebruik worden voor voice, hierdoor wordt er flink bespaard op telefoonkosten. Een gesprek over IP kost namelijk geen geld (buiten de vaste kosten die de verbinding met zich meebrengen).

IP Telefonie zou ook heel goed als dienst kunnen worden toegevoegd aan het ASP-model. Zeker gezien de toekomstige integratie met veel gebruikte softwarepakketten, zoals Microsoft Office. Microsoft heeft al kenbaar gemaakt zich meer te willen richten op IP Telefonie. Hiervoor is zeker een goede businesscase te maken, waardoor IP Telefonie wordt toegevoegd als dienst aan het ASP-model dat ASP4all levert.

De toekomst van IP Telefonie is veelbelovend, de grote fabrikanten van telefonie- en netwerkapparatuur en grote softwareontwikkelaars hebben hun zinnen gezet op IP Telefonie. Zij beloven mooie dingen voor de toekomst. Over traditionele telefooncentrales hoor je vrijwel niemand meer. Ik denk dat IP Telefonie op dit moment wel erg gehyped wordt, zoals de enorme aandacht voor VoIP oplossingen (de techniek achter VoIP is hetzelfde als IP Telefonie) voor consumenten. Dit bevestigt echter wel de toekomst voor IP Telefonie.

## 9.6 Leverancier

Indien de keuze voor IP Telefonie gemaakt is en ASP4all besluit te investeren in een IP Telefonie oplossing dan moet er natuurlijk wel een keuze gemaakt zijn voor de leverancier. Het huidige netwerk van ASP4all is volledig gebaseerd op apparatuur van Cisco. IP Telefoons hebben als functionaliteit dat ze ingezet kunnen worden als switch tussen het werkstation en de node-switch. Vanuit dat oogpunt worden de telefoons dus onderdeel van de infrastructuur. De keuze voor een andere leverancier is niet aan te raden, zeker niet omdat dat waarschijnlijk compatibiliteits kwesties met zich mee kan brengen.

Daarnaast is het hardwareplatform waar de Cisco CallManager op draait, wanneer deze als pakket wordt aangeschaft bij Cisco, gebaseerd op apparatuur van HP of IBM. Bij ASP4all bestaat het serverpark volledig uit HP machines. Het is ook mogelijk alleen de software bij Cisco aan te schaffen en zelf de HP server te leveren. Dit heeft als voordeel dat deze server dan, net zoals de andere servers behandeld kan worden en er geen contracten met Cisco zijn over de hardware van de PBX. Dit houdt de administratie voor de omgeving transparant. De software en netwerkcomponenten vallen onder contract bij Cisco en de server bij HP.

De jarenlange ervaring die ASP4all heeft met Cisco als leverancier van netwerkproducten en HP als leverancier van hardwareproducten onderstreept de keuze

voor Cisco als leverancier nogmaals.

## 9.7 Kosten en baten

De kosten voor het implementeren zijn eigenlijk in drie stukken op te delen. Namelijk de aanschaf, implementatie en de periodieke kosten. Deze drie kosten worden in nieuwe IT-projecten vaak onder de noemer "Total Cost of Ownership" vermeld. Het overzicht van de TCO berekening voor het implementeren is terug te vinden in bijlage B. De berekening is gebaseerd op 60 vaste toestellen, 2 uitgebreide vaste toestellen voor de receptie, 4 wireless toestellen voor de afdeling Support, 3 eenvoudige toestellen en 1 conferentietoestel voor in de vergaderruimte. Naast deze apparatuur voor op de werkplekken zijn de netwerkcomponenten zoals switches, router en accesspoints meegenomen. Ook zijn de software en bijbehorende licenties inbegrepen. Uitgegaan is van de CallManager Media Bundle (HP server + software). Vanwege het advies voor het inhuren van een externe partij om het implementatieproces te begeleiden is hier vier dagen inhuren en vier dagen voor een ASP4all engineer bij opgenomen. Dit geldt ook voor het 2 dagen inzetten van Support engineer om de telefoons en netwerkapparatuur uit te rollen. Voor het beheer is maandelijks 1 uur van een Engineer boven op de huidige kosten voor het beheer van het netwerk en 2 uur voor een Support Engineer voor mutaties van werkplekken opgeteld.

De totale initiële kosten komen hiermee op **€ 98.947,91** en de maandelijks terugkerende kosten voor beheer en abonnements gelden voor ISDN-30 op **€ 512,00**.

De investering in IP Telefonie is niet iets dat direct geld oplevert. Het bespaart echter wel geld. De ISDN-lijnen op Energieweg 2 komen door de implementatie van IP Telefonie te vervallen, hierdoor zullen de maandelijks abonnements kosten en telefoontikken voor gesprekken tussen Energieweg 2 en Energieweg 8 komen te vervallen. Ook het bundelen van alle losse ISDN2-lijnen tot één ISDN-30 lijn zal tot een maandelijks kostenbesparing leiden.

## 9.8 Conclusie

Investeren in IP Telefonie is zeker geen slechte keuze. De initiële kosten zijn op zich een stuk lager dan voor elke locatie een compleet nieuwe traditionele omgeving. Het aantal te beheren infrastructures neemt door de implementatie van IP Telefonie af met 50%. De kosten voor het beheer zijn dus lager, ook omdat de techniek achter IP Telefonie veel overeenkomsten heeft met een standaard datanetwerk. Daarnaast is een investering in telefonie vaak een investering voor de lange termijn. De ontwikkelingen in IP Telefonie gaan momenteel erg snel en verwacht wordt dat IP Telefonie binnen nu en enkele jaren de traditionele telefonie qua penetratiegraad zal inhalen.

Qua functionaliteit biedt IP Telefonie op dit moment al meer dan de traditionele telefonie, de functionaliteit van IP Telefonie zal de komende jaren echter nog veel meer toenemen. Denk hierbij aan integratie met de bekende Office-pakketten en convergentie van GSM en IP Telefonie.

Als de keuze voor IP Telefonie eenmaal gemaakt is zullen er aan het huidige netwerk een aantal wijzigingen moeten plaatsvinden. Zo zal er onder andere Quality of Services geïmplementeerd moeten worden in het huidige netwerk en zullen er een aantal node switches vervangen moeten worden door exemplaren die Power-over-Ethernet bieden. Erg ingrijpende wijzigingen zoals het vervangen van de gehele bekabeling is niet nodig, deze is al geschikt voor Power-over-Ethernet. Het koppelen van de twee locaties van ASP4all is het eenvoudigst en goedkoopst te realiseren met IP Telefonie. Traditionele telefonie kan dit ook wel, maar deze oplossingen kosten vaak veel meer. Met IP Telefonie kan er gewoon gebruik gemaakt worden van het huidige datanetwerk.

Het raadplegen van een externe partij bij het implementeren van IP Telefonie is echter wel raadzaam. Een gespecialiseerd bedrijf wat meer ervaring heeft met IP Telefonie kan bijdragen aan een goed ontworpen model, dit om latere conceptuele problemen te voorkomen. Dit geldt voor zowel de implementatie van het IP Telefonie-model als voor het implementeren van de accesspoints die de draadloze telefoons moeten voorzien van netwerkconnectiviteit.

Samengevat is IP Telefonie is absoluut geschikt voor ASP4all en is dit een verstandigere keuze dan opnieuw een traditioneel systeem te implementeren.

## 10 Reflectie

### 10.1 Competenties

Voor aanvang van het project zijn er een aantal competenties voor dit project opgesteld. In de volgende paragrafen analyseer ik of de competenties die toen zijn opgesteld ook zijn behaald. In dit hoofdstuk behandel ik de meest relevante van die competenties.

#### 10.1.1 Technische competenties

- *Het selecteren van verschillende componenten die samen een geheel moeten gaan vormen*

Het ontwerpen van een netwerk waarbij zowel data en voice samengaan is redelijk complex. Het concept in het algemeen is niet moeilijk om te begrijpen, maar het inzetten van de juiste apparatuur vereist enig onderzoek. Cisco heeft een enorm scala aan routers, waarbij elke router zijn eigen specialisatie heeft. Het selecteren van een router was niet voldoende, in deze router moest nog een voice-module geplaatst worden. Voor de Cisco 2811 Router die ik geselecteerd had waren er al 90 verschillende modules beschikbaar. Aan de competentie om verschillende componenten toe te passen in één geheel heb ik in mijn ogen voldaan.

- *Kennis m.b.t. de eigenschappen van datanetwerken (denk aan latency, QoS, e.d.)*

Naast het uitvoeren van deze opdracht heb ik een groot deel van het CCNA-certificeringstraject<sup>5</sup> kunnen afronden. Hierdoor heb ik een goede basis voor de zowel de theorie als de praktijk achter datanetwerken kunnen opbouwen. Het CCNA-traject beslaat slechts een klein gedeelte van de datanetwerken. Zaken gerelateerd aan IP Telefonie komen hier vrijwel niet in terug. Tijdens het uitvoeren van dit project heb ik kennisgemaakt met termen zoals Quality of Service, Power-over-Ethernet, latency en jitter.

- *Kennis m.b.t. de eigenschappen van de diverse protocollen (SCCP, SIP en RTP) en de CallManager-software*

Mijn kennis over CallManager-software was aan het begin van het project beperkt, ik had hiervoor slechts een kleine praktijkervaring opgedaan met Asterisk. Hierbij heb ik mij nooit in de techniek verdiept. Voor het uitvoeren van deze opdracht was dat zeker noodzakelijk.

- *Kennis m.b.t. de eigenschappen van de verschillende typen bekabeling*

---

<sup>5</sup> De CCNA-certificering van Cisco is een erkende standaard voor de basis netwerkkennis  
*IP Telefonie*

Dat elke kabel zijn specifieke eigenschappen had wist ik al. Maar welke bekabeling nou minimaal gebruikt moest worden voor Power-over-Ethernet dat wist ik tot voor dit project nog niet.

- *Kennis m.b.t. de techniek achter telefonie (bijv. de koppeling IP Telefonie naar ISDN-30)*

Telefonie was voor mij helemaal nieuw. Ik wist eigenlijk niet beter dan dat er alleen ISDN en analoge telefoonlijnen waren, van het bestaan van verschillende type ISDN-lijnen was ik mij niet bewust. Termen als ISDN-2, ISDN-30, FXO, FXS en B- en D-kanalen zijn voor mij nu geen onbekende begrippen meer

### 10.1.2 Niet-technische competenties

- *Kan reflecteren op het eigen gedrag om feedback te geven en te ontvangen*

Het eigen gedrag reflecteren vind ik erg belangrijk, het speelt zeker een grote rol bij het opbouwen van je carrière. Jezelf voor de gek houden met het idee dat je alles maar goed doet is niet verstandig. Het is beter om je eigen sterke en zwakke punten te kennen en hier in de toekomst rekening mee te houden.

- *Kan kennis verwerven en kan deze toepassen binnen het beroepsdomein*

Het zelfstandig verwerven van kennis en deze toepassen is voor een HBO-er cruciaal. Ik ben van mening dat ik met het uitvoeren van deze opdracht daar in geslaagd ben. Qua IP Telefonie was ik aan het begin van dit project vrijwel blanco en heb gedurende het project zelf kennis op weten te doen over IP Telefonie. Hierbij heb ik gebruik gemaakt van het internet, een workshop, de informatie die ik van Cisco heb ontvangen en de test met de demo apparatuur.

- *Houdt rekening met "Value Based Management", denk hierbij aan aspecten als Total Cost of Ownership en Return Of Investment*

De aspecten TCO en ROI komen terug in één van de hoofdstukken in dit verslag. Het maken van financiële berekeningen blijf ik echter nog steeds lastig vinden.

## 10.2 Algemene indruk

Het uitvoeren van dit project heb ik als leerzaam ervaren. Ik heb een hoop over IP Telefonie en alles wat daarbij komt kijken geleerd. Dit is erg interessant, vooral omdat er erg vaak geroepen wordt dat IP Telefonie dé toekomst is. Ik ben tevreden over het resultaat van dit project en hoop dat ASP4all iets met mijn advies zal doen.

## **11 Conclusie**

IP Telefonie is een zeer geschikt alternatief voor ASP4all, het is met deze techniek mogelijk de locaties aan elkaar te koppelen op basis van het huidige datanetwerk en te schalen tot duizenden toestellen. Tevens is verbetering van ondersteuning mogelijk doordat kennis van datanetwerken ook van toepassing is op IP Telefonie. De toekomst voor IP Telefonie ziet er ook nog eens bijzonder goed uit. Het staat nu nog in de kinderschoenen, maar over een paar jaar zullen de mogelijkheden enorm zijn toegenomen. Het gebruiksgemak en de functionaliteit van IP Telefonie zullen zeker toenemen.

De investering in een IP Telefonie-architectuur is een veel economischere investering dan opnieuw te investeren in een klassieke oplossing. Dit komt enerzijds door de toekomstige mogelijkheden die IP Telefonie nog gaat bieden en anderzijds de kosten voor een klassieke telefooncentrale op beide locaties. Naast dat ASP4all zelf IP Telefonie in gebruik kan nemen is het natuurlijk ook mogelijk dat IP Telefonie ooit als dienst aan de ASP-omgeving kan worden toegevoegd en dat zo een nog completer pakket voor kantoorautomatisering geleverd kan worden.

Persoonlijk hoop ik dat ASP4all spoedig zal investeren in IP Telefonie. Het personeel zal hier ook zeer gebaat bij zijn, veel telefoons zijn door slijtage iets minder fijn in gebruik geworden.

## 12 Literatuurlijst

Internet adressen:

**Unified Communications - Cisco Systems**

[http://www.cisco.com/en/US/netsol/ns151/networking\\_solutions\\_unified\\_communications\\_home.html](http://www.cisco.com/en/US/netsol/ns151/networking_solutions_unified_communications_home.html)

**voip-info.org**

<http://www.voip-info.org/>

**Advies IP Telefonie door Rob Prickaerts en René Jorissen**

<http://www.os3.nl/>

**Wikipedia, zoektermen ISDN, PBX en IP Telephony**

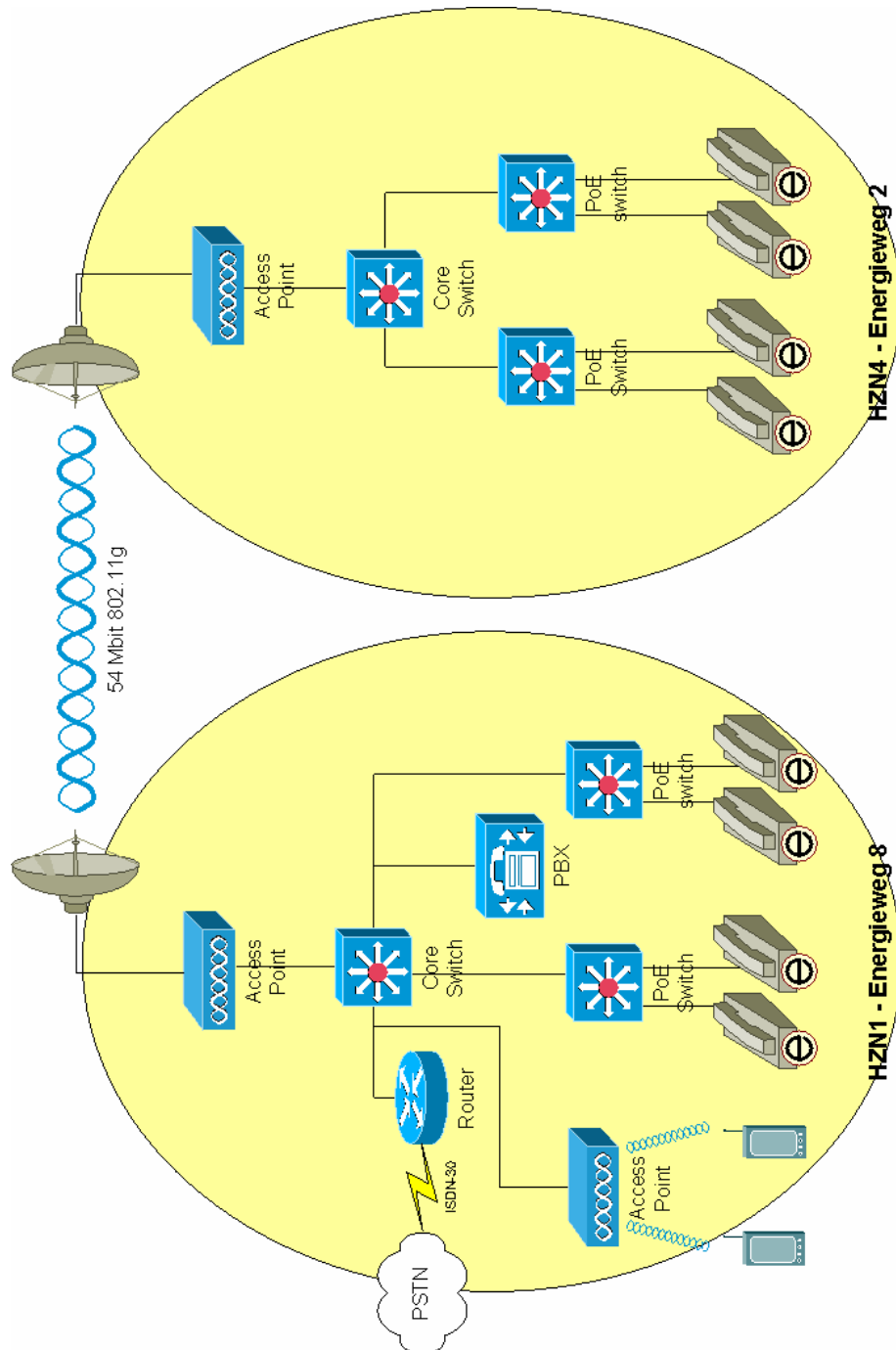
<http://www.wikipedia.org>



## 13 Verklarende woordenlijst

CAT5	Een type bekabeling, veelal gebruikt in Ethernet-netwerken met snelheden tot 100 Mbit/s
CAT5e	De opvolger van CAT5, deze is ook geschikt voor 1000 Mbit/s
CODEC	Een codec is een stuk soft- of hardware dat toelaat data te coderen/decoderen of te comprimeren/decomprimeren
Jitter	De variatie in de vertragingen tussen het zenden en ontvangen van berichten
Latency	De vertraging tussen het zenden en ontvangen van berichten
Multicast	Techniek waarbij een datapakket met meerdere bestemmingen maar één keer hoeft worden verzonden
PBX	Private branch exchange, ook wel telefooncentrale genoemd
PoE	De afkorting van Power-over-Ethernet, een techniek waarbij componenten via de netwerkkabel (CAT5 of beter) worden voorzien van stroom
Proprietary	Een gesloten protocol dat eigendom is van een firma
QoS	Quality of Service, kort samengevat tot toepassen van prioriteiten in stromen dataverkeer
SCCP	Signaleringsprotocol van Cisco
SIP	Een open signaleringsprotocol, ontworpen en beschreven door het IETF
VLAN	De afkorting van Virtual LAN, een techniek waarbij één fysiek netwerk opgedeeld wordt in meerdere virtuele netwerken.

## Bijlage A – Netwerkontwerp



## Bijlage B – TCO berekening

<b>Initiële aanschaf (eenmalig)</b>	Aantal	Listprijs	Netto in euro's (/1,15)	Totaal
IP-PBX (Cisco Media Convergence Servers Bundle)	1	\$14.995,00	€ 13.039,13	€ 13.039,13
Voice Router (Cisco 2811 + ISDN30 Bundle)	1	\$5.245,00	€ 4.560,87	€ 4.560,87
Switches (Cisco Catalyst 3560, 24p, PoE )	7		€ 3.655,00	€ 25.585,00
Toestellen telefoniste (CP7961G)	2	\$495,00	€ 430,43	€ 860,87
Licenties	2	\$200,00	€ 173,91	€ 347,83
Expansie modules	4	\$395,00	€ 343,48	€ 1.373,91
Toestellen standaard (CP7941G)	60	\$395,00	€ 343,48	€ 20.608,70
Licenties	60	\$200,00	€ 173,91	€ 10.434,78
Plantronic Headset H171N	6		€ 139,00	€ 834,00
Plantronic Headset Wireless CS60 Micro	8		€ 279,00	€ 2.232,00
Toestellen wireless (CP7920)	4	\$595,00	€ 517,39	€ 2.069,57
Licenties	4	\$150,00	€ 130,43	€ 521,74
Toestellen eenvoudig (CP7912G)	3	\$245,00	€ 213,04	€ 639,13
Licenties	3	\$130,00	€ 113,04	€ 339,13
Conferentie station (CP7936)	1	\$1.195,00	€ 1.039,13	€ 1.039,13
Licenties	1	\$150,00	€ 130,43	€ 130,43
Analoge converters (ATA188-I1- A)	3	\$285,00	€ 247,83	€ 743,48
Wireless Accesspoints (Cisco Aironet 1200)	3	\$899,00	€ 781,74	€ 2.345,22
				<b>€ 87.704,91</b>

<b>Initiële aansluitkosten ISDN-30</b>	Aantal	Listprijs	Netto	Totaal
Entreekosten ISDN-30	1	€ 1.499,00	€ 1.499,00	€ 1.499,00
				<b>€ 1.499,00</b>

<b>Initiële inrichting/uitrol (eenmalig)</b>	Aantal	Listprijs	Netto	Totaal
Dag Senior Engineer ASP4all (inrichting)	4	€ 1.080,00	€ 4.320,00	€ 4.320,00
Dag inhuur installatiebegeleiding Cisco	4	€ 1.000,00	€ 4.000,00	€ 4.000,00
Dag Support Engineer ASP4all (uitrollen)	2	€ 712,00	€ 1.424,00	€ 1.424,00
				<b>€ 9.744,00</b>

<b>Dagelijks beheer (per maand)</b>	Aantal	Listprijs	Netto	Totaal
Uitrollen/verplaatsen werkplekken (Support)	2	€ 89,00	€ 178,00	€ 178,00
Onderhoud IP Telefonie router (Engineer)	1	€ 135,00	€ 135,00	€ 135,00
				<b>€ 313,00</b>

<b>Maandelijkse abonnementskosten</b>	Aantal	Listprijs	Netto	Totaal
BelBasis standaard abonnement	1	€ 199,00	€ 199,00	€ 199,00
				<b>€ 199,00</b>

<b>Initiële aanschafkosten</b>	<b>€ 98.947,91</b>
<b>Maandelijkse kosten</b>	<b>€ 512,00</b>