

Linux IPv6 – Melyik változatot telepítsem?

Ha még habozik, hogy melyik IPv6-megvalósítást válassza linuxos kiszolgálógépe számára, cikkünk segít a döntésben.

Az IPv6 – vagyis az Internet Protocol Version 6 szavakból alkotott elnevezés – következő nemzedékbeli protokoll, mely az Internet Engineering Task Force (az Internet felépítését felügyelő szervezet, a továbbiakban: IETF) által tervezett megoldás, a jelenlegi 4-es változat (IPv4) felváltására készült. Napjainkban az Internet még többnyire az IPv4-et használja, amely közel húszesztendő. Az IPv4 „élemedett” kora ellenére mindeddig figyelemremélően rugalmas volt, de mostanában gondok merültek fel körülötte. A legfontosabb ilyen az IPv4-es címek egyre fokozódó hiánya az Internetre kapcsolódó új gépek és készülékek körében.

Az IPv6 gyógyírt ad számos, az IPv4-gyel együtt járó nehézségre, azonban egy csomó új fejlesztést is hordoz a jövő Interneté számára. A fejlődés főképpen az útválasztás, az önműködő hálózati beállítás, a biztonság és a hordozhatóság területeire terjed ki.

Az IPv6 a lehetőségek óriási bőségkosarát jelenti, amelyben a címzés csupán az egyik, bár a leglátványosabb elem. A címzésnek sok figyelmet szenteltek, ez azonban csak az egyik kiemelkedő témakör, amelyet a tervezők megragadtak. Más rendszeradottságokat a méretezhető hálózati elrendezések, a fokozott biztonsági igények, az adatépség, az összevont szolgáltatások, az önműködő beállítás, a hordozható megoldások, az adatok üzenetszórásos közvetítése, és a globális gerincvezeték szintjén hatékonyabb halmozott hálózati útválasztás iránti igények alapján fejlesztettek.

Írásunk az IPv6-tal kapcsolatos munkálatoknak a kanadai Montrealban található Ericsson Kutatóközpontban működő Open Systems Labnál folytatott Advanced Research on Internet E-Servers, röviden az ARIES kezdeményezés részleteit világítja meg. Az ARIES kezdeményezés 2000 januárjában indult útjára, amely céljából fűrtözött Internet-kiszolgálótelep elkészíthetőségéhez szükséges műszaki háttér megtervezését és a prototípus elkészítését tűzte ki. A próbagép távközlési fokozatú

(telecom-grade), és alaprendszerként Linuxot és nyílt forrású rendszert fog használni.

Az IPv6 létfontosságú módszer, amely pontosan ilyen számítógéptelepek és távközlési rendszerek támogatására hivatott. Az Ericsson jövőképében minden nem helyhez kötött felhasználó „állandóan a hálózatra kapcsolódik és folytonosan elérhetőként” szerepel. Ez az új IP-technológia használatához kapcsolódó újfajta szolgáltatás számos szolgáltatás beindítására teremt lehetőséget az internetszolgáltatóknak és a hálózatüzemeltetőknek.

Az internetfelhasználók számának gyors növekedésével együttjáró vezeték nélküli internetszerveletek várható gyarapodása azonban méretezhető és rugalmas IP-módszert igényel, amely képes teret adni a gyors növekedésnek. Éppen ezért alapvető jelentőségű az IPv6 kulcsszerepének elismerése, és a „látomásban” szereplő állandó hálózati kapcsolat és folytonos elérhetőség fontosságának felismerése. Az új szolgáltatások, mint amilyen az IP-multimédia is, az elérhetőség érdekében az egész földgolyóra kiterjedő egyedi címzés használatát tételezik fel. Az IPv6 a hozzá tartozó nagy címtartománnyal együtt minden készülék számára ilyen globálisan egyedi címeket fog biztosítani.

Cikkünk a nyílt forrású IPv6-tal kapcsolatos kezdeményezéseket térképezi fel. A cél a jelenleg hozzáférhető Linux IPv6-megvalósításokkal való kísérletezés és ajánlások megfogalmazása, hogy a közel távközlési szintű kiszolgálótelepünkön működő Linux-rendszerünk számára melyik változatot részesítsük előnyben.

Az ajánlásoknak több vizsgálati szempontra kell épülniük, úgymint alkalmazásfejlesztési sebesség, a szabványoknak való megfelelés és a más alkalmazásokhoz mért teljesítmény.

Nyílt forráskódú IPv6-kezdeményezések

Az első lépés a Nyílt Forráskód Közösségének áttekintése volt, továbbá jelentés készítése az IPv6-megvalósítások biztosí-

tását célzó kezdeményezésekről – továbbfejlesztve a már létező alkalmazásokat, illetve kipróbálási és ellenőrzési lehetőséget teremtve más alkalmazások számára.

A WIDE IPv6 Working Group (a továbbiakban IPv6 WG) a WIDE-kezdeményezés része. 1995-ben Japánban az IPv6-tal való kísérletezés és telepítés céljából indították útjára. 1995 végén az IPv6 WG már több egymástól független változattal rendelkezett, és más rendszerekkel való együttműködési bemutatókat tartottak. Amint a meghatározásokat átvizsgálták és az együttműködés gyakorivá vált, úgy tűnt, hogy az IPv6 WG az IPv6-vermeket nem tudta egymástól függetlenül hatékonyan megvalósítani.

A megvalósítások erősségeinek összefogására a WIDE kezdeményezés alvállalkozásként útnak indította a KAME kezdeményezést. Bár az IPv6 WG és a KAME tevékenysége között akad átfedés, az IPv6 WG főképp műszaki és újítási kutatást folytat, a KAME ugyanakkor a megvalósításokért felelős. A WIDE IPv6 WG célkitűzései az IPv6-megvalósítások kialakításában és az ezekhez kapcsolódó programok biztosításában, az IPv6 ipari termelési környezetben való telepítésének ösztönzésében és az IPv4-ről az IPv6-ra való áttérési módszer kidolgozásában foglalható össze. A fentiekben kívül a kezdeményezés céljából tűzte ki az IPv6-hálózatokhoz tartozó módszerek és szak tudás kifejlesztését is.

Az IPv6 a lehetőségeket tartalmazó hatalmas csomag, amelyben a címzés a legkézzelfoghatóbb elem. A kezdeményezés várható eredménye az RFC-knek megfelelő, ingyenes IPv6/IPSec-forráskód. A KAME kezdeményezés Japánban hét vállalatot egyesítő közös erőfeszítés, amely a BSD-változatok (FreeBSD, OpenBSD, NetBSD, BSD/OS) számára ingyenes, megbízható termék életre hívása végett jött létre, és különösen az IPv6-ot, illetve az IPSec-et veszi célba. A kezdeményezést azért hozták létre, hogy elkerülje a szükségtelen fejlesztési átfedéseket, valamint jó minőségű és

magas színvonalú szolgáltatásokat felvonultató alkalmazásokat hozzon létre. A kezdeményezés még 1998-ban kezdte meg működését, és a tervek szerint 2002 márciusáig tevékenykedik. A vezető kutatók a következő társaságoztól gyűltek egybe: Fujitsu Limited, Hitachi Ltd., IJ Research Laboratory, NEC Corporation, Toshiba Corporation és Yokogawa Electric Corporation. Arra vállalkoztak, hogy teljes munkaidőben dolgozzanak az IPv6-vermen, tehát fő feladatukként kezelik. Tervük, hogy a BSD szerzői jog alapján a lehető legjobb hálózati kódot fejlesszék ki, és eredményeiket nyilvános programként jelentessék meg. A vállalkozás várható eredménye az IPv6/IPSec számára a kiváló forráskód lesz – szabad programként megjelenítve –, amely eredetileg a WIDE Hydrangea IPv6/IPSec-megoldáson alapul, ez lesz a XXI. század haladó szintű internetmegoldásának kiindulópontja. A TAHI kezdeményezés 1998 októberében Japánban kezdte meg működését a Tokiói Egyetem (University of Tokyo), az YDC Co. vállalat és a Yokogawa Electric Co. közötti vállalkozásként. Elképzelésük az, hogy az IPv6 számára ellenőrzési módszert fejlesszenek ki, és ezeket az együttműködési és megfelelési próbák kifejlesztésén és kutatásán keresztül vizsgálják meg. A csoport a minőségfejlesztő oldalon a KAME kezdeményezéssel közösen dolgozik a TAHI kezdeményezés által fejlesztett módszer kínálásában és a fejlesztési hatékonyság javításában. Fontos megjegyezni, hogy a TAHI kezdeményezés a WIDE kezdeményezéstől is támogatást kap. A TAHI kezdeményezés az alábbi eredményeket hozta:

- Megfelelési próbák: a kezdeményezés a megfelelési próbaprogram készleteit kéthavonta bocsátja ki. Megeshet, hogy kibocsátási dátumának időzítése egybeesik a KAME megbízható változatának megjelenésével.
- Együttműködési próbák egyszerű hálózatokban: ezek az ellenőrzések azt vizsgálják, hogy vajon a cél gép tud-e egyedül hálózatokban is dolgozni. Mivel e tesztet korlátozott környezetekben fogják folytatni, ezt lesz az együttműködési próbák első lépcsője.
- Együttműködés többféle IPv6-megvalósítást tartalmazó környezetben: ezek a vizsgálatok a való világgal folytatott együttműködést ellenőrzik.
- Próbaforogatókönyvek és vizsgálati eszközök.

A vállalkozás eredményei a nyilvánosság számára szabadon és ingyenesen hozzáférhetők. Az USAGI- (UniverSAl Play Ground for IPv6) kezdeményezés a Linux számára készített IPv6-protokoll ipari minőségének előállításán dolgozik, együttműködve a WIDE kezdeményezéssel, a KAME kezdeményezéssel, a TAHI kezdeményezéssel és a Linux IPv6 Felhasználói Csoportjával. Az USAGI kezdeményezés IPv6-megvalósítását a későbbiekben tárgyaljuk.

Az IPv6-DRET kezdeményezés az IPv6 nyilvános Linux-megvalósítása, amelyet a DGA/DRET (Francia Katonai Kutató Ügynökség) alapított, és az INRIA Sophia-Antipolis és az LIP6 Paris szervezetekkel együtt közösen fejlesztett.

Az IPv6-DRET-változatot a 2.1-es Linux-rendszerre alapították, és a megvalósítás célja az volt, hogy a szolgáltatás minőségéhez (QoS) megvizsgáljon bizonyos algoritmusokat. A célkitűzés nem a teljes körű alkalmazás biztosítása volt, hanem a QoS-hez kapcsolódó bizonyos algoritmusok kipróbálása.

Mivel az útválasztási kérdések az IPv6-tal kapcsolatos legfontosabb kutatási területek között szerepelnek, a hálózati verembe az IPv6-os gazdagépnek és útválasztó gépeknek egyaránt be kell kerülniük. Az útválasztó-meghatározás megvalósítása mellett sok energiát fektettek a GateD-ben levő RIPng-fejlesztésébe is. A kezdeményezés befejezte működését, a fejlesztés abbamaradt és a programkód elavulttá vált.

A Linux IPv6 RPM kezdeményezés rpm-csomagokat készít rpm-alapú rendszerek számára, például a Red Hat Linux, TurboLinux és a Caldera OpenLinux számára. Az IPv6-hálózatokra kapcsolódáshoz szükséges programokat és eszközöket tartalmaz, a kezdeményezés célja pedig az IPv6-hálózatokhoz történő kapcsolódást megkönnyítő csomagok fejlesztése.

A Debian IPv6-kezdeményezés a Debian kezdeményezés része, és célja egyes Debian-csomagok átalakítása úgy, hogy IPv6-megfelelőkké váljanak.

Amint talán a fentebb felsorolt Linux-kezdeményezések közül is kitűnt, a Linux számára mindössze két változat kínált komoly IPv6-megvalósítást: a Linux-rendszerre épülő megvalósítás és az USAGI kezdeményezés.

Az alábbi szakaszban részletesen elemezzük e két kezdeményezést, illetve megvalósítást, és az IPv6 Linux-rendszerbe való telepítésüket is megvizsgáljuk, vagyis hogy melyik változat felel meg leginkább az IPv6-előírásoknak.

Az USAGI kezdeményezés a Linux számára ipari minőséget elérő IP-verem előállítását és az IPv6-megfelelő hálózat kísérleti működtetését célozza meg – a kifejlesztett programot a KAME, a WIDE és a TAHI kezdeményezésekkel szoros együttműködésben használja fel. A csoport számos magán- és tudományos szervezetből tevődik össze, és a Linux számára készített IPv6 népszerűsítését és telepítését végzi. A csoport tagjai a WIDE kezdeményezés, a CRL, a GLUON PARTNERS Co. Ltd., az INTEC Inc., a Toshiba Corporation, a Hitachi Ltd., NTT Software Corporation, a Yokogawa Electric Corporation, a Tokiói Egyetem és a Keio Egyetem. 2002. március 31. – a létező Linux-rendszer saját IPv6 protokollveremmel rendelkezik, de a TAHI kezdeményezés értékelési eredményei alapján az IPv6 jelenlegi megvalósításának minősége elmarad a más operációs rendszerekben szereplő változatokétól, például a FreeBSD-étől vagy akár a Microsoft Windows 2000-étől.

A kezdeményezés az IPv6-rendszer fejlesztése és telepítése tekintetében más kutató-fejlesztővállalkozásokkal és szervezetekkel is együttműködik.

Az USAGI kezdeményezés munkáját összehangolja a KAME kezdeményezéssel – ennek az együttműködésnek a gyümölcse egy IPv6-változat a BSD Unix-rendszer számára – és a TAHI kezdeményezéssel, ez utóbbi termései az IPv6-próbák, értékelési meghatározások és más eszközök.

Az USAGI kezdeményezés jelentős mértékben a KAME-programkódra támaszkodik, amely tulajdonképpen egy a különböző BSD-rendszerek számára készített IPv6-verem, és erőfeszítéseik többsége a verem helyesbítésének, illetve a Linux-rendszerbe történő minél jobb illesztésének irányába mutat. Az USAGI kezdeményezés rendelkezik a Linux-rendszerre használható IPv6-megvalósítással.

A kezdeményezés eredménye a Linux-rendszerre illeszkedő ingyenes IPv6-verem és a *glibc* könyvtárban sok fejlesztést megért alkalmazói programfelületek.

A kezdeményezés második, üzembiztos változata 2001. február 5-én jelent meg, további programkódfrissítések kéthetente szerezhetőek be.

A Linux-rendszer és az IPv6

A Linux-rendszer saját IPv6-megvalósítással rendelkezik. Mint azonban már korábban említettük, a TAHI kezde-

	Linux2.4.5	USAGI
unrecognized_next_header()	IGEN	IGEN
payload_length_zero()	IGEN	IGEN
next_header_zero()	RÉSZBEN	IGEN
header_option_processing_order_a()	NEM	IGEN
header_option_processing_order_b()	RÉSZBEN	IGEN
header_option_processing_order_c()	IGEN	IGEN
header_option_processing_order_d()	NEM	IGEN
option_processing_single_option_a()	NEM	IGEN
option_processing_single_option_b()	IGEN	IGEN
option_processing_single_option_c()	NEM	IGEN
option_processing_single_option_d()	NEM	IGEN
option_processing_single_option_e()	NEM	IGEN
option_processing_single_option_f()	IGEN	IGEN
option_processing_many_options_a()	IGEN	IGEN
option_processing_many_options_b()	IGEN	IGEN
option_processing_many_options_c()	IGEN	IGEN
option_processing_many_options_d()	NEM	IGEN
option_processing_many_options_e()	NEM	IGEN
routing_header_a()	NEM	NEM
routing_header_b()	NEM	NEM
routing_header_c()	NEM	NEM
routing_header_f()	NEM	NEM
routing_header2_a()	NEM	NEM
routing_header2_b()	NEM	NEM
routing_header2_c()	NEM	NEM
reassemble_frag_entry_a()	NEM	NEM
reassemble_frag_entry_b()	NEM	NEM
reassemble_frag_entry_c()	NEM	NEM
reassemble_frag_entry_d()	NEM	NEM
reassemble_time_exceeded_a()	NEM	NEM
reassemble_time_exceeded_b()	NEM	NEM
reassemble_time_exceeded_c()	NEM	NEM
reassemble_time_exceeded_d()	NEM	NEM
fragment_header_m_bit()	NEM	NEM
max_reassemble_size_exceeded()	NEM	NEM
stub_frag_header()	NEM	NEM
frag_multiple_m_bit_zero_a()	NEM	NEM
frag_multiple_m_bit_zero_b()	NEM	NEM
reassemble_unfragmentable_header_a()	NEM	NEM
reassemble_unfragmentable_header_b()	NEM	NEM
reassemble_unfragmentable_header_c()	NEM	NEM
no_next_header_a()//TR1,TR2	NEM	NEM
no_next_header_b()	NEM	NEM

1. kép Alapvető meghatározás

	Linux2.4.5	USAGI
redirect_handling_a	IGEN	RÉSZBEN
redirect_handling_b	RÉSZBEN	RÉSZBEN
redirect_handling_c	IGEN	IGEN
redirect_handling_d	RÉSZBEN	RÉSZBEN
redirect_handling_e	IGEN	IGEN
redirect_validation_1_a	IGEN	IGEN
redirect_validation_1_b	IGEN	IGEN
redirect_validation_1_c	IGEN	IGEN
redirect_validation_1_d	IGEN	IGEN
redirect_validation_1_e	IGEN	IGEN
redirect_validation_1_f	NEM	NEM
redirect_validation_2_a	IGEN	IGEN
redirect_validation_2_b	IGEN	IGEN
redirect_validation_2_c	RÉSZBEN	IGEN
redirect_validation_2_d	IGEN	IGEN
unexpected_option_a	IGEN	IGEN
unexpected_option_b	IGEN	IGEN
unexpected_option_c	IGEN	IGEN
unexpected_option_d	IGEN	IGEN
no_dce_redirect_a	IGEN	IGEN
no_dce_redirect_b	IGEN	IGEN
neighbor_cache_redirect_a	IGEN	IGEN
neighbor_cache_redirect_b	IGEN	IGEN
neighbor_cache_redirect_c	IGEN	IGEN
redirected_next_hop_unreachable	IGEN	IGEN

2. kép Önműködő címbeállítás

	Linux2.4.5	USAGI
duplicate_address_detection_a()	IGEN	IGEN
duplicate_address_detection_b()	IGEN	IGEN
duplicate_address_detection_c()	IGEN	IGEN
duplicate_address_detection_d()	IGEN	IGEN
preferred_greater_than_valid()	IGEN	IGEN
ra_from_global_source()	NEM	NEM
ra_oe_bits_reset()	NEM	NEM

3. kép Átirányítás

ményezés alapján bebizonyosodott, hogy elmarad más megvalósítások mögött. Ez nem nagy meglepetés, hiszen jelentősebb fejlesztés már egy ideje nem zajlik. További tényként említendő meg, hogy *Pedro Roque*, a Linux-rendszer mag IPv6 programkódjának írója kivált a

közösségből. Azóta *Alexey Kuznetsov* és társai az évek alatt meglehetősen kevés javítást végeztek rajta. Az USAGI kezdeményezés csak apró hibajavításokkal jelentkezett, de a veremnek a rendszermaggal való teljes egybeolvastása még mindig nyitott kérdés.

Megfelelési vizsgálatok

Ezen a ponton laboratóriumunkban két próbahálózatot működtetünk. Az egyik hálózatban USAGI IPv6-tal ellátott Linux-gépek működtek, míg a másikon linuxos gépek az IPv6-veremmel kiegészített rendszermaggal. Sokat foglalkoztunk a telepítés végrehajtásával, az útválasztás és tunnelinget érintő kérdésekkel. A kérdés továbbra is az maradt, hogy melyik változatot fogadjuk el. Ahhoz, hogy erre a kérdésre tárgyilagosan tudjunk válaszolni, a budapesti Ericsson Kutatóközpont megfelelési próbákat végzett a legfrissebb hivatalos rendszermaggal – ez a próbák idején a 2.4.5-ös volt, illetve a próbában az USAGI IPv6-megvalósítás is szerepelt (a 2.4.0-s változat alapján).

A vizsgálatokat a University of New Hampshire InterOperability Lab IPv6 Ellenőrzési leírására alapoztuk (lásd a *Kapcsolódó címetet*).

A vizsgálatok értékelése során az alábbi minősítéseket használtuk:

IGEN – (megfelelt) a megvalósítás az adott részfeladatot megoldotta.
NEM – (hibás) a megvalósítás képtelen volt a kitűzött részfeladatot megoldani.
RÉSZBEN – döntetlen ítélet született, azaz nem lehetett eldönteni, hogy a megvalósítás képes-e a próbának megfelelni. Ha például a próbafolyamat három kérdés-válaszlépésből áll, és a tesztelő második kérdésére sem érkezik meg a válasz, a minősítés döntetlen. A megfelelést vizsgáló laboratórium négy ellenőrzéscsoportot folytatott le: alapvető meghatározás, önműködő címbeállítás, átirányítás és környezetfelfedezés. Az alábbiakban részletesen kifejtjük e próbákat, és ismertetjük a kapott eredményeket.

Alapvető meghatározás: ez a vizsgálat-sorozat az IPv6 alapvető meghatározásaira vonatkozik. Az alpmeghatározás megadja az IPv6 fejléceket és a kezdeti értékadás révén meghatározott IPv6-fejléceket és a választható lehetőségeket. Elemzi a csomagmérettel kapcsolatos gondokat, a forgalommentesítők és folyamatjelzők jelentését, és az IPv6-nak a felsőbb protokollrétegekre gyakorolt hatását (lásd az 1. képet).

Önműködő címbeállítás: ezek a próbák a cím önálló beállítását vizsgálják az IPv6-nál. Jellemük olyan, hogy az IPv6 állapot nélküli önbeállítás-meghatározásnak való megfelelést vizsgálja (2. kép). Átirányítás: az átirányítási próbák az IPv6-környezet felfedezési meghatározás átirányítási lehetőségére vonatkozik. Az átirányított üzeneteket az útválasztó küldi, hogy az adott úti cél eléréséhez egy gazdagépet egy jobb első ugrásbeli (first-hop) útválasztóhoz irányítson, vagy a gazdagépnek mondja meg, hogy a végcél maga is egy szomszéd, tehát már mutat rá hivatkozás (3. kép).

Környezetfelfedezés: e vizsgálatok az IPv6-nál a szomszéd felfedezésére vonatkoztak. A környezetfelfedező protokoll az elemek használják – a gazdagépek és az útválasztók –, hogy az ismert kapcsolódó hivatkozásokon levő szomszédok számára meghatározzák a kapcsolati réteget, és mielőbb kitéröljék a gyorstárban lévő immár érvénytelen adatokat. A gazdagépek szintén a környezeti felfedezést használják a közelben levő útválasztók felkutatására, amelyek a kapott csomagokat majd ezek nevében továbbítják. Végül a csomópontok is használják a protokollt, hogy nyomon kövessék, mely szomszédok érhetők el, és melyek nem. Ha egy útválasztó vagy egy útválasztóhoz vezető útvonal elérése sikertelen, a gazdagép más használható útvonalak után néz (4. és 5. kép). Az IPv6 az a kulcsfontosságú módszer, amely képes az állandóan a hálózatra kapcsolódó, nagyszámú felhasználóról képet alkotni.

Ilyen eredményekre alapozva megállapíthatjuk, hogy az USAGI megvalósítás a Linux-rendszerbe épített változatnál kedvezőbb eredményeket hozott: több próbán szerepelt sikeresen, kevesebb tesztelnél született hibás eredmény, és az eldönthetetlen esetek száma is kevesebb volt, mint a rendszermagba épített változatnál.

Most már tudjuk a leckét

Jellemző módon az ilyen feladatok végrehajtása közben sokat lehet tanulni, és a szakértelem is gyarapodik. Mindig akadnak azonban olyan tudnivalók, amelyekre csak a munka végzése közben lehet szert tenni, és nagyon is megéri felhívni rájuk a figyelmet. Mindig kifizetődő, ha a problémákat egyszerűsítjük. Például nem lehetett tudni, hogy a ping6 miért volt képes a 2.4.5-ös rendszermag összeomlását előidézni, miközben három webkiszol-

	Linux2.4.5	USAGI
ND_on_link_determination_a	IGEN	IGEN
ND_on_link_determination_bc	IGEN	IGEN
ND_on_link_determination_d	IGEN	IGEN
ND_resolution_wait_queue	NEM	NEM
ND_add_default_router	IGEN	IGEN
ND_default_router_switch	NEM	NEM
ND_host_ra_processing_lifetime_a	NEM	NEM
ND_host_ra_processing_lifetime_b	IGEN	IGEN
ND_reachable_time	IGEN	IGEN
ND_neighbor_cache_ra_a	NEM	RÉSZBEN
ND_neighbor_cache_ra_b	IGEN	NEM
ND_neighbor_cache_ra_c	NEM	NEM
ND_neighbor_cache_ra_d	NEM	IGEN
ND_prefix_on_link_bit	RÉSZBEN	IGEN
ND_host_prefix_list_a	IGEN	IGEN
ND_host_prefix_list_b	IGEN	IGEN
ND_host_prefix_list_c	IGEN	IGEN
ND_host_prefix_list_d	NEM	NEM
ND_prefix_invalidation	NEM	NEM
ND_default_router_selection	RÉSZBEN	RÉSZBEN
ND_neighbor_solicitation_origination_a	IGEN	IGEN
ND_neighbor_solicitation_origination_b	RÉSZBEN	RÉSZBEN
ND_neighbor_solicitation_origination_c	IGEN	IGEN
ND_neighbor_solicitation_handling_a	IGEN	IGEN
ND_neighbor_solicitation_handling_b	IGEN	IGEN
ND_neighbor_solicitation_handling_c	IGEN	IGEN
ND_neighbor_solicitation_handling_d	IGEN	IGEN
ND_no_neighbor_cache_na	NEM	NEM
ND_neighbor_cache_incomplete_b	NEM	NEM
ND_neighbor_cache_incomplete_c	NEM	NEM
ND_neighbor_cache_incomplete_d	NEM	NEM
ND_neighbor_cache_incomplete_e	NEM	NEM
ND_neighbor_cache_stale_a	IGEN	IGEN
ND_neighbor_cache_stale_b	NEM	NEM
ND_neighbor_cache_stale_c	NEM	NEM
ND_neighbor_cache_stale_d	NEM	NEM
ND_neighbor_cache_stale_e	NEM	NEM
ND_neighbor_cache_stale_f	NEM	NEM
ND_neighbor_cache_stale_g	IGEN	IGEN
ND_neighbor_cache_stale_h	IGEN	IGEN
ND_neighbor_cache_delay_a	IGEN	IGEN
ND_neighbor_cache_delay_b	NEM	NEM
ND_neighbor_cache_delay_c	NEM	NEM
ND_neighbor_cache_delay_d	NEM	NEM
ND_neighbor_cache_delay_e	NEM	NEM
ND_neighbor_cache_delay_f	NEM	NEM
ND_neighbor_cache_delay_g	IGEN	IGEN
ND_neighbor_cache_delay_h	IGEN	IGEN
ND_neighbor_cache_probe_a	IGEN	IGEN
ND_neighbor_cache_probe_b	NEM	NEM
ND_neighbor_cache_probe_c	NEM	RÉSZBEN
ND_neighbor_cache_probe_d	IGEN	NEM
ND_neighbor_cache_probe_e	RÉSZBEN	RÉSZBEN
ND_neighbor_cache_probe_f	RÉSZBEN	RÉSZBEN
ND_neighbor_cache_probe_g	IGEN	IGEN
ND_neighbor_cache_probe_h	NEM	NEM
ND_neighbor_cache_reachable_a	IGEN	IGEN
ND_neighbor_cache_reachable_b	NEM	NEM
ND_neighbor_cache_reachable_c	NEM	NEM
ND_neighbor_cache_reachable_d	NEM	NEM
ND_neighbor_cache_reachable_e	NEM	NEM
ND_neighbor_cache_reachable_f	NEM	NEM
ND_neighbor_cache_reachable_g	IGEN	IGEN
ND_neighbor_cache_reachable_h	IGEN	IGEN
ND_na_r_bit_change_a	RÉSZBEN	RÉSZBEN
ND_na_r_bit_change_b	RÉSZBEN	RÉSZBEN
ND_na_r_bit_change_c	RÉSZBEN	RÉSZBEN

4. kép Környezettelfedezés

gáló-alkalmazást futtattunk: az IPv6 fogadására alkalmas javítófolttal kiegészített Apache, Jigsaw és Tomcat kiszolgálókat, valamint az alfá változatú Java Merlin 1.4-et. Minden kitisztult azonban akkor, amikor ezeket a kiszolgálókat és Java Virtual Machine-t kikapcsoltuk. Ezenkívül teljes megvalósítás beépítése sokkal könnyebb és rugalmasabb is, mint a javítófoltok telepítése. Némely esetben programhibával találunk szemben magunkat, és nem volt könnyű megállapítani, honnan származtak. Vajon az alkalmazás IPv6-foltjai, az USAGI IPv6 rendszer-magfoltok, vagy az IPv6 foltzott bináris állományai vezettek a hiba jelentkezéséhez? A probléma leegyszerűsítése sokat segített, de azt is bebizonyította: lehet, hogy egyszerűbb egy átfogó megvalósítást beépíteni, mint a letöltött

	Igen		Nem		Nem értelmezett	
	USAGI	Linux	USAGI	Linux	USAGI	Linux
Alapkövetelmények	18	8	25	33	0	2
Önműködő címbeállítás	5	5	2	2	0	0
Átírányítás	21	21	1	1	3	3
Szomszédság feltételezése	28	28	30	31	9	8
Összes	72	62	58	67	12	13

5. kép A próbák eredményei

foltokat egyenként beilleszteni. Feltétlenül meg kell említenünk, hogy a Nyílt Forráskód Közössége nagyon kellemes benyomást tett ránk. A nyílt forráskóddal dolgozó emberek minden tőlük telhetőt megtesznek, hogy a felmerült programhibák mielőbb elháríthatók legyenek, és elektronikus leveleinkre is gyorsan válaszolnak. Minthogy a linuxos gépeinken használt programok többsége nyílt forrású, kérdéseinkkel visszatérünk a közösséghez, és gond nélkül közvetlenül a program fejlesztőjétől kapunk támogatást – ezt a fontos tényezőt el kell ismernünk.

Összegzés

A Linux-rendszermagba beépített IPv6-megvalósításon a 2.4.0-s változat megjelenése óta semmilyen jelentősebb fejlesztés nem történt. Sok esetben IPv6-forgalommal még a rendszermag összehozását is képesek voltunk előidézni. Másrészt viszont az USAGI a Linux számára olyan IPv6-megvalósítást biztosít, amelyet a FreeBSD IPv6-veremből ültetett át, és amely jelenleg a legjobb IPv6-megvalósítás. Megbízhatóbbnak bizonyult és kedvezőbb megfelelési próbaeredményeket hozott, mint a linuxos rendszermag-megvalósítások. Az a tanulság szűrhető le, hogy az USAGI-változat érettebb a rendszermagba épített megvalósításnál, több szolgáltatást biztosít és az előírásoknak való nagyobb mértékű megfelelés jellemző rá. Ha több tényező alapján szeretné eldönteni, melyik IPv6-megvalósítást telepítse linuxos kiszolgálógépeire, mérlegelnie kell például a fejlettségi állapotot, a kiszolgálón dolgozó emberek számát, az ipar és tudományos világ felől érkező támogatást, a legfrissebb RFC-knek való megfelelést – mindezek alapján valószínűleg az USAGI kezdeményezés IPv6-megvalósítását fogja választani. Mindamellelt mindkét alkalmazás kapcsán egy fontos aggodalom merült fel. Sajnos nincs teljes leírás, amely a támogatott RFC-eket és az egyes tervezési döntések mögötti motívációkat részletezné. Reménykedem benne, hogy a Linux-

közösség és az USAGI kezdeményezés szorosabbra fűzi az együttműködés szálait, és a Linux számára nagyon megbízható és hatékony IPv6-megvalósítással áll elő. Hiszek abban, hogy az eredmény egy jól megírt, rendszermagba ágyazott IPv6-megvalósítás lesz – egy nagyon óhajtott sikerrecept a jövő IPv6-kiszolgálói számára, amely a nem helyhez kötött Internet terjedéséhez is hozzá fog járulni.

Köszönetnyilvánítások

Köszönet illeti a kanadai Ericsson Kutatóközpontban működő Open Systems Labet a cikk megjelenéséhez adott hozzájárulásukért, továbbá *Marc Chatel-et*, *Bruno Hivert-et* és *David Gordon-et* a kanadai Ericsson Kutatóközpontban segítségükért és laboratóriumban nyújtott támogatásukért, és a magyarországi Ericsson Kutatóközpontot a megfelelési próbák laboratóriumában elvégzett tesztekért.

Linux Journal április, 96. szám



Ibrahim Haddad jelenleg a kanadai Montrealban működő Ericsson Corporate Research Unitnál dolgozik kutatóként.

Főként az átviteli osztályba (carrier-class) tartozó kiszolgálógépek kutatásával foglalkozik – valós idejű, tisztán IP-hálózatokon. Elérhető a Ibrahim.Haddad@Ericsson.com címen

Kapcsolódó címek

- KAME Projekt ➔ www.kame.net
- Linux-rendszermag ➔ www.kernel.org
- TAHI Project ➔ www.tahi.org
- USAGI Project ➔ www.linux-ipv6.org
- WIDE v6 Working Group ➔ www.v6.wide.ad.jp