

# IPv6.

# Internettets næste generation

Internettet vokser eksplosivt, og verden er så småt ved at løbe tør for IP-adresser. Løsning er allerede defineret, og den hedder IP version 6. Inden for den seneste tid har EU og en række nationale organisationer verden over iværksat initiativer, som har til formål at understøtte en hurtigere udbredelse af IPv6, især fordi man frygter de alvorlige negative konsekvenser af at løbe tør for IP-adresser.

Med IT og telekommunikation som en kendt katalysator for global udvikling, kan en udbredt mangel på IP-adresser bremse vækst og innovation, og påvirke udviklingen af både samfund og erhvervsliv på globalt plan. Derfor er indførelsen af IPv6 en alvorlig sag. Men hvad er fordele og ulemper ved den ny protokol, og hvordan skal den implementeres? I denne White Paper ser vi nærmere på IPv6 som grundlaget for den næste generation af Internettet inklusive:

- Et overblik over IPv6 og dens fordele
- Nye anvendelser i støbeskeen med IPv6
- Terminaler og udstyr til IPv6
- Brug af NAT og DHCP for at omgås problemet
- Overgangen fra IPv4 og IPv6

## Internettets vækst er kun lige begyndt

Det er ingen hemmelighed, at Internettet vokser eksplosivt. Ifølge en førende udstyrsleverandør<sup>1</sup> benytter mere end 1.5 milliard mennesker verden over i dag Internettet, hvilket svarer til en global penetration på lidt under 22%. Det globale marked indeholder derfor stadig et stort potentiale for vækst i antallet af computers og andre former for netværksenheder, som bruger Internetprotokollen (IP). Mange af IT-verdens mest visionære personligheder<sup>2</sup> mener tillige, at vi kun lige er begyndt at udnytte det kæmpepotentiale, som Internettet har skabt, og at vi stadig reelt befinder os i dets tidlige barndom.

For at imødekomme det stigende behov er det højst sandsynligt, at de eksisterende ca. 4,3 milliarder IP-adresser under version 4 af Internetprotokollen (IPv4) ikke er nok. Dele af verden med meget høje vækstrater for brugen af IT – som f.eks. Indien og Kina – kan risikere at løbe tør for adresser inden for kort tid, mens vi i Vesten nok har et par år mere at løbe på. Foruden væksten i antallet af computers og mobiltelefoner har Internettets mere visionære kræfter udtrykt ønske om, at også maskiner, sensorer og andre former for enheder skal og bør være en del af fremtidens Internet, hvis vi skal begynde at realisere dets fulde potentiale. Til deslige formål skal der bruges rigtig mange IP-adresser.

Heldigvis har den organisation, som rådgiver omkring Internettet – Internet Engineering Task Force (IETF), som er en slags Internettets bestyrelse – allerede en løsning klar. Det drejer sig om næste generation af Internetprotokollen, IP version 6 eller blot IPv6. IPv6 vil for evigt bortskaffe knapheden på IP-adresser, og bidrager desuden men en række andre fordele. Men er verden klar til IPv6? I denne white paper ser vi nærmere på nogle af de fordele og ulemper, som følger med IPv6.

## Om GlobalConnect:

GlobalConnect leverer professionelle netværksløsninger af høj kvalitet og kapacitet til virksomheder og organisationer over hele landet. GlobalConnect ejer og driver et eget netværk af optisk fiber, som dækker Danmark, de sydlige Sverige og Nordtyskland. Løsninger og tjenester omfatter dedikerede fiberforbindelser, Internet Access, Internet Transit, housing af udstyr, og meget mere. Læs mere på [www.globalconnect.dk](http://www.globalconnect.dk).

<sup>1</sup> Cisco Systems

<sup>2</sup> Vint Cerf, ophavsmanden til TCP/IP, som bl.a. har et omfattende netværk af sensorer og et inter-planetarisk Internet på tegnebrættet

# Mere end flere IP adresser

## FAKTA BOX:

### Hvornår løber verden tør for IP-adresser?

Verdens IP-adresser styres af IANA (Internet Assigned Numbers Authority), som fordeler blokke af IP-adresser imellem de fem verdensdeles Internet-registre (RIRs eller Regional Internet Registries). Tilsammen forvalter de regionale registre lidt mindre end 4.3 milliarder IP-adresser under IPv4, hvoraf kun ca. 10% stadig ikke er allokerede til brug. Det er svært præcist at fastsætte, hvornår verden løber tør, men mange kilder mener, at det vil ske i løbet af 2012. Enden på IPv4 adresser betyder dog ikke, at Internettet holder op med at vokse selv uden IPv6, da der på verdensplan gøres omfattende brug af f.eks. NAT (Network Address Translation), DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) og andre metoder.

## Hvad er IP version 6?

IP – også kendt som Internetprotokollen – er den protokol, som bruges af alle computers og andre netværksforbundne enheder (eller hosts) verden over til at kommunikere over et IP-baseret netværk, så som det globale Internet. I dag bruger næsten alle netværksforbundne enheder IP version 4, som blev indført i 1981. IPv4 har sammen med den overliggende protokol TCP – Transfer Control Protocol – reelt revolutioneret hvordan mennesker benytter og deles om information, og kan med rette siges at have lagt grunden for det globale Informationssamfund.

TCP/IP har tilsammen gjort det muligt for computers over hele verden at kommunikere på tværs af meget forskellige netværksteknologier, hvilket i grundtræk er den geniale hovedtanke bag Internettet. IPv4 er kendt for at være enkel og effektiv, men har også sine begrænsninger.

Teknisk set hører Internetprotokollen til på netværkslaget i protokolstakken, dvs. den består af et sæt regler, som bruges af netværksenheder til at sende en datapakke fra en kilde til et bestemmelsessted. Andre protokoller tager sig af anvendelser og ind- og udpakning af de data, som skal sendes. Uden Internetprotokollen ville Internettet ganske enkelt ikke fungere. Fra en netværksteknisk synsvinkel er det rimeligt at sige, at Internetprotokollen er lig med Internettet selv.

IP version 6 – eller IPv6 – blev defineret i 1998 af Internet Engineering Task Force (IETF) primært fordi antallet af IP-adresser under IPv4 er begrænset, men også for at introducere en række andre forbedringer. Til forskel fra IPv4 indeholder IPv6 et så stort antal adresser, at det er svært at gøre sig begreb om tallets størrelse. IPv6 benytter nemlig 128 bits til en IP-adresse. Det svarer til ca. 4.5 million milliarder adresser for hver stjerne i universet – og dem er der mange af. Med andre ord: Det er meget svært at forstille sig, at IPver6 nogen sinde

vil løbe tør for adresser. Det betyder, at der under IPv6 bliver næsten ubegrænset plads til udfoldelse og nye anvendelser.

Den nye Internetprotokol: Et overblik

Foruden det meget store antal unikke adresser har IPv6 en række andre fordele, som – når IPv6 bliver indført – vil være med til at ændre den måde, hvorved vi benytter et datanet baseret på IP. Kort sagt vil IPv6 medføre et nyt og langt mere effektivt Internet af mennesker og maskiner, som – tror mange – vil bugne af nye anvendelser.

*Her er nogle af de vigtigste nye funktioner i IPv6<sup>3</sup>:*

**Autokonfiguration:** En IPv6 server kan under IPv6 tildele IP-adresser til en host automatisk, til forskel fra netværk under IPv4, som skal benytte DHCP eller manuel konfiguration. Under IPv4 har det været nødvendigt at indføre flere protokoller & funktioner for følge med efterspørgselen på Internetforbindelser. Samtidig kræver DHCP under IPv4 sin egen server, hvilket kan undgås under IPv6.

**Direkte adressering** og derfor dataintegritet fra ende til anden. Det betyder at data i princippet kan passere uhindret og ændret fra host til host.

Et praktisk taget uendeligt antal IP-adresser lig med  $3.4 \times 10^{38}$  (128-bit adressering)

Nye former for mobilitet og større kompatibilitet imellem enheder

Bedre sikkerhed med indbygget IPsec (men læs mere under afsnittet om sikkerhed).

IPv6 vil – bl.a. som et følge af ovenstående – utvivlsomt være med til at befordre stor innovation inden for telekommunikation og IT. En anden følge er, at et datanetværks driftssikkerhed typisk vil blive højere med IPv6, fordi den nye protokol kræver færre netværksenheder til at udføre den samme funktionalitet. Derfor er sandsynligheden for driftsforstyrrelser under IPv6 mindre. Der er mange andre fordele, men også flere ulemper af IPv6.

# Et netværk med udfordringer og nye muligheder

## Terminaler og netværk til IPv6

Overgangen til IPv6 er for længst begyndt for mange leverandører. Især de store leverandører af netværksudstyr<sup>4</sup> har længe budt på løsninger, som understøtter begge protokoller, og som muliggør samtidig brug af IPv6 og IPv4 om nødvendigt. Signalværdien af at være "klar til IPv6" udgjorde for år tilbage et vigtigt led i markedsføringen, om end budskaber af denne type er mindre anvendt i dag, efter at overgangen til IPv6 har forløbet langsommere end forventet.

På brugersiden understøttes IPv6 af langt de fleste operativsystemer for personlige computers inklusive de seneste udgaver OSX (Apple), Linux, og Microsoft Windows. Det betyder, at mange hundrede millioner computers verden over er klar til IPv6. Mange – men ikke alle – routers og andet netværksudstyr til brug i hjemmet understøtter Dual Stack IPv4 og IPv6, men her er billedet generelt noget mere broget. Blandt verdens næsten 2.5 milliarder mobiltelefoner findes der procentvis forholdsvis få smartphones, som i dag understøtter IPv6. IPv6 bruges endnu ikke kommercielt til mobilt bredbånd.

På netværkssiden tilbyder de fleste udstyrsleverandører allerede løsninger, som understøtter IPv6. Det betyder, at en stor del af det nyere udstyr – inklusive switches, routers, Firewalls, osv. - som i dag er installeret hos teleudbydere eller private virksomheder, er i stand til at benytte IPv6 alene eller både IPv4 og IPv6 i en Dual Stack. Generelt kræver IPv6 større processorkraft og mere hukommelse end IPv4 især på grund af behandlingen af den længere adresse, og Dual Stack kræver selvsagt så endnu mere. Men hvis hardwaren er mindre end et par år gammel, kan man som regel regne med, at Dual Stack understøttes (selvom det muligvis vil kræve en opgradering af software).

Det er også muligt – men ikke optimalt - at benytte IPv4 til transport af IPv6 pakker. På den måde kan man benytte hele IPv4 Internettet som et transportlag for IPv6 om nødvendigt f.eks. i en periode, hvor ikke hele infrastrukturen er opgraderet til at understøtte IPv6. En ting er, at hardware og software siges at understøtte IPv6, en ganske anden at få systemerne til at spille

sammen i praksis. Selvom IPv6 medfører en forenkling netværksarkitekturen for IP-baserede net, er IPv6 kun indført i stor skala få steder i verden, og derfor er teknologien endnu ikke blevet gennemtestet på samme måde som IPv4 er blevet det i løbet af de sidste 25 år. Derfor er det rimeligt at forvente, at IPv6 vil kræve en indkøringsperiode.

## Nye anvendelser

Den nye Internetprotokol bringer med sig et væld af muligheder for nye anvendelser. Kort sagt vil IPv6 medføre, at alverdens IP-enheder – eller hosts – kan adresseres globalt, og derfor uhindret kan kommunikere efter behov over et IP-datanet. Internettet har gjort verden lille, og med IPv6 bliver den så endnu mindre. Med andre ord: Når tekniske mellemlid - så som NAT og DHCP - ikke længere er nødvendige i et IP-netværk, kan enheder tale direkte med hinanden over IP. Det muliggør f.eks. en meget enklere og mere effektiv implementering af VoIP og videotelefoni over IP, hvor de enkelte apparater kan ringe hinanden direkte op, IP-adresse til IP-adresse. I USA har Forrester Research (2001) anslået at besparelsen for virksomheder er op til 20% i telefoni-omkostninger alene. I Danmark kunne man forestille sig, at besparelsen ville blive endnu større. Udbredelsen af IPv6 kan derfor få alvorlige konsekvenser for traditionelle teleoperatører, som stadig tjener betydeligt på kredsløbskoblet fastnettelefoni. En komplet udbredelse af IPv6 vil næsten med sikkerhed betyde dødsstødet for gamle telefonitjenester.

Andre anvendelser, som ofte nævnes i forbindelse med IPv6, omfatter maskiner og sensorer af alverdens slags og på tværs af stort set alle industrier. Til eksempel kan nævnes de såkaldte Smart Grids, som har til formål at forbinde hjemmenes elmålere i et enormt netværk. I USA har en støttepakke på 15 milliarder kroner til formål at modernisere elnettet, og mange har foreslået IPv6 til adressering af landets 150 millioner målere. En anden oplagt anvendelse er at forsyne forbrugerprodukter, så som kameraer og GPS-vejvisere, med egne IP-adresser til trådløst vedligehold, download af fotos, nye kort, osv. Eller man kunne forestille sig intelligente

<sup>4</sup> Herunder Cisco Systems, Juniper Networks, Nokia Siemens Networks, Huawei, Ericsson, Alcatel-Lucent samt – ikke mindst – GlobalConnects leverandør Brocade (Foundry).

# Mobilitet

hvidevarer og klimaanlæg, som selv giver besked til ejeren når de har brug for et og andet, eller hvis de f.eks. forbruger for megen strøm. Netværk og intelligent applikationer med et stort antal sensorer er en oplagt anvendelse under IPv6, som gør brug af det meget store antal nye IP-adresser.

Reelt sætter kun fantasien grænser for hvordan det nye astronomiske antal IP-adresser kan bruges i systemer og tjenester af alle slags. I Japan bruger Japan Meteorological Agency IPv6 og indbygget multicast til at overvåge jordskælv med hundredevis af sensorer. Andre forventer, at IPv6 vil medføre et industrielt paradigmeskifte, når det gælder vedligehold af alle slags maskiner fra private køretøjer til flymotorer til alle former for fabriksudstyr: Millioner af sensorer kan indgå i et IPv6 datanet for at selv at udsende besked, når de trænger til vedligehold. Det er langt mere effektivt end i dag, hvor maskiner typisk vedligeholdes efter tidsintervaller, om de har brug for det eller ej.

## Mobilitet og IPv6

For mobilbranchen kan IPv6 vise sig at være ikke kun den rigtige løsning på kort sigt, men også en absolut nødvendighed. Hvis næste generation af mobil bredbånd kaldet LTE - Long Term Evolution - en gang i fremtiden skal nå ud til mulige 50 milliarder enheder<sup>5</sup> - herunder devices af alle tænkelige og utænkelige slags - kræver det selvsagt langt flere IP-adresser end under IPv4. Og så er IPv6 den eneste løsning.

Men også mobilbranchens længe ventede skift til en ny serviceinfrastruktur kaldet IMS - IP Mobility Subsystem - forudsætter, at IPv6 er på plads, om ikke andet så inden for mobiloperatørernes egne net. IMS er en forudsætning for egentlige VoIP opkald over mobilnettet med brug af SIP - Session Initiation Protocol - og en forenklet version af IMS forventes blive grundlaget for telefoni på fremtidens LTE-netværk.

Men der er andre aspekter af IPv6, som har med mobilitet at gøre. Mobil IPv6 (MIPv6) er en overliggende protokol til IPv6, som har til formål at gøre det generelt muligt for en host at være mobil, dvs. at flytte fra sted til sted, uden at tabe forbindelsen. I princippet gør mobil IPv6 det muligt for alle former for mobile, trådløse, og faste IP-netværk under IPv6 at arbejde sammen omkring mobilitet. Derved

kan en bruger af datanettet forblive opkoblet, selv når han eller hun flytter sig fra ét IP-netværk til et andet<sup>6</sup>. MIPv6 kræver dog mere end blot et almindelig IP-net, idet mobilitet skal styres fra særlige servers.

Om denne nye funktionalitet vil være til gavn eller skade for de eksisterende mobile netværksoperatørers forretning, er uvist. Men den vil klart forbedre de mindre (typisk de trådløse) udbyderes muligheder for at blive en del af de større landsdækkende netværk, som typisk domineres af de store teleoperatører. Men måske vigtigst af alt: Mobilitet indført af IPv6 betyder frihed i ordets bredeste forstand - dvs. at en bruger for første gang vil være helt uafhængig af tid og sted. Under et sådant scenarie reduceres valget af netværk til en ubetydelig detalje.

## Løser NAT og DHCP problemet?

Masser af virksomheder og organisationer verden over har løst problemet med knapheden på IP-adresser ved at indføre flere protokoller - og derved flere komplikationer. I praksis kan man med NAT - eller Network Address Translation - reelt skjule et stort internt IP-net med mange IP-enheder bag en enkelt eller ganske få IPv4 adresser. På den måde opnår man igen et meget stort antal af IP adresser til privat brug. Men løsningen har også sine begrænsninger.

Det primære problem med NAT er, at en hvilken som helst brug af NAT afviger fra den ideelle og ønskede data-transparens fra ende til anden - på engelsk end-to-end connectivity - dvs. den direkte IP-forbindelse imellem enheder. Brugen af NAT skaber også problemer for andre almindeligt brugte protokoller, så som FTP og IPsec. Også SIP - som er uhyre vigtig især for brugen mobiltelefoner til VoIP og andre IP-baserede tjenester - forstyrres af NAT. Derfor er brugen af NAT ikke ukompliceret. Dertil kommer, at en NAT server principielt gør en netværkstjeneste mere usikker. Hvis NAT-serveren fejler, har brugeren eller virksomheden ganske enkelt ikke længere Internet-adgang. En NAT server udgør derfor ofte en såkaldt single-point-of-failure, dvs. en enhed, som er så kritisk, at hele tjenesten bliver afbrudt hvis den fejler. Derfor kræver NAT omhyggelig planlægning inklusiv redundans for ikke at udgøre en forøget risiko for udfald.

<sup>5</sup> Thomas Noren, chef for LTE produktudvikling hos Ericsson citeret af Mobile Communications International, maj 2009.

<sup>6</sup> Mobil IP eksisterer allerede under IPv4 men er langt mere effektivt implementeret i IPv6

# Sikkerhed og service

Derfor er NAT nok ikke den ideelle langtidsholdbare løsning, om end NAT har gjort meget for at udskyde en ellers nødvendig overgang til IPv6. Mange forbrugerprodukter – så som trådløst udstyr til at forbinde computerenheder, skærme, harddiske, m.m. i hjemmet – indeholder både NAT og en Firewall, som gør det muligt at skabe en hjemmenetværk med mange enheder med blot én enkelt Internetforbindelse. NAT er et typisk eksempel på IPv4s meget store fleksibilitet, hvilket har været stort medvirkende til dens globale kæmpesucces, og dens lange holdbarhed.

DHCP - Dynamic Host Configuration Protocol - har også været medvirkende til at udsætte, at verden løber tør for adresser, især når protokollen bruges sammen med f.eks. NAT.

I begyndelsen bestod Internettet af en række unikke adresser, som alle repræsenterede en computer eller anden fysisk host. Efter et stykke tid blev det klart, at IP-adresser under IPv4 er en begrænset ressource. DHCP er en metode, hvorved IP-adresser kan allokeres til en host dynamisk og for en begrænset periode, hvorefter IP-adressen frigives igen. Det er praktisk, når f.eks. en ISP kun råder over et begrænset antal IP-adresser, og når ikke alle brugere er logget på samtidigt.

## Overgangen fra IPv4 til IPv6 og Dual Stack

Et uheldig teknisk kendsgerning er, at IPv6 ikke er direkte teknisk kompatibel med IPv4. Det betyder – desværre - at to maskiner med hver sin IP-version ikke automatisk vil være i stand til at kommunikere med hinanden. En række af ophavsmændene til IPv6 har allerede indrømmet, at det var en fejl ikke at gøre IPv6 direkte baglæns kompatibel med IPv4.

Mens overgangen fra IPv4 til IPv6 nok i sidste ende er uundgåelig, vil det vare mange år før Internettet er fuldt implementeret under IPv6. Derfor er spørgsmålet om, hvordan de to protokoller kan leve på Internettet side om side særdeles vigtigt. Her findes flere løsninger, hvoraf Dual Stack nok er den vigtigste.

Dual Stack betyder ganske enkelt, at netværk og enheder på et IP-net understøtter både IPv4 og IPv6. I takt med at IPv6 vinder større indpas, vil mængden af

enheder, som understøtter begge protokoller, gradvist reduceres til fordel for IPv6. Det forventes, at hastighed og forsinkelse (latency) på et Dual Stack netværk vil være på niveau med på IPv4 netværk i dag. Men det er klart mere ressourcetungt at administrere to parallelle netværkstyper, og derfor er en netværksarkitektur med Dual Stack ikke uden omkostninger.

En virksomhed kan også vælge at etablere en tunnel for IPv6 over IPv4, eller man kan benytte en protokol-oversætter til at behandle overgangen fra et netværk under IPv4 til et netværk under IPv6. Begge metoder anses af de fleste for at være mindre fordelagtige end Dual Stack, som understøttes af en lang række leverandører.

## Quality of Service

IPv6 har indbyggede parametre for servicekvalitet, eller Quality of Service. Under IPv4 sendes og modtages datapakker som regel efter bedste evne, dvs. der gøres i princippet ikke forskel på datapakkerne, og man kan risikere, at der bruges mange ressourcer på f.eks. at sætte datapakker sammen i den rigtige rækkefølge igen efter at de modtages. IPv6 har til forskel to parametre, som kan hjælpe med at prioritere datapakker (såkaldt flow label og priority header).

Under IPv6 findes otte kvalitetsklasser, som gør, at man kan definere vigtigheden (prioriteten) af en bestemt datapakke. Det gør det muligt for f.eks. datapakker, som hører til anvendelser med behov for behandling i realtid (så som VoIP eller videotelefon), at opnå prioritet over andre mindre tidskritiske pakker, så som email. Men spørgsmålet om kvalitet er komplekst. I manges øjne tilbyder IPv4 lignende funktionalitet med andre eller sågar lignende midler, og der mangler stadig standarder for, hvordan f.eks. feltet flow label reelt vil blive brugt i et IPv6 netværk. Derfor mener mange, at faciliteter for styring for servicekvalitet under IPv6 er et svagt argument for at indføre IPv6, selvom det nok er rimeligt at forvente, at det vil blive marginalt lettere at styre servicekvaliteten i et datanet, som bruger IPv6.

## Sikkerhed: Er IPv6 bedre?

Sikkerhed på Internettet er - som alle ved - et uhyre alvorligt problem, som siden Internettets begyndelse har givet mange IT-ledere søvnløse nætter. Er IPv6 løsningen

# Nødvendige investeringer

på Internettets sikkerhedsproblemer? De fleste eksperter synes enige om, at IPv6 i sig selv ikke løser problemet, men på nogle punkter nok vil gøre angreb sværere. For det første består IPv6 af et næsten uendelig antal adresser. Hvis f.eks. en virus eller orm er programmeret til at angribe en tilfældig IP-adresse, er det usandsynligt, at et sådant angreb vil medføre skader, da en tilfældig adresse ud af et næsten uendeligt antal sandsynligvis slet ikke bliver brugt. Det ville f.eks. også tage mange tusinde år for en hacker at scanne sig igennem adresserne på et IPv6 subnet, hvis adresse-område er 64 bits langt.

IPv6 byder også på standardiseret indføjelser af IPsec. IPsec er et sæt særlige protokoller, som sikrer, at datapakker kan overføres over et IP-baseret netværk med betydelig sikkerhed. IPsec indeholder bl.a. kryptering af data, og systemet kan også bestemme, om enkelte datapakker har været udsat for ændringer undervejs fra kilde til modtager. Det er muligt, at IPsec – hvis man altså ønsker at benytte sig af denne funktionalitet – vil blive lettere at implementere under IPv6, og at sikkerhedsniveauet derfor vil blive generelt forbedret. Men ikke alle former for sikkerhedssystemer og såkaldt policy management kan benyttes sammen med IPsec. Desuden findes og benyttes IPsec også under IPv4, så ikke alle mener, at IPv6 byder på betydelige forbedringer i den henseende.

Med IPv6 følger også en helt ny type sikkerhedsproblemer i form af såkaldt 'usynlig' IP-trafik. Flere kilder – bl.a. udstyrsleverandøren Juniper Networks – påstår, at IPv6 datapakker ofte undgår sikkerhedsforanstaltninger så som Firewalls, fordi Firewalls under IPv4 slet ikke er i stand til at detektere IPv6 trafik. Det gælder især når et datanet har tilkoblede servers, som benytter IPv6, f.eks. uden at nettets administratorer er klar over det. Det rapporteres, at hackere har angrebet en computer, som kører IPv6 med IPv6 datapakker, som har fløjet forbi virksomhedens Firewalls.

På den måde kan hackere oprette såkaldte botnets – dvs. et netværk af fjernstyrede computers – og potentielt udrette voldsom skade. Derfor er det uhyre vigtigt for organisationer og virksomheder, som ønsker at implementere IPv6, at planlægning og netværksdesign udføres omhyggeligt.

## En svær business case

Kan man gøre positiv forretning ved at skifte til IPv6? Måske, men det er en svær business case at forsvare alene ud fra et økonomisk perspektiv, især fordi det i dag er uklart hvilke nye anvendelser, som IPv6 måtte medføre. Derfor er det sandsynligt, at motivationen for at indføre IPv6 rettere er at finde i de mange nye IP-adresser, som IPv6 tilbyder.

Store udbydere af content og tjenester på Internettet – så som Google – understøtter allerede til dels IPv6. Google mener, at overgangen til IPv6 slet ikke er så kostbar og vanskelig at udføre, som mange har gjort den til, og at fordelene på sigt langt vil overgå ulemperne. Men Google har som bekendt også stor interesse i at udvikle den næste generation af Internettet.

I en rapport fra 2005 siger forskningsinstituttet RTI på vegne af det amerikanske National Institute of Standards & Technology at omkostningerne for den amerikanske IT-industri ved overgang til IPv6 ville beløbe sig omkring 25 milliarder US dollars, mens mulige indtægter (eller besparelser) beløber sig til blot 10 milliarder dollars. De fleste af omkostningerne skal ifølge modellen bæres af leverandører af netværksudstyr, og vil dukke op i form af arbejdstimer. Samtidig siger rapporten, at det er svært at gætte, hvordan IPv6 vil udvikle branchen, og at det derfor er svært at forudsige, hvilke nye indtægtskilder vil dukke op.

De 10 milliarder dollars på plussiden kommer i høj grad fra besparelser, især når virksomheder ikke længere er tvunget til at bruge NAT (30% besparelse) til den generelle brug af VoIP i stedet for anden telefoni (20% besparelse på telefoni). Også på sikkerhedsområdet forventes besparelser, men det vil kræve, at nye metoder til såkaldt end-to-end (E2E) sikkerhed indføres, siger rapporten.

Selvom 25 milliarder dollars lyder af mange penge, bør man huske, at det er en relativt beskedne omkostning, hvis man ser på de summer, som IT-branchen i almindelighed investerer i vedligehold og opgradering af netværk og udstyr. Set i det perspektiv er business casen for IPv6 måske ikke så slet endda – især hvis den sammenholdes med visioner om nye anvendelser i fremtidens Internet under IPv6.

# Demokrati og neutralitet

Neutralitet:

## Hvem får adgang til fremtidens Internet?

Spørgsmålet er principielt, og mangelen på Internetadresser er et vigtigt emne i debatten om netværksneutralitet og Internettets fremtid som helhed. Uden tilstrækkeligt med IP-adresser, åbenhed og neutralitet på Internettet vil det blive sværere og sværere for nye, innovative virksomheder at gøre sig gældende. Det er en trussel imod Internettets fortsatte position som katalysator for vækst og nytænkning.

I princippet er Internettet født neutralt – dvs. at datapakker sendes og modtages over nettet uden at blive prioriteret eller ændret af mennesker og maskiner fra kilde til modtager. Nettets neutralitet har bl.a. medført, at mindre virksomheder har ligeværdig adgang til nettets ressourcer i forhold til de store, og at alle har stort set lige gode muligheder for at skabe en ny forretning og tilstedeværelse på nettet. Men når ressourcer – så som båndbredde og IP-adresser – begynder at rinde ud, er det nærliggende at prioritere enkelte virksomheders adgang til Internettet.

IPv6 har i den henseende to store fordele: For det første, vil et meget stort antal IP-adresser fjerne enhver begrænsning på antallet af hosts, og alle virksomheder og organisationer – nye som gamle – vil kunne udnytte dette. For det andet vil datastrømmene på Internettet i større omfang kunne forløbe uhindrede, dvs. uden at støde på mellemliggende protokoller, så som NAT og DHCP. Derfor mener flere, at indførelsen af IPv6 er et afgørende trin hvis princippet om neutralitet og åbenhed skal videreføres.

## Er IPv6 en forudsætning for demokrati i verden?

Det enkelte menneskes adgang til information udgør en vigtig del af grundlaget for demokrati og menneskerettigheder verden over. Derfor kan mangelen på IP-adresser også være med til at begrænse udbredelsen af basale rettigheder, hvis det viser sig, at man i fremtiden kun kan opnå adgang til Internettet hvis man er særligt privilegeret. I værste fald kunne man forestille sig, at der vil opstå en regulær handel med IP-adresser, hvor det er pengepungen som bestemmer, om man får tildelt en IP-adresse eller ej.

Begge tilfælde er grove overtrædelser af grundtanken bag Internettet som neutral og tilgængelig for alle. Og i begge tilfælde er løsningen en hurtig overgang til IPv6. Men tildelingen af en fast IP-adresse til den enkelte borger har også en bagside: Det kan gøre det lettere for myndigheder at styre og overvåge, hvordan nettet benyttes af en enkeltpersoner. Derfor er introduktion af IPv6 ikke entydigt en fordel for den enkelte verdensborger, selvom den nye protokol som helhed nok vil skabe flere muligheder for deltagelse i samfund og erhvervsliv.

**GlobalConnect A/S**  
Hørskættens 3  
DK-2630 Taastrup  
Denmark  
Tel: +45 77 30 30 00  
Fax: +45 77 30 31 01

**GlobalConnect A/S**  
Hasselager Centervej 7, 1.  
DK-8260 Viby J  
Denmark  
Tel: +45 77 30 30 00  
Fax: +45 77 30 31 01

**GlobalConnect GmbH**  
Wendelstraße 377  
D-20537 Hamburg  
Germany  
Tel: +49 405 303 5970  
Fax: +49 405 303 5971