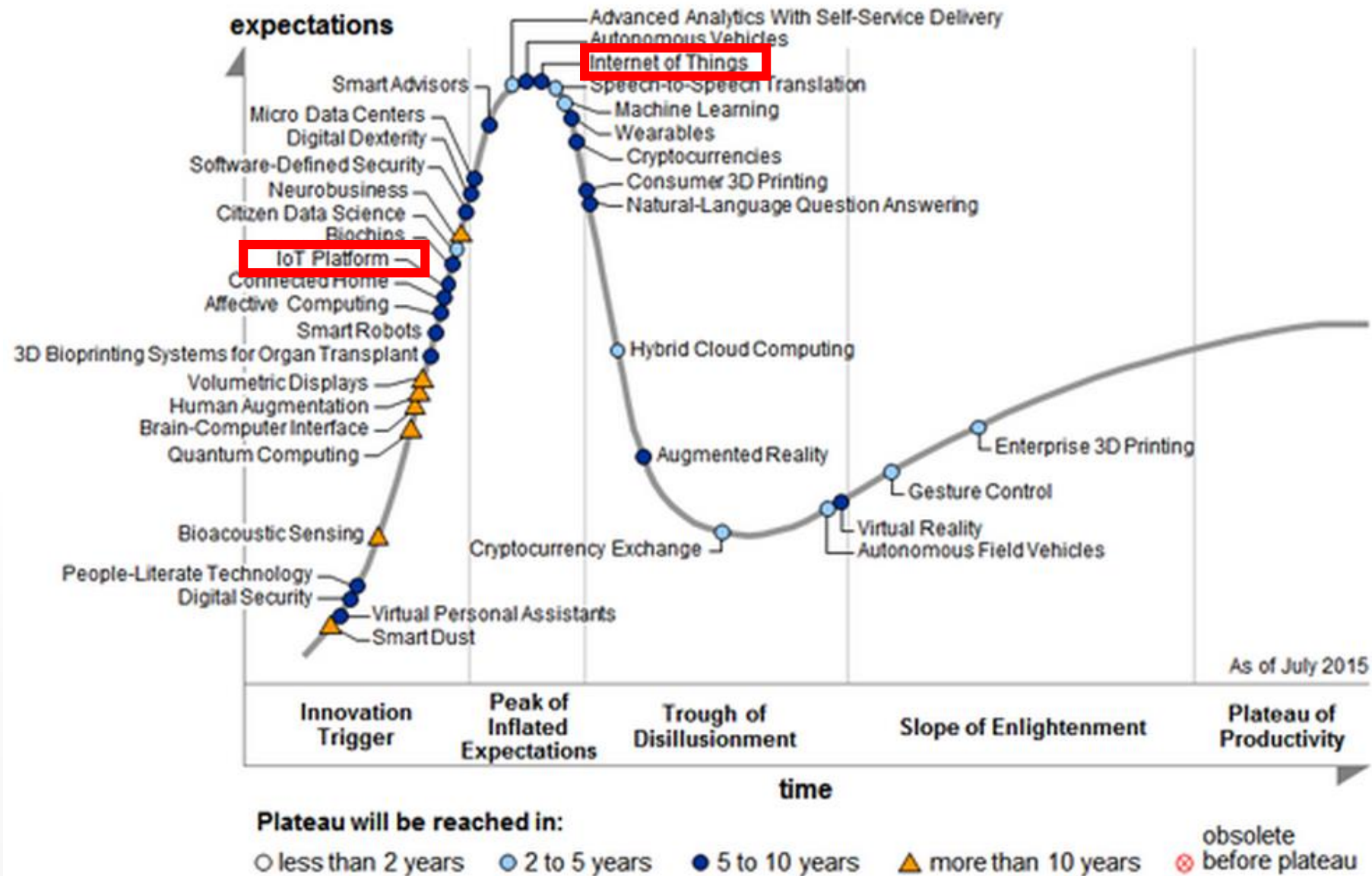


IoT kiegészítés...

Gartner's 2015



IoT hype – csak egy példa...

Legalábbis Jakab Roland, az Ericsson Magyarország ügyvezető igazgatója szerint, aki egy konferencián beszélt a jövő társadalmáról hétfő délelőtt. Az igazgató azt mondta, hogy az internet azért fog hamarosan megszűnni, mert

nagyon sok kis internet lesz a világban.

Vagyis az egységes, a világot áthálózó globális internet helyét átveszi

„a dolgok internete”.

Utóbbi nagyjából azt jelenti, hogy a kávéfőzőm kommunikálni fog a laptopommal, az utakba épített szenzorok elmondják az önvezető kocsimnak, hogy merre kerülje ki a dugókat, az okos gyógyszerdobozom figyelmeztet, hogy mikor vegyem be a gyógyszerem, stb.

<http://24.hu/fn/gazdasag/2015/11/09/az-internet-hamarosan-meg-fog-szunni/>



BME Villamosmérnöki és Informatikai Kar

november 11 12:00

fog szűnni - hangzott el egy hétfői helyette?



an meg fog szűnni | 24.hu

itális világban? Milyen tartalom fogja uralni a világ át? A jövőben kik és milyen vállalkozások lehetnek

Jövö internetje

Future Internet

Tartalom

- A játék neve...
- Internet architektúra – tervezési irányelvek
 - jelenlegi alapvetések
 - jövőben követendő irányelvek
- Megoldási javaslatok:
 - Globális virtualizációs architektúra (GVA)
 - IoT6 – Útban az IPv6 alapú jövő IoT felé

„Name-of-the-game”

- *„A **jövő internet** egy általános fogalom az internet új architektúráját célzó kutatási tevékenységekre.”*

(„Future Internet is a general term for research activities on new architectures for the Internet.”)

- Jövő internet kutatási területek:
 - hálózat virtualizáció
 - felhő alapú számítástechnika
 - hálózatmenedzsment
- „Tiszta lap” kontra „fokozatos evolúció”(?)



WIKIPEDIA
The Free Encyclopedia



- „A jövő internetről”

- „...Ha az internet kívánhatna valamit a 40. születésnapjára, valószínűleg **még erősebb, összekötöttebb és intuitívabb** szeretne lenni – **válaszul az igényeinkre** otthon, munkában vagy útközben.”
- „... jövő hálózata, ami **gyors, rugalmas, mindig fogékony az emberek és gépek igényeire: a felhasználó elhelyezkedéséhez és a kontextushoz kapcsolódó alkalmazások, szolgáltatások és tartalmak hozzáférésére.**
Ez az az irány, amerre a jövő internete fejlődik: mint a **szolgáltatások, dolgok és infrastruktúra internete.**”

FIArch – EC Expert Reference Group

- Az EC Future Internet Architecture (FIArch) Experts Reference Group (ERG) tanulmánya a **tervezési irányelvekről**, új ötletekről:

[FIArch] „Future Internet Design Principles”, 2012. január

Mottó:

„Ebben a környezetben a tervezési alapelvek elkerülhetetlenül megváltoznak. A néhány éve még megkérdőjelezhetetlennek tűnő alapvetések túlhaladottá válnak. A folyamatos változás alapelve talán az egyetlen olyan, amely örök érvényű marad az Internet világában.” (B Carpenter, 1996)



Tervezői alapelvek – ma

Internet architektúra

Az internet tervezői alapelvei – ma

- **Heterogenitás támogatása**
 - Sokféleség minden szinten: eszközök, protokollok, implementációk, algoritmusok, menedzsment, ...
 - Autonóm rendszerek (AS) – egyéni és sokféle adminisztratív, felügyeleti, árazási megoldásokkal



Az internet tervezői alapelvei – ma

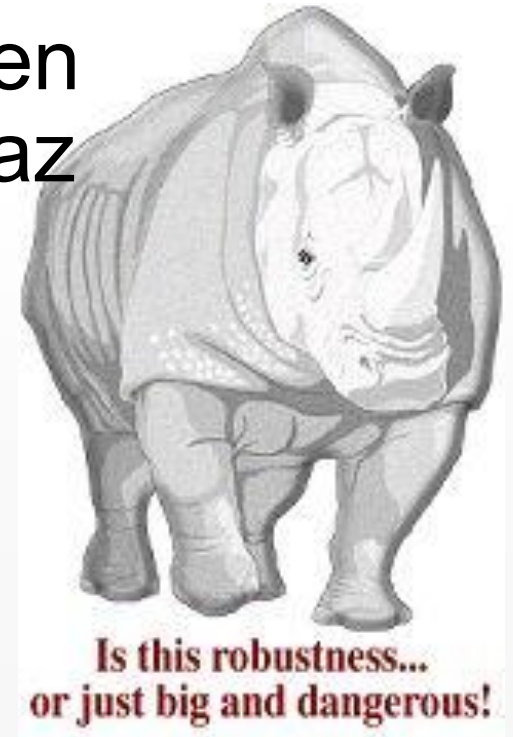
▪ Skálázhatóság

- Kötelező érvényű! Minden megoldás skálafüggetlen kell legyen – sok(száz)milliós eszközszám (növekedés) esetén is.
- *(Figyelem: Nemlinearitások, amelyek nem jelentkeznek kis és közepes rendszereknél, de megjelennek a nagy rendszerben. Azaz a komplexitás kis zavarokat is felerősíthet → az egész rendszer destabilizálódhat)*



Az internet tervezői alapelvei - ma

- **Robosztusság és alkalmazkodó-képesség**
 - Minden protokoll implementáció együtt kell működjön a mások által megvalósított verziókkal.
 - Azaz: „*liberális a fogadásban, konzervatív a küldésben*”)
 - **Szoftver esetén: Le kell tudni kezelni minden elképzelhető hibát, függetlenül attól, hogy az mennyire valószínűtlen!**
 - Azaz: *Legjobb, ha azt feltételezzük, hogy a hálózat tele van rosszindulatú entitásokkal, amelyek direkt úgy vannak megtervezve, hogy a lehető legrosszabb hatást gyakorolják a hálózatra.*



Az internet tervezői alapelvei - ma

- Robosztusság és **alkalmazkodó képesség**
 - A változásokhoz minden szinten képesnek kell lenni adaptálódni.
 - *Pl: Ha egy protokoll-specifikáció négy hibakódot definiál, az implementált szoftver nem omolhat össze, ha megjelenik egy új, ötödik hibakód.*



Az internet tervezői alapelvei - ma

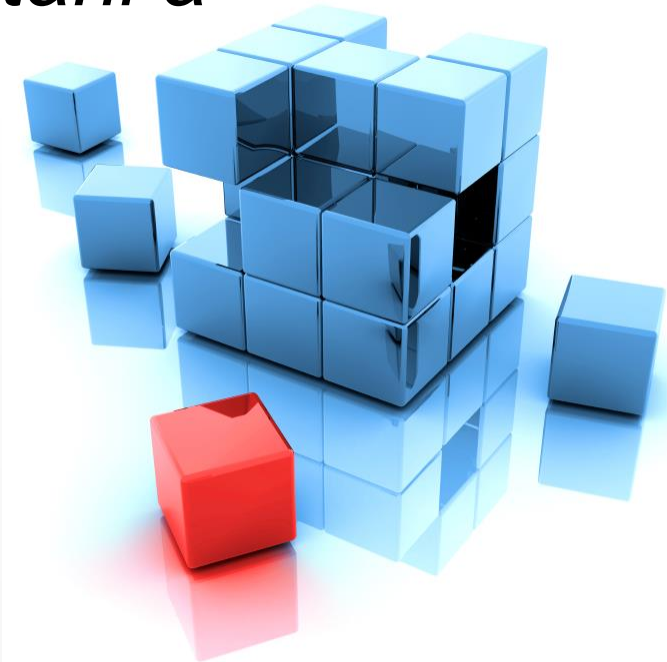
▪ Modularizáció

- A funkcionalitás dekompozíciója különböző modulokra, jól definiált interfészekkel.

- Pl: *ISO/OSI referencia modell* → *IP TCP/UDP*

„A modularitás jó. Ha szét tudod választani a dolgokat, tedd azt!”

- Következmény: Pl. a teljesítmény-optimalizálás modulonként külön-külön végzendő el
(– kontra: *cross-layer design?!*)



Az internet tervezői alapelvei - ma

▪ Laza csatolás elve

- A *csatolás* (architekturális szempontból) az a fok, amennyire az egyes modulok a többi modulokra támaszkodnak.
- *Laza csatolás*: A rendszer komponenseinek összekapcsolása úgy, hogy azok a legkevesbé függjenek egymástól.
 - Pl. *Alkalmazás és TCP/IP laza kötődése*.

Megjegyzés: A laza csatolás...

- **egyszerűsíti** a tesztelést, üzemben tartást és hibakeresést, mert a hibát egyszerűbb izolálni és kevésbé terjed tovább.
- **minimalizálja** a nemkívánatos interakciókat a rendszer komponensei között.
- **megnehezíti** a szinkronizálás fenntartását



Az internet tervezői alapelvei - ma

▪ „Lokalitás” elve

- A helyi változások lehetőleg csak helyi hatással bírjanak!
 - időbeli: *caching* – nemrég hozzáfért adat kellhet újra
 - térbeli: közeli adatokra szükség lehet hamarosan
- Protokollok, amelyek nem teljesítik a lokalitás követelményét, komoly nehézségekkel szembesülhetnek az internet dinamikus viselkedése miatt!
 - Pl. *BGP (Broder Gateway Protocol)*:
A tranziens állapotokat is szétterjeszti, mielőtt még újra beállna a stabil állapot.



Az internet tervezői alapelvei - ma

- **Vég-vég (e2e) elv** és minimális beavatkozás
 - Talán a legrégebbi és legfontosabb alapelv, amire az internet architektúra épít.
 - ***Semmilyen mechanizmust nem szabad a hálózaton belül megvalósítani, ha az megvalósítható a végpontokban!***
 - Azaz: A hálózat csak egy generikus konnektivitás szolgáltatást nyújt, nem pedig specifikus alkalmazásokhoz szabottat.



Az internet tervezői alapelvei - ma

- **Vég-vég (e2e) elv** és minimális beavatkozás (folyt.)
 - Következmények:
 - A **hálózat transzparens** a hoszt alkalmazás számára
 - A hálózaton belül **nem kell állapot információt kezelni**
 - Az **általános transzport** szolgáltatás sok különféle alkalmazást egyaránt képes kiszolgálni (Pl: *A PSTN nem ilyen*)



Az internet tervezői alapelvei - ma

- **Egyszerűség elve**

- *„Ha kétségeid vannak, válaszd az egyszerűbb megoldást!”*

- *Azaz: KISS – „Keep It Simple and Stupid” ☺*

- **Motiváció**: Kerüljük el a robosztusság-bonyolultság- sérülékenység spirált!

- *Azaz: Egy protokoll fejlesztése során a robosztusság biztosítására további komplexitást adunk hozzá, ennek következtében további sérülékeny pontok kerülnek a rendszerbe, amit robosztussá úgy teszünk, hogy további komplexitást...*



Az internet tervezői alapelvei - ma

- **Kapcsolat nélküli csomagkapcsolás, elosztott adaptív útválasztással**
 - Az internet legalapvetőbb szolgáltatása olyan csomagkapcsolt hálózaton alapul, amely megbízhatatlan, legjobb szándék elvű (best effort), kapcsolat nélküli átvitelt használ! Azaz:
 - nincs vég-vég kapcsolat felépítési fázis;
 - csomagonkénti továbbítási döntés születik, minden csomópontban függetlenül, útválasztási tábla alapján.
 - Proaktív útválasztás: Az útválasztási táblákat előre fel kell építeni.



Az internet tervezői alapelvei - ma

▪ Együttműködő hálózatok hálózata

- Az internetet „*hálózatok hálózatának*” is nevezik.
 - Azaz: *Az internet infrastruktúra felhasználható az internet szolgáltatók (ISP-k) által menedzselte autonóm rendszerekre (AS).*
- Az útválasztás...
 - AS-en belül: IGP (OSPF, IS-IS)
 - AS-ek között: inter-domain (BGP – Border Gateway Protocol)



Az internet tervezői alapelvei - ma

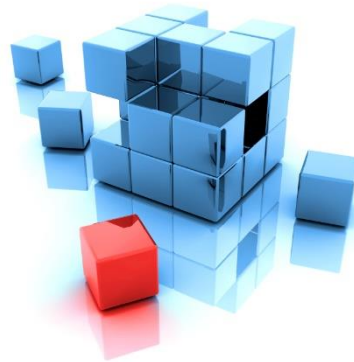
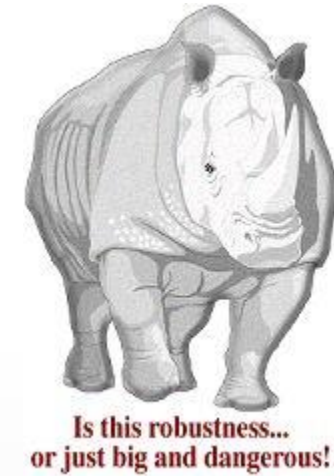
- **Együttműködő hálózatok hálózata**
 - Következmény:
 - Az internet architektúra egyszintű (flat):
IP cím, csomagformátum
 - ISP tier-ek szervezett többszintű kontroll
struktúrájával.



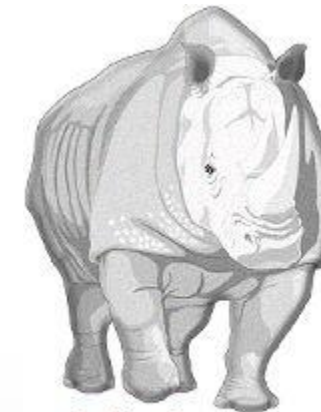
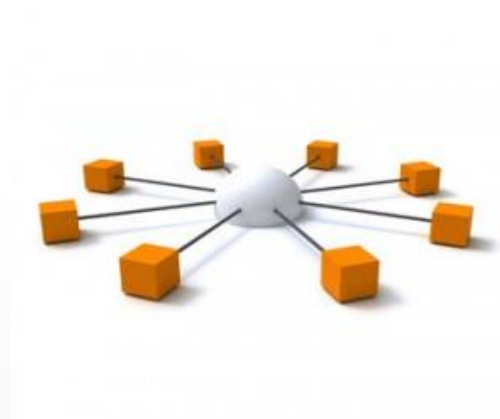
Az internet tervezői alapelvei – ma, összefoglalva:

1. Heterogenitás támogatása
2. Skálázhatóság
3. Robosztusság és alkalmazkodó képesség
4. Modularizáció
5. Laza csatolás
6. Lokalitás
7. Vég-vég (e2e) és minimális beavatkozás
8. Egyszerűség
9. Kapcsolat nélküli csomagkapcsolás, elosztott adaptív útválasztással
10. Együttműködő hálózatok hálózata

Az internet tervezői alapelvei - ma



Jövő internet tervezői alapelvei



**Is this robustness...
or just big and dangerous!**



Jövő internet tervezői alapelvei

- Alapvetések, amelyeknek meg kell(ene) maradniuk a jövő internet architektúrális kérdéseinél is:

1. **Heterogenitás támogatása**

2. **Skálázhatóság**

3. **Robosztusság** és alkalmazkodó képesség

4. Modularizáció

5. **Laza csatolás**

6. **Lokalitás**

7. Vég-vég (e2e) és minimális beavatkozás

8. Egyszerűség

9. Kapcsolat nélküli csomagkapcsolás, elosztott adaptív útválasztással

10. Együttműködő hálózatok hálózata

Az internet tervezői alapelvei - jövő

- **Heterogenitás** támogatása
 - Sokféleség minden szinten: eszközök, protokollok, implementációk, algoritmusok, menedzsment, ...
 - Autonóm rendszerek – egyéni és sokféle adminisztratív, felügyeleti, árazási megoldásokkal.

- A jövőben a heterogenitás csak **erősödni fog!**
 - terminálok, hálózati elemek, protokollok, alkalmazások...



Az internet tervezői alapelvei - jövő

▪ Skálázhatóság

- Kötelező érvényű! Minden megoldás skála független kell legyen – sok(száz)milliós eszközszám (növekedés) esetén is.
- *(Figyelem: Nemlinearitások, amelyek nem jelentkeznek kis és közepes rendszereknél, de megjelennek a nagy rendszerben. Azaz a komplexitás kis zavarokat is felerősíthet → az egész rendszer destabilizálódhat!)*

- Az internetre kötött eszközök száma **drasztikusan növekszik!**
- Ezzel együtt az AS-ek, szolgáltatások, alkalmazások száma is **rohamosan növekszik.** (Pl. 4-tier szint várható)



Az internet tervezői alapelvei - jövő

- **Robosztusság** és alkalmazkodó képesség
 - Minden protokoll implementáció együtt kell működjön a mások által megvalósított verziókkal.
 - Azaz: „liberális a fogadásban, konzervatív a küldésben”)
- A jövőben az internet ki kell szolgáljon küldetés- és időkritikus alkalmazásokat is!
 - *Egészségügy, energia, szállítás, pénzügyi tranzakciók, ...*
- Az internet kiszorít más, alkalmazás-specifikus hálózatokat
 - *Pl. újságok, postai levelezés, műsorszóró hálózatok, ...*
- **→ A hibás működés, nem elérhető szolgáltatási időszak minimalizálendő**



**Is this robustness...
or just big and dangerous!**

Az internet tervezői alapelvei - jövő

▪ Laza csatolás elve

- **egyszerűsíti** a tesztelést, üzemben tartást és hibakeresést, mert a hibát egyszerűbb izolálni és kevésbé terjed tovább.
 - **minimalizálja** a nemkívánatos interakciókat a rendszer komponensei között.
 - **megnehezíti** a szinkronizálás fenntartását
- A jövőben a multi-ágens rendszerek komplex interakciói felerősíthetik a nemkívánatos pozitív visszacsatolásokat!



Az internet tervezői alapelvei - jövő

▪ „**Lokalitás**” elve

- A helyi változások lehetőleg csak helyi hatással bírjanak!
- Protokollok, amelyek nem teljesítik a lokalitás követelményét, komoly nehézségekkel szembesülhetnek az internet dinamikus viselkedése miatt!
- A lokalitás kulcsszereppel bír az **ön-stabilizáló** elosztott rendszerek esetén!
- **A lokalitás elvét nemcsak meg kell tartani, de ki is kell terjeszteni!**
 - *Pl. elosztott alkalmazási architektúrák*



Jövő internet tervezői alapelvei

- Alapvetések, amelyeket adaptálni kéne a jövő internet architektúrájának tervezésénél:
 1. Heterogenitás támogatása
 2. Skálázhatóság
 3. Robosztusság – *biztonsági kérdésekben is*
 4. **Modularizáció**
 5. Laza csatolás
 6. Lokalitás
 7. Vég-vég (e2e) és **minimális beavatkozás – relaxálva**
 8. **Egyszerűség – but not stupid**
 9. Kapcsolat nélküli csomagkapcsolás, elosztott adaptív útválasztással
 10. Együttműködő hálózatok hálózata

Az internet tervezői alapelvei - jövő

- **Egyszerűség** elve

- *„Ha kétségeid vannak, válaszd az egyszerűbb megoldást!”*

- *Azaz: KISS – „Keep It Simple and Stupid” ☺*

- *„Egyszerű maghálózat – bonyolult végpontok” De... komplex problémák óhatatlanul is alapos megoldást igényelnek.*

Az internet tervezői alapelvei - jövő

- **Egyszerűség elve (folyt.)**
- A probléma lényege: Határozzuk meg a (hálózati) funkciók helyét és szétosztását úgy, hogy az **architektúra komplexitását globálisan minimalizáljuk!**
 - Azaz „KISS” helyett: **„Mindent olyan egyszerűen csináljunk, amennyire csak lehet, de ne egyszerűbben!” (A. Einstein)**

Az egyszerűség és skálázhatóság a két legfontosabb, szorosan összefüggő jövő internet tervezési irányelv!

Az internet tervezői alapelvei - jövő

- **Vég-vég (e2e) elv és minimális beavatkozás**
 - *Semmilyen mechanizmust nem szabad a hálózaton belül megvalósítani, ha az megvalósítható a végpontokban!*
 - *Azaz: A hálózat csak egy generikus konnektivitás szolgáltatást nyújt, nem pedig specifikus alkalmazásokhoz szabottat.*
- De... szenzorhálózatok és a tárgyak internete (IoT – Internet of Things) esetében kommunikációs **átjárók** (gateway) veszik át azokat a feladatokat, amelyek túl komplexek (és drágák!) lennének a szenzorokon/végpontokon.
- Következmény: **a minimális beavatkozás alapelv lazítható!**

Az internet tervezői alapelvei - jövő

- **Robosztusság** és alkalmazkodó képesség
 - Minden protokoll implementáció együtt kell működjön a mások által megvalósított verziókkal.
 - Azaz: „*liberális a fogadásban, konzervatív a küldésben*”
- Az internet architektúra evolúciójával van még egy probléma: **„Hogyan cseréljük motort a gépen repülés közben?”**
- *„Nagyon kívánatos, hogy a szolgáltatók megőrizzék az átvitt forgalom hitelességét és magán jellegét, de ez nem az architektúrával szemben támasztott követelmény, hanem a végfelhasználók felelőssége.” [RFC1958]*
→ **A robusztusság magába kell foglalja az önvédelem strukturális elvét.**

Az internet tervezői alapelvei - jövő

▪ Modularizáció

- A funkcionalitás dekompozíciója különböző modulokra, jól definiált interfészekkel.

„A modularitás jó. Ha szét tudod választani a dolgokat, tedd azt!”

- A jelenlegi architektúra átviteli (transzport) megoldása nem teljesen moduláris.
 - PI: *TDM-over-IP-over-Ethernet-over-IP/MPLS*
- PI: Az átviteli cím az IP címtől függ, a TCP verem nem cserélhető egyszerűen le tetszőleges megoldásra.

Jövő internet tervezői alapelvei

- Alapvetések, amelyeket tovább kell fejleszteni:
 1. Heterogenitás támogatása
 2. Skálázhatóság
 3. Robosztusság – *biztonsági kérdésekben is*
 4. Modularizáció → **polimorfizmus**
 5. Laza csatolás
 6. Lokalitas
 7. Vég-vég (e2e) és minimális beavatkozás – *relaxálva*
→ **egyértelmű elnevezés és címzés**
→ **vég-vég elv kiterjesztése**
 8. Egyszerűség – *but not stupid*
 9. Kapcsolat nélküli csomagkapcsolás, elosztott adaptív útválasztással
 10. Együttműködő hálózatok hálózata

Jövő internet tervezői alapelvei

Továbbfejlesztendő alapelvek:

- ***Polimorfizmus***

- Ugyanazon komponens/modul eltérő funkcionális viselkedése eltérő környezetben vagy eltérő feltételek esetében.
- Mint a modularitás továbbgondolása: a cél az architektúra egyszerűsítése.

- ***Egyértelmű elnevezés és címzés kiterjesztés***

- Az elnevezés és címzés kiterjesztendő a **végpontok, erőforrások, adatok és szolgáltatások** egyértelmű azonosítására.

Jövő internet tervezői alapelvei

Továbbfejlesztendő alapelvek (folyt.):

- **Vég-vég (e2e) elv kiterjesztése**
 - Vitatott alapelv!
 - e2e kontra köztes állomások (átjárók)...
 - Torlódásvezérlés nem hatékony pusztán a végpontokon.
 - Hálózaton belüli állapotinformációk nagyon hasznosak lehetnek.

Jövő internet tervezői alapelvei

Új alapvetések:

- **Erőforrás-tudatosság**

- Erőforrások mint legfelső szintű absztrakció
- adatközpontú megközelítés helyett szolgáltatás-központúság

- **Megbízhatósági logika**

- „számíthatunk rá” = megbízható, felelősségre vonható, ellenőrizhető

- **Információcsere** különböző végpontok között

- Minden résztvevő képes kell legyen a többiek számára választási lehetőségeket nyújtani, és közölni saját preferenciáit.

Tartalom

- A játék neve...
- Internet architektúra – tervezési irányelvek
 - jelenlegi alapvetések
 - jövőben követendő irányelvek
- **Megoldási javaslatok:**
 - **Globális virtualizációs architektúra (GVA)**
 - **IoT6 – Útban az IPv6 alapú jövő IoT felé**

Globális virtualizációs architektúra (GVA)

Javaslat 1

GVA – A probléma

A (jelenlegi) internet modellben az **IP cím szerepe túlterhelt!**

- IP cím = azonosító + lokátor

Következmények:

- Nemkívánatos komplexitás (Pl. mobilitás és multi-homing kezelése)
 - → **egyszerűség** alapelv sérül!
- Minden végberendezés azonos protokoll-vermet kell implementáljon. (Pl. egyszerű szenzorok vs. IPv6 verem)
 - → **skálázhatóság** alapelv sérül!
 - → **heterogenitás támogatása** sérül!

Azonosító-lokátor szétválasztás

Számos megoldási javaslat az irodalomban

- PI. TRIAD NBRP (Name Based Routing Protocol);
- HIP – Host Identity Protocol alapú megoldások;
- Locator/Identifier Separation Protocol – LISP;
- Mobile Oriented Future Internet (MOFI);
- Routing on Flat Labels (ROFL);
- Information-Centric Networking (ICN) – „tiszta lap” megoldás;
- Content-Centric Networking (CCN);
- ...stb...

Javaslat: GVA architektúra

GVA = Globális **virtualizációs** architektúra

▪ Három fő funkcionális blokk:

1. Kapcsolati **virtuális** réteg (CVL)

- Mögöttes komplex hálózatok absztrakciója különböző **virtuális** hálózatokká.

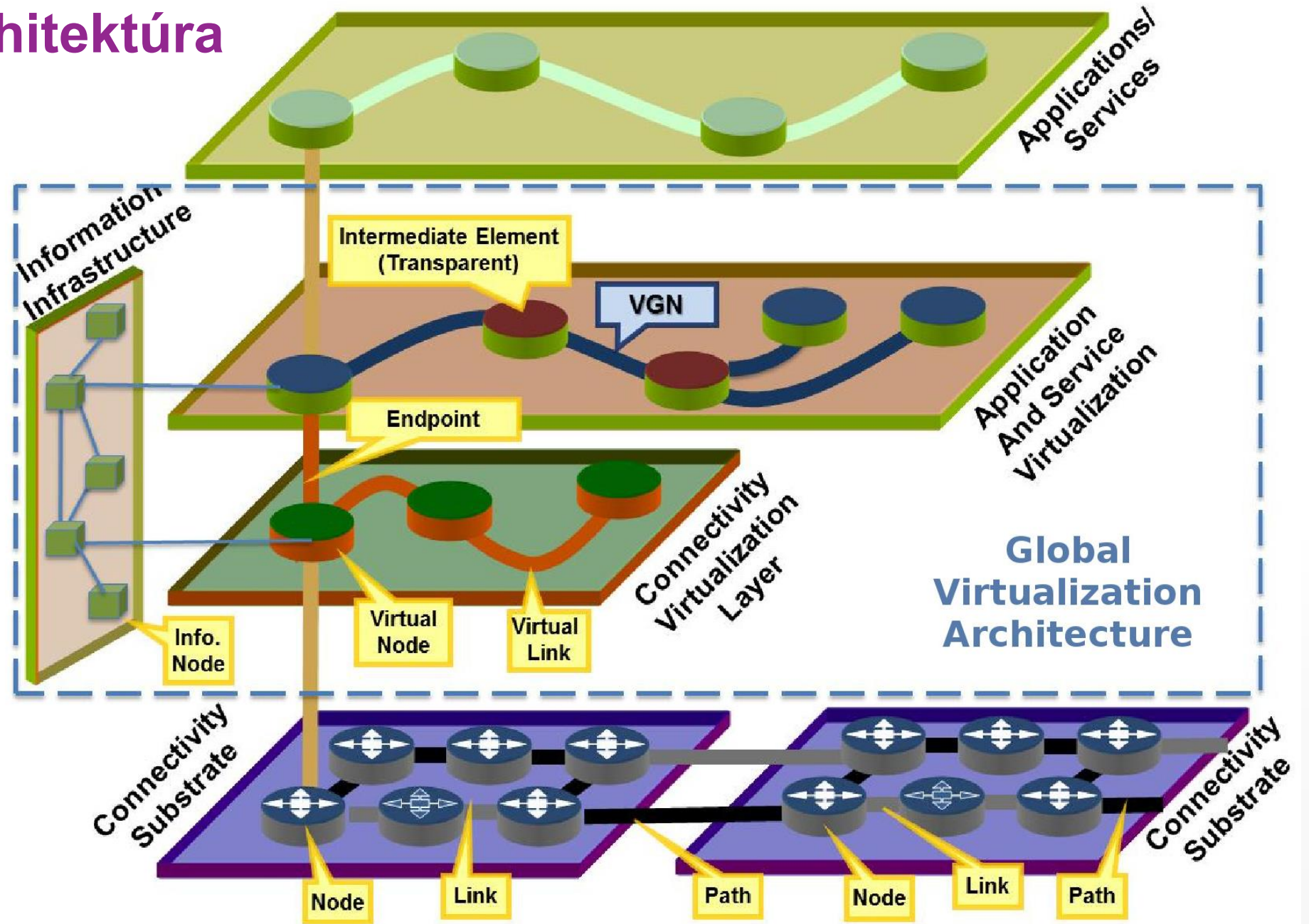
2. Alkalmazás és szolgáltatás **virtualizációs** réteg (ASVL)

- **Virtuális** csoport hálózatok (VGN) funkcióinak biztosítása alkalmazások és szolgáltatások számára.

3. Információs infrastruktúra (I2)

- Menedzsment, vezérlési és biztonsági funkciók nyújtása egy elválasztott síkon, a hálózati utak menedzselésére az információ továbbításhoz és a mobilitás kezeléséhez.

GVA architektúra



IoT6 – Útban az IPv6 alapú jövő IoT felé

Javaslat 2

IoT6

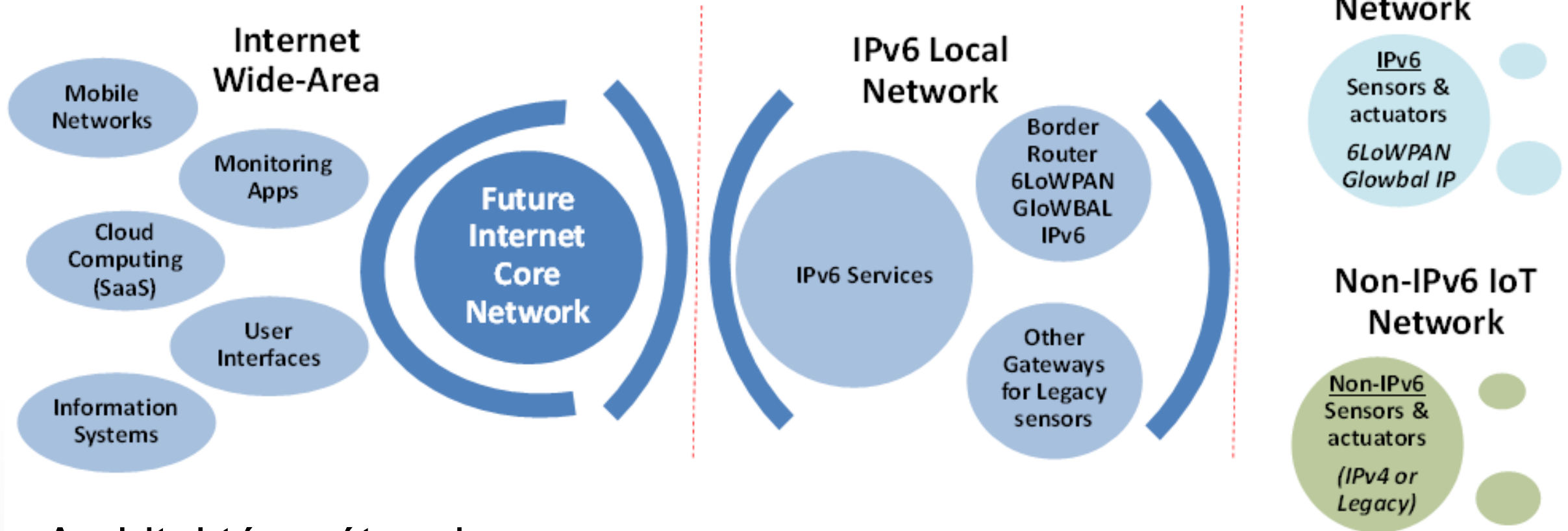
IoT6 egy kutatási projekt a jövő tárgyak internete (IoT) témában.

Cél: Egy jól skálázható **IPv6 alapú szolgáltatás orientált architektúra** megalkotása.

Kihívások, elvárások:

- információ szétosztás;
- multi-protokoll együttműködés;
- eszköz mobilitás, mobil hálózatok integrációja;
- felhő számítás integráció (mint SaaS);
- IPv6.

IoT6 architektúra



Architektúra rétegei:

1. IoT eszközök (szenzorok, beavatkozók): IoT6 képes és legacy
2. IoT6 LAN
3. IoT6 WAN (core)

Összegzés

- Az internet új kihívásai **csak részben kezelhetők** az infrastruktúra növekményes fejlesztésével.
- A tervezési **irányelvek kulcsszerepet játszanak** az internet architektúra fejlődésében – mint ahogyan eddig is történt.



Is this robustness...
or just big and dangerous!



Referenciák

[RFC1958] B. Carpenter, „Architectural Principles of the Internet”, 1996. június

[FIArch] Future Internet Architecture Group, „Future Internet Design Principles”, 2012. január

[FIA2013] P. Martinez-Julia, A.F. Skarmeta, A. Galis, „Towards a Secure Network Virtualization Architecture for the Future Internet”, 2013.

[IoT6] S Ziegler, C Crettaz, L Ladid, S Krco, B Pokric, A.F. Skarneta, A Jara, W Kastner, M Jung, „IoT6 – Moving to an IPv6-Based Future IoT”, 2013.