

IPv6

Az IP új generációja

Dr. Bakonyi Péter
c. Főiskolai tanár



Az IPv4 és IPv6 Internet szabványok jelenlegi helyzete

- Az IP 6-s verziója - IPv6 - 1995-ben került kifejlesztés-re az IETF által, és már több mint tíz éves múltra tekint vissza
- A létrehozásának oka a címtartomány kifogyásának a veszélye (128 bites címtartomány)
- A Classless Inter-domain Routing (CIDR) vagy a Network Address Translation (NAT) következtében ez már nem igazi veszély
- Az IPv6 ettől függetlenül jobb támogatást ad valós idejű alkalmazásokhoz, minőségbiztosításhoz és biztonságot javító lehetőségeket ad, mint autentikáció és privacy



Az IPv4 problémái közül néhány:

- Minden az Internethez csatlakozó gépnek egyedi azonosítója van, ez az IP cím. Az IP cím 32 bit hosszúságú bináris szám, amely 2^{32} -iken, azaz kb 4,3 milliárd gép azonosítását teszi lehetővé. Azonban ez az elméleti határ sem érhető el az IP címekben meglévő hierarchia miatt: hálózat, alhálózat (netmask) és host. Tehát a 32 bites címtartomány kevés a hostok azonosítására. E címtartomány közel 70%-a használatban van, cca. 1.3 milliárd cím még felhasználható. Gondoljunk arra, hogy Kína egymaga egy év alatt fel tudná használni a maradék címtartományt.
- Az IP címtartomány osztályokra bomlik: A, B, C. A C osztályú címtartományból a kis intézmények (legfeljebb 250 gép), az B osztályúból a közepes intézmények (64000 gép), az A osztályból a legnagyobb intézmények (16 millió) kapnak. Az A, B és C osztályú címtartomány megoszlása jelentősen eltér az intézmények részéről felmerülő igényektől: a B osztályú tartomány gyakorlatilag elfogyott, ezért az ilyen igényeket több C osztályú tartománnyal elégítik ki. Ez azonban a routing táblák indokolatlan megnövekedését okozza. Tehát az IP címtartomány osztályokra bontása vitatható.



Az IPv4 problémái közül néhány:

- Ha egy host átkerül az Internet másik pontjára, az IP címet - majdnem mindig - meg kell változtatni, vagyis a „barangolás” nem megoldott.
- Fragmentáció miatti teljesítményproblémák: Az Internet protokoll egy csomagkapcsolt, megbízhatatlan protokoll. Ha a csomagméret nagyobb, mint a haladási útvonalon a következő link MTU-ja (maximal transfer unit), akkor a csomagot fel kell bontani kisebb egységekre, ún. datagrammokra. Minden datagrammnak tartalmaznia kell a forrás és célhost címét, ami megnövelheti a szállítandó információ mennyiségét. Ugyanakkor ezek a datagrammok, amelyek a forrás-hosttól a cél-hostig kerülnek továbbításra, az út során elveszhetnek, többszöröződhetnek, a kibocsájtástól eltérő sorrendben érkezhettek meg. E hibákat a szállítási rétegben kell kiküszöbölni (a csomagokat helyes sorrendben összetenni), s ez a „rendrakási” folyamat erőforrás-igényes, a késleltetés nagy lehet, ami valós-idejű folyamatoknál megengedhetetlen



Az IPv4 problémái közül néhány:

- Az IPv4 ún. hop-by-hop routingot használ, vagyis a forrás és a cél között minden közbülső állomás dönt a saját útvonalválasztó táblája alapján, hogy merre küldje a csomagot. Emiatt az útvonalválasztási táblák folyamatosan nőnek, túl nagyok lehetnek
- Az IPv4 nem nyújt semmiféle támogatást a csomagok titkosítására.
- A fenti kérdések közül a legtöbbre született valamilyen megoldás, de ezek nem feltétlenül az IPv4 integráns részei. Például a címek lassúbb fogyását segíti a csak belső hálózatban használatos hostokra kiosztandó címek használata (privát IP tartomány, RFC1918; NAT, RFC1631; multicast címzések), vagy a routolásnál a CIDR (az osztályfüggetlen routolás, RFC 1518, 1519) alkalmazása, vagy a QoS protokollok (IntServ - RFC2210, 2211, 2212, DiffServ - RFC2474, 2475), továbbá a biztonsági kérdések megoldására az IPSec (RFC 2402, 2406).



IPv6 fő célkitűzései

- Hosztok milliárdjainak támogatása
- Útvonalválasztási táblák méretcsökkentése
- A protokoll egyszerűsítése, ezáltal a csomagok gyorsabb feldolgozása
- Az IPv4-nél jobb biztonság
- A barangolás lehetővé tétele
- A protokoll fejlődésének biztosítása
- Az IPv4 és IPv6 egymás mellett létezésének lehetővé tétele

Az IPv6 jól megfelel a kitűzött céloknak



$$\frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} |f(\omega)|^2 d\omega$$
$$\max_{y \in \mathbb{R}} |f(y)|$$

IPv6

IPng was designed to take an evolutionary step from IPv4. It was not a design goal to take a radical step away from IPv4. Functions which work in IPv4 were kept in IPng. Functions which didn't work were removed.

The changes from IPv4 to IPng fall primarily into the following categories:

- Expanded Routing and Addressing Capabilities IPng increases the IP address size from 32 bits to 128 bits, to support more levels of addressing hierarchy and a much greater number of addressable nodes, and simpler auto-configuration of addresses.



$$\frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} |f(\omega)|^2 d\omega$$
$$\max_{\omega \in \mathbb{R}} |f(\omega)|$$

IPv6

- **Quality-of-Service Capabilities** A new capability is added to enable the labeling of packets belonging to particular traffic "flows" for which the sender requests special handling, such as non-default quality of service or "real-time" service.
- **Authentication and Privacy Capabilities** IPng includes the definition of extensions which provide support for authentication, data integrity, and confidentiality. This is included as a basic element of IPng and will be included in all implementations.



$$\frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} |f(\omega)|^2 d\omega$$
$$\max_{\omega \in \mathbb{R}} |f(\omega)|$$

IPv6

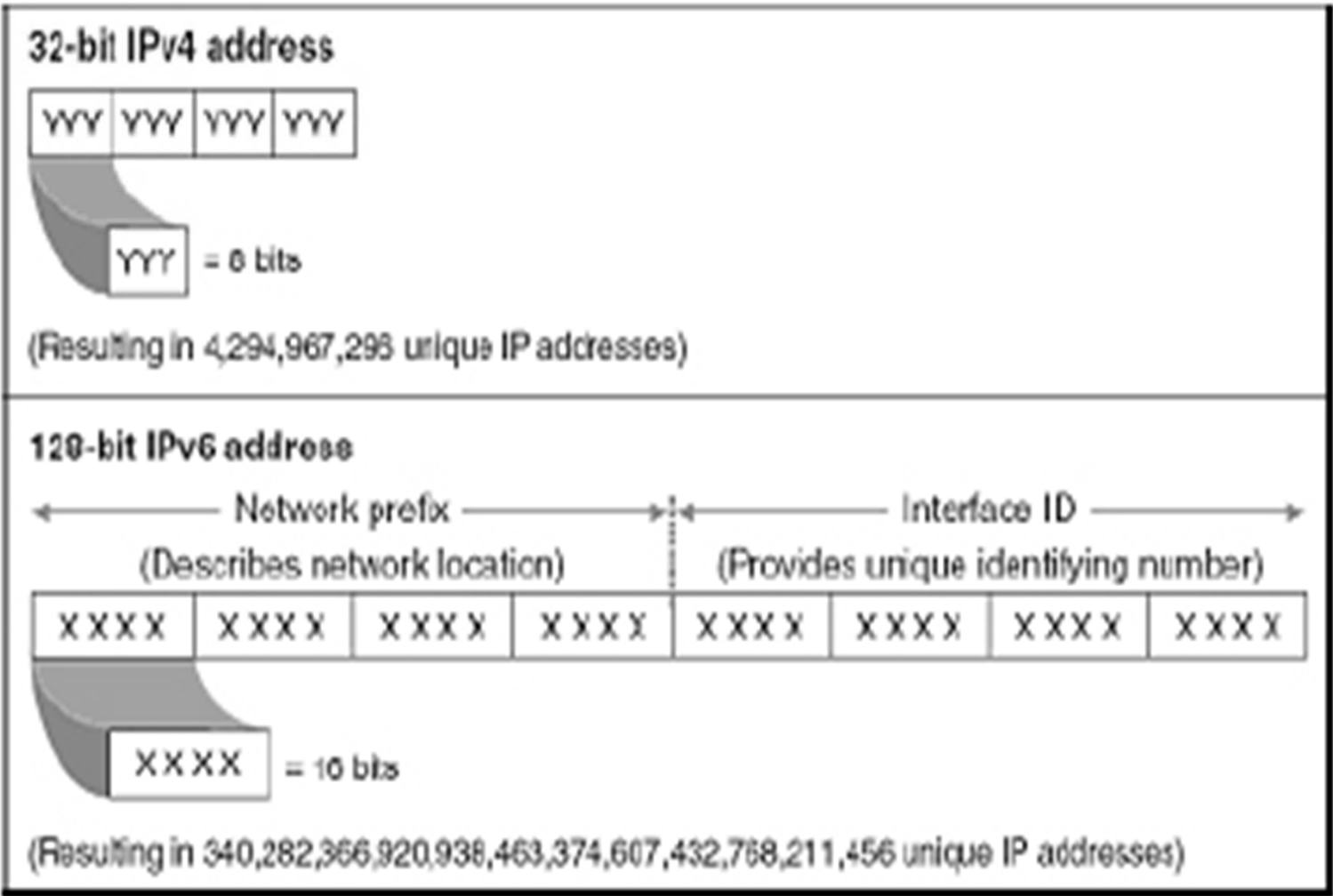
- IPv6 supports addresses which are four times the number of bits as IPv4 addresses (128 vs. 32). This is 4 Billion times 4 Billion times 4 Billion (2^{96}) times the size of the IPv4 address space (2^{32}). This works out to be:

340,282,366,920,938,463,463,374,607,431,768,211,456

- This is an extremely large address space. In a theoretical sense this is approximately 665,570,793,348,866,943,898,599 addresses per square meter of the surface of the planet Earth (assuming the earth surface is 511,263,971,197,990 square meters).



Figure 1. Simplified comparison of IPv4 and IPv6 address schemes





Az IPv6 (vagy IPng - IP next generation) jellemzői

- Kapcsolat nélküli datagramm szolgáltatás

Az IPv6 megtartja az IPv4 legsikeresebb tulajdonságát, vagyis a kapcsolat nélküli datagramm szolgáltatást, ugyanakkor számos új lehetőséggel bővült:

- Univerzális címzési koncepció:

A címtér 128 bites, ami kb $3,4 \times 10^{38}$ -on címet jelent, ez azt jelenti, hogy a Föld minden négyzetméter területére 7×10^{23} -on cím jut.

A címzési módok lehetnek: unicast, anycast, multicast. Ezek rendeltetése hasonlít az IPv4-nél megismert unicast, multicast technikákhoz. (A broadcast jellegű címzés itt nincs, ezt a funkcionalitást a multicast címzési móddal valósítják meg.)



Az IPv6 (vagy IPng - IP next generation) jellemzői

Rugalmasabb fejléc

Az IPv6 fejléc mindössze 8 mezőből áll, szemben az IPv4 14 mezőjével. Ez az útvonalválasztásnál gyorsabb feldolgozást tesz lehetővé. Ugyanakkor bevezették a kiegészítő fejlécek (next header) fogalmát is, amelyek a speciális igények megvalósítását teszik lehetővé:

- ugrásról ugrásra opciók fejlécsze (hop-by-hop options header),
- célra vonatkozó opciók fejlécsze (destination options header),
- irányítási opciók fejlécsze (routing header),
- darabolási opciók fejlécsze (fragment header),
- hitelesítési fejlécsze (authentication header - AH),
- beágyazási-biztonsági opciók fejlécsze (encapsulating security)

Minőségi szolgáltatás (Quality of Service)

A minőségi szolgáltatás azt jelenti, hogy a magas prioritású üzenetek előnyben részesíthetők alacsonyabb besorolású társaikkal szemben, vagyis torlódás esetén a magas prioritású üzenetek akár az alacsonyabb prioritású üzenetek feltartóztatása árán is garantált sebességet biztosítanak.



Az IPv6 (vagy IPng - IP next generation) jellemzői

- Az IPv4-ben alapesetként a csomagok a FCFS (a beérkezés sorrendjében történő kiszolgálás) szabálynak megfelelően kerülnek továbbításra. Már az IPv4 kiegészítőjeként is definiáltak QoS protokollváltozatokat (IntSer, DiffServ), az IPv6 tervezői kifejezetten támogatják ezt. Az IPv6 fejrészében két mező szolgál ennek megvalósítására:
 - forgalom osztálya (traffic class),
 - adatfolyam címke (flow label).
- A csomagokat *osztályokba* sorolják, a 0-7 osztályokba azok a csomagok kerülnek, amelyek túriks az átvitel sebességének csökkentését, a 8-15 osztályba pedig azokat sorolják, amelyek érzékenyek a késleltetésre (hang, mozgókép, stb.)
- Az *adatfolyamcímke* arra szolgál, hogy a forrás- és célállomás között egy bizonyos igényeknek megfelelő virtuális összeköttetést építsenek fel.



Az IPv6 (vagy IPng - IP next generation) jellemzői

Integrált mobilitás

- A mobil felhasználók a hagyományos beszédátvitel mellett más kommunikációs csatornát is igénybe kívánnak venni, ezt pedig célszerű IP alapon megvalósítani. Erre dolgozta ki az IETF a Mobil IP protokollt (Mobility support in IPv6, RFC3775), amely alkalmas mobil eszközök mozgásának IP rétegbeli kezelésére. Bizonyos esetekben egy alhálózat is változtathatja helyét, ennek kezelésével is foglalkozik az IETF Network Mobility csoportja.

Integrált biztonság

- Az IPv4-ben már bevezették az IPSec-et, amely a hálózati rétegben működött. Azonban egy sor probléma felmerült: átjárás a NAT-okon, az egész IP csomagot titkosítsák-e vagy csak a csomagban lévő információt, tördelési és teljesítményi kérdések. Emiatt nagy kiterjedésű IPv4 hálózatban alig használják.
- Az IPv6-ban az IPSec annak szerves része, minden implementációjában tartalmaznia kell. A kiegészítő fejlécek közül a hitelesítési fejléc és a beágyazási-biztonsági opciók fejrésze az, ami a biztonsági kérdések megoldására szolgál. Ezek közül csak az utóbbit (ESP) kell kötelezően megvalósítani, az előző opcionális, ugyanis az ESP-vel megvalósítható az adatok integritásának ellenőrzése, mely a legtöbb esetben kielégítő.



Az Internet jövője-technológia - Az IPv4 és IPv6 Internet szabványok összehasonlítás

Tulajdonságok	jellemzőik	IPv6	IPv4
Kapcsolat nélküli datagram szolgáltatás	egyszerű, megbízható	igen	Igen
Univerzális címzési koncepció	strukturált, különböző típusokra és célokra alkalmazható	fejlett	Szegényes
Rugalmasabb fejléc	bővíthetőség, teljesítmény növelése	igen	Nem
Minőségi szolgáltatás (QoS)	prioritások meghatározása, folyamatcímke	fejlett	Szegényes
Integrált mobilitás	barangolás támogatása	igen	Nem
Integrált biztonság	azonosítás, kódolás	igen	Nem
Hálózatmenedzsment	automatikus konfiguráció	igen	Nem

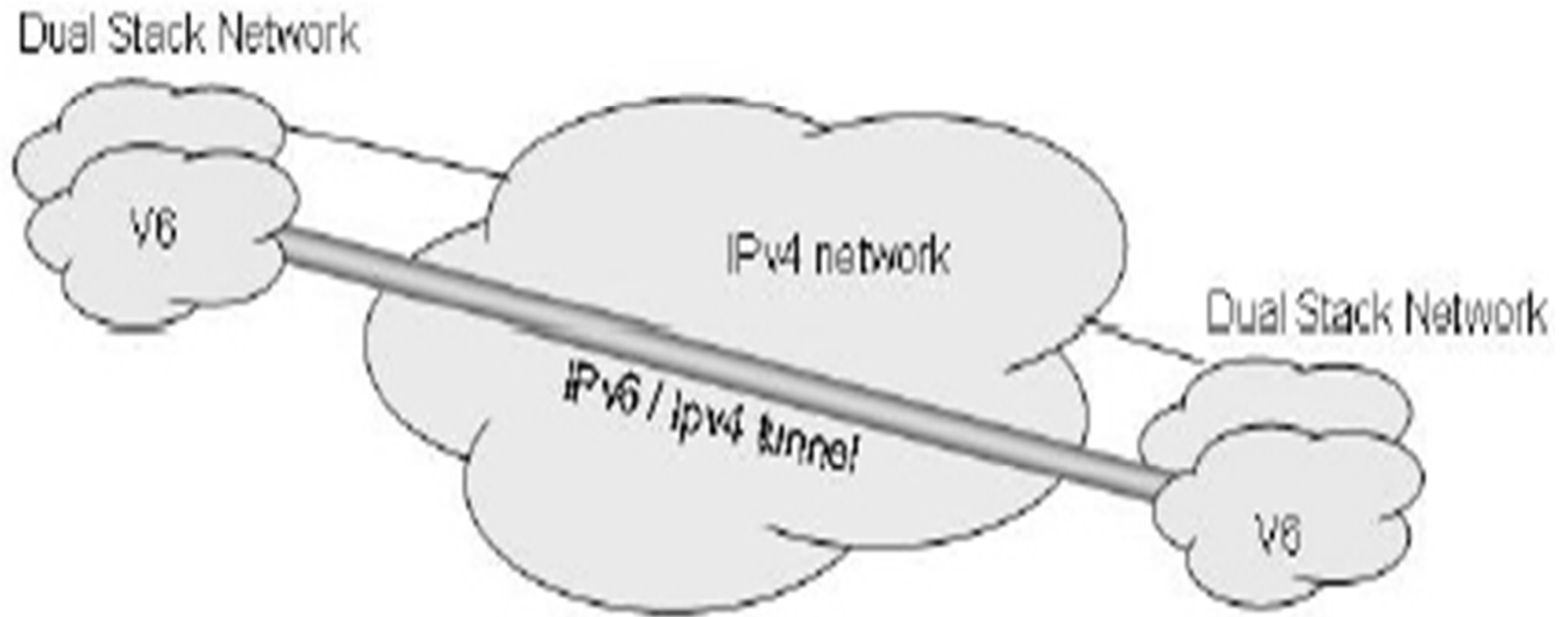


Az IPv4-ről az IPv6-ra történő átállás kérdésköre

- Az IPv6 bevezetése nem jelenti az IPv4 megszűnését. A két protokoll még jelentős ideig együtt fog élni.
- Ezen átmeneti időszakban az interoperabilitás az alkalmazói szinten kulcskérdés. Hosszabb távon már az IPv6 fog dominálni.
- Az IPv4 cím tartományok kifogyása 2010-2011-re várható
- A legelterjedtebb átállási mód az ún. ” dual stack “ megközelítés. Ez azt jelenti, hogy a hálózati réteg mindkét protokoll formát támogatja.
- Bármely eszköz (router, számítógép, mobil eszköz), amely a hálózatra kapcsolódik használhatja mindkét protokollt. Ez azért fontos mert jelenleg az IPv4 a domináns és az átállást ez a megoldás megkönnyíti.
- Számos más megoldási mód is létezik ezeket most nem ismertetjük



Figure 6. Dual-stack example



Source: Huston, G., "Transition to IPv6", August 2007⁴⁷

Table 2. Factors that Impact the Time of Adoption of IPv6

IPv6 Characteristics	Impact on Time of Adoption
IPv6 is an infrastructure technology	The existence of Killer Application or integrated services will induce adoption
IPv6 lacks strong sponsorship	Regions that enjoy strong sponsorship are more likely to adopt
Information exists regarding IPv6, but it has been comparatively low and not necessarily up-to-date.	The existence of test beds and the dissemination of information through education and consortia is important to the adoption of IPv6
IPv6 has an expanded address space	Organisations running out of addresses are most likely to adopt IPv6
The impact of organisational age	Organisational age is a factor because older organisations are more likely to have enough IPv4 addresses, reducing their need for adoption. Further, a well-developed IPv4 infrastructure raises their cost to upgrade.

Source: Global Diffusion of the Internet-V : The Changing Dynamic of the Internet: Early and Late Adopters of the IPv6 Standard by A. Hovav and D. Schuff⁴⁵



Az IPv6 bevezetési költségei

Table 3. Distribution of IPv6-related Transition Costs to Users

Distribution of Total Transition Costs	
Category	Internal Network Costs
Network management software (upgrade)	18%
Network testing	17.6%
Installation effort	24%
Maintaining network performance	16%
Training (sales, marketing, and technical staff)	24.4%

The percentages in this table sum to 100 percent, comprising the distribution of all costs for users to move to IPv6.

Source: RTI International, 2005



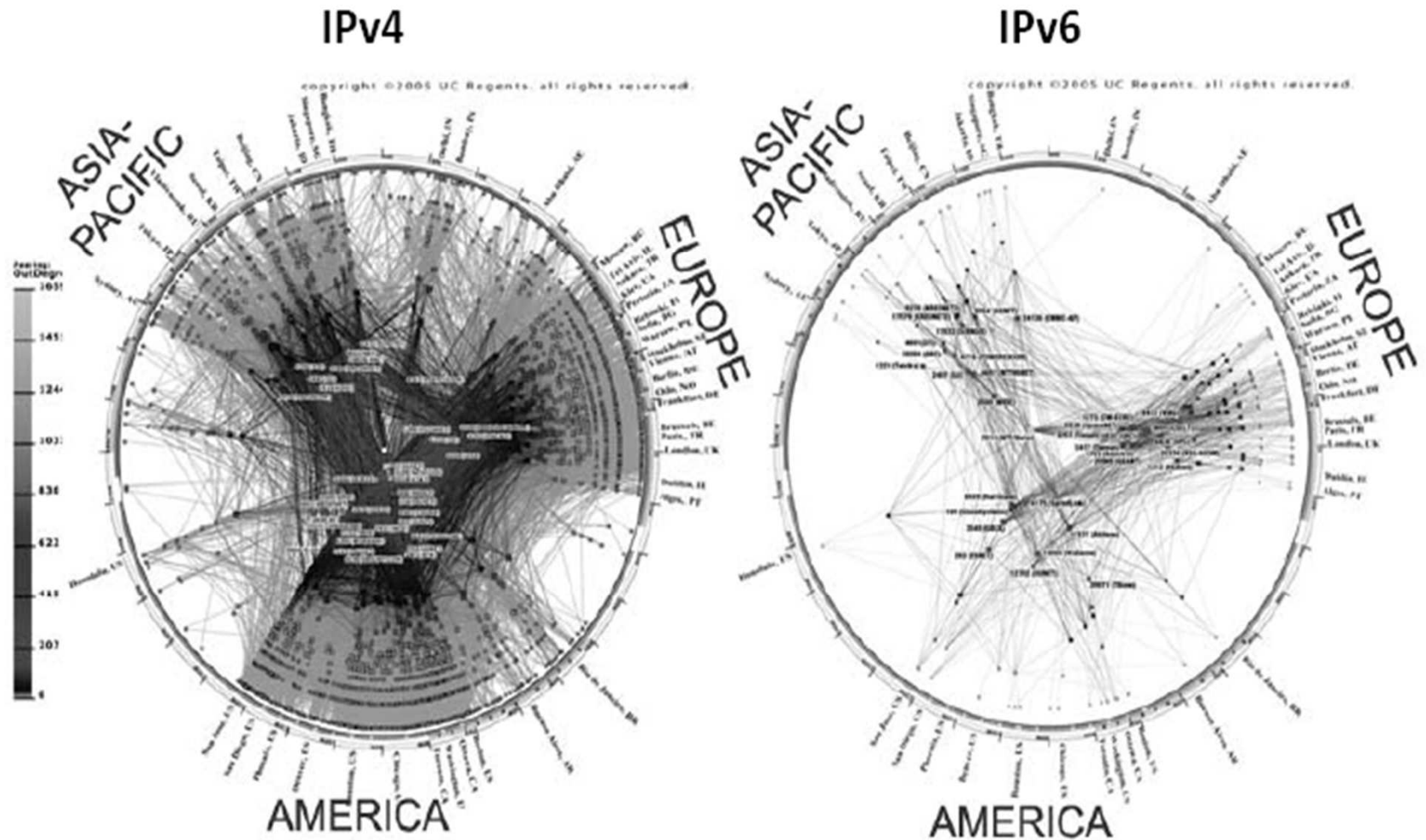
Az IPv6 bevezetési költségei

Az Egyesült Államokban az IPv6 bevezetésének költségei, valamennyi szereplőt figyelembe véve:

- 25 milliárd USD 1997-2025-ös időszakra.
- A legmagasabb költségű év 2007-ben volt mintegy 8 milliárd USD-al
- A felhasználók fizetik a bevezetési költségek-92%-át, míg az ISP-k 0.8%-ot a beerendezés gyártók 8%-ot.



Figure 10. IPv4/IPv6 Internet topology maps – AS-level Internet graph



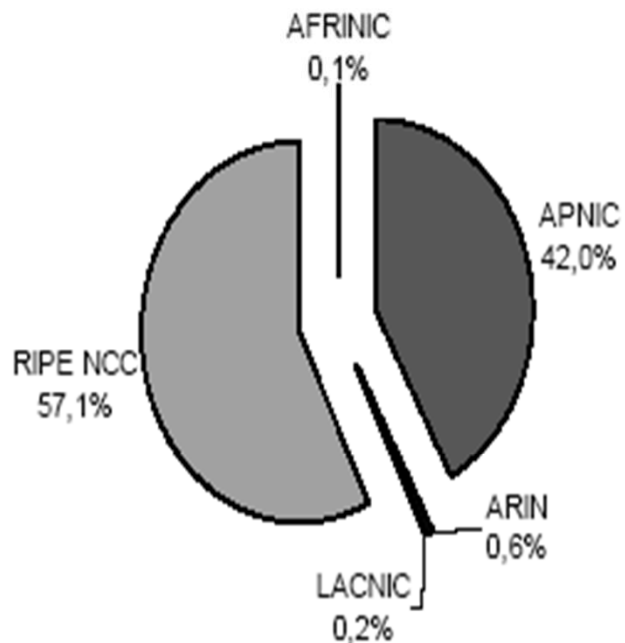
Source: CAIDA, observed March 4th, 2005



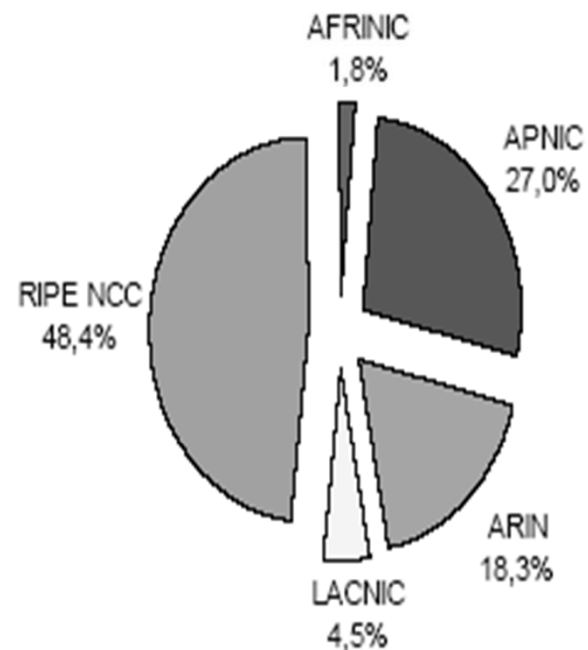
Az IPv6 bevezetésének helyzete

Figure 7. Distribution of IPv6 allocations by the RIRs

Distribution of IPv6 allocations by size
(data on 21/08/2007)



Distribution of IPv6 allocations by number of allocations
(data on 21/08/2007)



Source: <http://www.ripe.net/rs/ipv6/stats/>



Az IPv6 bevezetésének helyzete

Table 4. Sample of recent very large IPv6 allocations

PREFIX	COMPANY	DATE
2404:0e0::/28	MCI Asia Ptr, AP	(2006/05/10)
2404:180::/28	Samsung Networks, KR	(2006/08/28)
2610:080::/29	RCN Corporation, US	(2006/06/02)
2a01:110::/31	Microsoft, GB	(2006/06/01)
2a01:2000::/20	Telecom Italia, IT	(2006/05/16)
2402::/22	Korean Education Network, KR	(2006/10/20)
2600::/29	Sprint, US	(2006/12/21)
2600:800::/27	MCI / Verizon Business, US	(2007/01/08)
2401:8000::/26	NCICNET, TW	(2007/01/23)
2a01:2e0::/28	PLUSGSM, PL	(2007/03/19)
2401:6000::/20	Defence-Dcc-Mgmtconfig	(2007/08/10)
2a00:2000::/22	British Telecom, GB	(2007/08/29)

Source: RIR IP Whois databases, based on RIPE NCC presentation



Table 5. Several Benefit/Application Categories

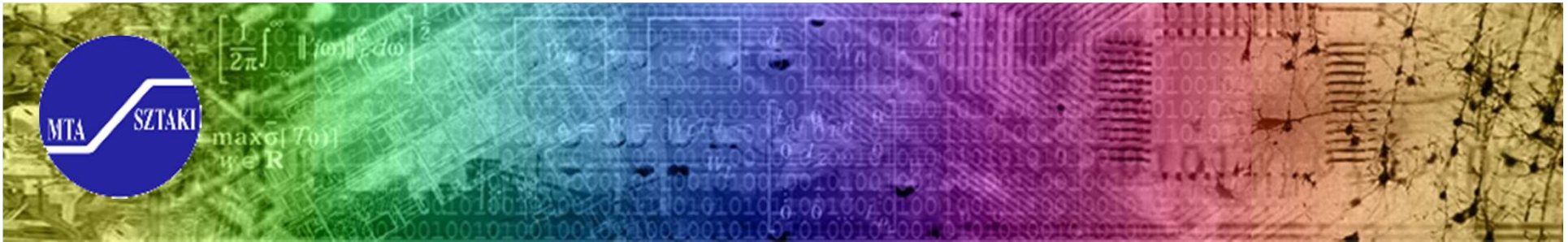
Impact Metric	Application/ Market	General Description: Examples
Cost reductions resulting from increased efficiency	NAT removal	<ul style="list-style-type: none"> • According to RTI International (2005), enterprise and application vendors' spending on NAT workarounds accounts for up to 30 percent of IT-related expenditures.
Value of remote access to existing products/services	Increased life expectancy of products	<ul style="list-style-type: none"> • Automobile⁷³ and appliance owners⁷⁴ could increase the functionality and life expectancy of their products through the use of remote monitoring and support services.
	Service costs	<ul style="list-style-type: none"> • Automotive and appliance owners could decrease service costs through the use of remote monitoring and support services.
Innovation in communications and online products/services	New mobile data services	<ul style="list-style-type: none"> • Wireless companies could sell new features through expanded network capabilities.⁷⁵ • Wireless companies need IPv6 to increase address capacity for peer-to-peer (P2P) applications.
	Online gaming	<ul style="list-style-type: none"> • Gaming and game console makers could see expanded functionality and thus opportunities for innovative new products.

Source: OECD (2007), adapted from IPv6 Economic Impact Assessment, RTI International for National Institute of Standards & Technology, October 2005



Kihívások

Lack of demand	IPv6 is an infrastructure technology and as such, it is hidden from the end-user. Companies in non-IT related industries, such as in the financial sector or in services, are unlikely to see its benefits.
Incomplete connectivity	In a dual stack environment, where both endpoints prefer IPv6 to IPv4 if available, IPv6 may only appear to be available at both endpoints, without actually providing reachability all the way through. Thus a user may try to browse a web site, find an IPv6 (AAAA) address, and try to contact the IPv6 version of the site, but then experience a failed or slow connection. Content providers, with little demand and potentially downgraded performance, therefore do not have incentives to put up IPv6 versions of their sites. The set of IPv6 users does not yet quite form a small-i "internet" yet. They do not, together, form a fully-interconnected network of networks.
Lack of content	<p>There is currently little Internet content available via IPv6. Combined with few IPv6 users, there is little incentive for content providers to upgrade their infrastructure to support IPv6.</p> <p>Several content providers seem to have provisioned IPv6 address space, which may signal change. For example, Microsoft and Google both have a /32. Speakeasy, an ISP in the United States, does as well. YouTube has a /48 provider independent IPv6 network assignment from ARIN, as does Tellme Networks, a provider of voice services that has recently been acquired by Microsoft. Another entity with an IPv6 assignment is Collab Network, which produces leading open source development collaboration software, enabling with over 2 million geographically dispersed developers to work together on a project.</p>



Köszönöm a figyelmet!

