

Hálózatok építése és üzemeltetése

Bevezető előadás

Tárgy adatok

- ▶ Hálózatok építése és üzemeltetése (VITMAC00)
- ▶ 4 kredit, 2/1/0/v
- ▶ tárgy honlap: <https://www.tmit.bme.hu/vitmac00>
- ▶ kurzus honlap: <https://www.tmit.bme.hu/vitmac00-2019>
- ▶ Előadók:

- ▶ Sonkoly Balázs (tárgyfelelős)
 - ▶ I.E.349, tel: 2536, mail: sonkoly@tmit.bme.hu
- ▶ Gulyás András
 - ▶ I.E.343, tel: 3443, mail: gulyas@tmit.bme.hu
- ▶ Németh Felicián
 - ▶ I.E.344, tel: 1356, mail: nemethf@tmit.bme.hu
- ▶ Fehér Gábor
 - ▶ I.E.326/A, tel: 1925, mail: feher@tmit.bme.hu



Tárgy adatok

▶ Előadások

- ▶ minden hétfő
 - ▶ 12:15-14:00 (QBF08)

▶ Gyakorlatok

- ▶ minden második szerda (páros heteken)
 - ▶ 10:15-12:00
 - ▶ QBF09 & QBF12 (e-zh terem?) VAGY IB213 labor (esetleg: IB139/IB140)
- ▶ legalább 70%-ára be kell jönni (katalógus!)
- ▶ kettő (vagy három csoport)
 - ▶ QBF09 (, IB139, IB140)
 - ▶ QBF12 (e-zh terem ???)
 - ▶ IB213 (labor, akik nem tudnak gépet hozni???)
- ▶ jelentkezés hamarosan

Tárgy célja

- ▶ Alapvető, gyakorlati ismeretek
 - ▶ (egyszerűbb) IT hálózatok építéséhez
 - ▶ szolgáltatások beüzemeléséhez
 - ▶ a hálózat üzemeltetéséhez (pl. hogyan találjuk meg gyorsan a hibát?)
- ▶ Megérteni
 - ▶ az építő elemeket (pl. hálózati eszközök belső felépítése)
 - ▶ az alapvető működési mechanizmusokat, funkciókat
- ▶ Gyakorlati tudást adni!!
- ▶ + Betekintés a legújabb technológiákba

hét	dátum	előadó	téma
1	09-09	Sonkoly Balázs	Bevezető Érdekes hálózatos témák: SDN, NFV, Cloud Native technológiák
2	09-16	Sonkoly Balázs	GNU/Linux
		Nagy Bálint György, Dóka János	Demó: Felhő alapú AR/VR platform a jövő gyáraihoz
3	09-23	Németh Felicián	Linux hálózat, szoftver szerszámok
		(önálló feldolgozásra)	Python
		Németh Felicián	Demó: Programozható data plane, a jövő switch-ei
4	09-30		
5	10-07	Sonkoly Balázs	Hálózati funkciók a gyakorlatban (1.rész)
6	10-14	Sonkoly Balázs	Hálózati funkciók a gyakorlatban (2.rész)
7	10-21	Németh Felicián	Hálózati eszközök belső felépítése, OpenWRT
8	10-28	Sonkoly Balázs	Routing protollok
9	11-04	Gulyás András	A hálózat mint platform (SDN) - előadás <i>A hálózat mint platform (SDN) - jegyzet</i>
	11-08	Sonkoly Balázs	ZH konzultáció
	11-11	Sonkoly Balázs	SDN a gyakorlatban
10		TBA	P4: Az OpenFlow-n túl
	11-15		ZH (14:15-16:00, helyszín: TBA)
11	11-18	Fehér Gábor	Hálózatbiztonság
12	11-25	Fehér Gábor	WiFi, WiFi biztonság
	11-26		pót ZH (8:15-10:00, helyszín: TBA)
13	12-02	Gulyás András	Internet - előadás
			<i>Internet - háttéranyag</i>
14	12-09	Gulyás András, Mohácsi János	NIIFI látogatás Hálózatok összekapcsolása: az Internet
15	12-16	Sonkoly Balázs	Vizsga konzultáció

Félév (tervezett) menete

Gyakorlatok: szerda 10:15-12:00, QBF09, QBF13/IB213

hét	dátum	QBF09	QBF13/IB213	téma, anyagok
2	09-18	Sonkoly Balázs	Krämer Zsolt	Linux alapok
4	10-02	Németh Felicián	Czentye János	Linux hálózat + szoftver szerszámok
6	10-16	Sonkoly Balázs	Krämer Zsolt	Hálózati funkciók a gyakorlatban
8	10-30	Gulyás András	Czentye János	Troubleshooting
10	11-13	Sonkoly Balázs	Szalay Márk	OSPF
12	11-27	Németh Felicián	Sonkoly Balázs	OpenFlow, SDN Controller
14	12-11	Fehér Gábor	Szalay Márk	Nagyvállalati WiFi

Félév teljesítése

▶ Aláírás

- ▶ írásbeli ZH teljesítése (legalább elégségesre)
 - ▶ Google Forms alapú teszt
- ▶ ZH: 10. héten, nov.15. péntek, 14:15-16:00
- ▶ pótlás ZH: 12. héten, nov.26. kedd, 8:15-10:00
- ▶ pótlás pótlás ZH: pótlási héten

▶ Vizsga

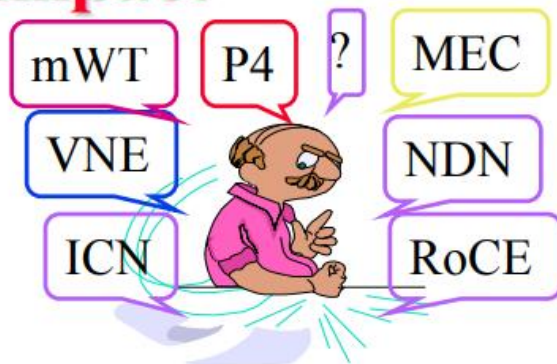
- ▶ írásbeli
 - ▶ Google Forms alapú teszt
- ▶ elővizsga: pótlási héten

Motiváció

- ▶ Miért hálózatok?
- ▶ ACM SIGCOMM 2017, Los Angeles, CA, USA
 - ▶ 2017. aug. 21-25.
 - ▶ egyik legjelentősebb “networking konferencia”
 - ▶ (tavaly Budapesten volt!)
 - ▶ első “keynote speech”: Raj Jain
 - ▶ (Washington University in St. Louis)
 - ▶ pár lopott slide...



The Catch-up Game: Quest for the Impact



Raj Jain

Washington University in Saint Louis

Jain@wustl.edu

Keynote at ACM SIGCOMM 2017,
Los Angeles, CA, August 22, 2017.

These slides and recording of this talk are available at:

<http://www.cse.wustl.edu/~jain/talks/sigcomm.htm>



1. Is networking still hot or should I change?
2. Will the technology I am working on succeed?
3. Our initial research: Congestion control
4. Lessons Learnt: What is required to make an impact?
5. Current developments – A Limited personal view



**Let's Make Networking
Great Again**

Networking = “Plumbing”

Networking is the “plumbing” of computing

Almost all areas of computing are network-based.

Distributed computing

Big Data

Cloud Computing

Internet of Things

Smart Cities



Networking is the backbone of computing.

Networking is already great!

Networking is Fueling All Sectors of Economy

Networking companies are among the most valued companies: Apple, AT&T, Samsung, Verizon, Microsoft, China Mobile, Alphabet, Comcast, NTT, IBM, Intel, Cisco, Amazon, Facebook, ...

▷ All tech companies that are hiring currently are networking companies

Note: Apple became highly valued only after it switched from computing to communications (iPhone)



Networking = Economic Indicator

Smart Everything



Smart Watch



Smart TV



Smart Car



Smart Health



Smart Home



Smart Kegs



Smart Space



Smart Industries



Smart Cities

What's Smart?

Old: Smart = Can think $\supset$ Computation
= Can Recall $\supset$ Storage

Now: Smart = Can find quickly, Can Delegate
 $\supset$ Communicate = Networking

Smart Grid, Smart Meters, Smart Cars, Smart homes, Smart Cities, Smart Factories, Smart Smoke Detectors, ...



Not-Smart

Smart

Networked $\supset$ Smart

Am I in the Right Field to Impact?

YES, Networking is hot!

Érdekes hálózatos témák

SDN, NFV, Cloud Native technológiák

Cloud native

- ▶ Egy új megközelítés
 - ▶ több technológia, koncepció: Platform as a Service, microservice, software containers, DevOps, CI/CD, ...
- ▶ Szoftverek fejlesztése, üzemeltetése
 - ▶ modern felhő platformok teljes kihasználása mellett
- ▶ Open source komponensek
 - ▶ nem csak Google, Microsoft, Amazon...
 - ▶ pl. startup lehetőségek
- ▶ Konténerekből felépített alkalmazások (microservice architektúra)
- ▶ ezeket egy (vagy több) felhő platform menedzseli (pl. Kubernetes),
 - ▶ képes az aktuális igényekhez igazodóan indítani/leállítani/átmozgatni konténerek százait
- ▶ a konténerek közötti folyamatos kommunikáció: szoftver-alapú hálózatok



Új ökoszisztéma

▶ Szoftver

- ▶ új, extrém alkalmazások
- ▶ új szoftverfejlesztési, -üzemeltetési technológiák

▶ Felhő platformok

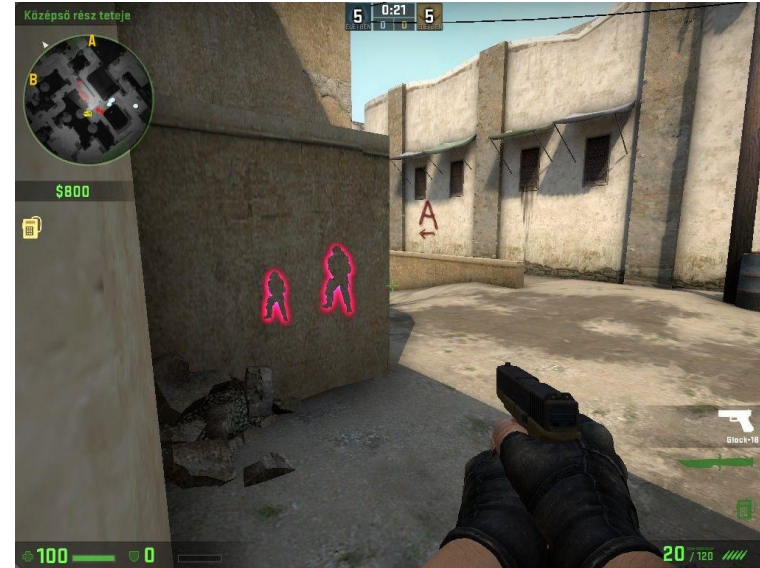
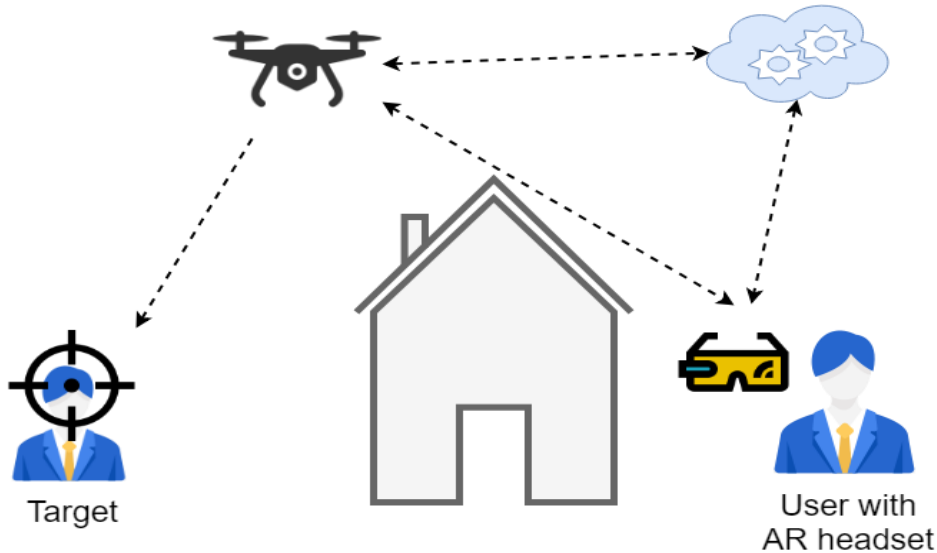
- ▶ publikus és privát felhők: konténerek, VM-ek
- ▶ újabb és újabb platform szolgáltatások

▶ Hálózat

- ▶ virtuális hálózatok “mozgó” konténerek és VM-ek között
- ▶ fizikailag elosztott felhők között

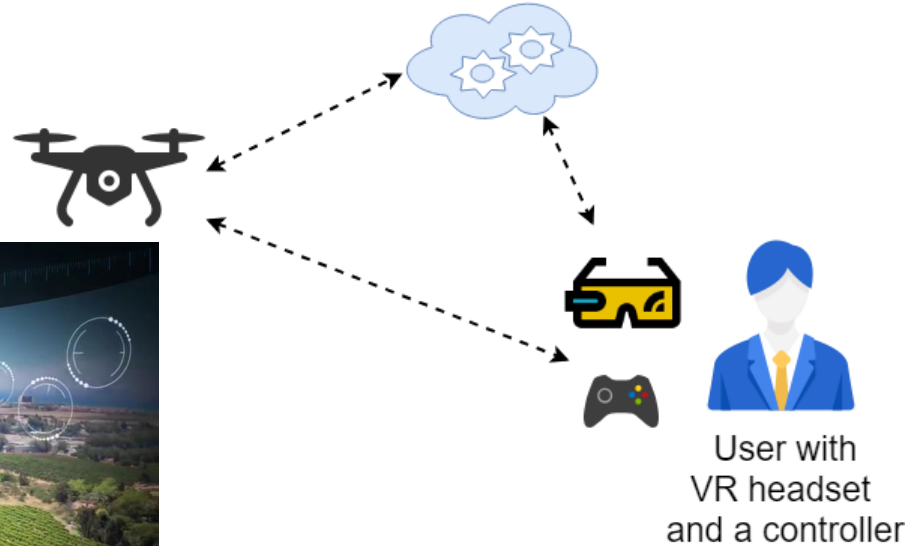
App example: Wallhack

by János Dóka



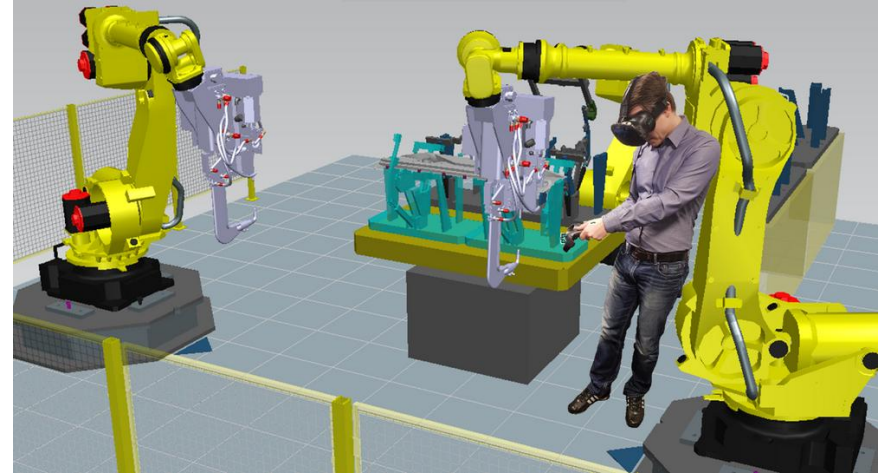
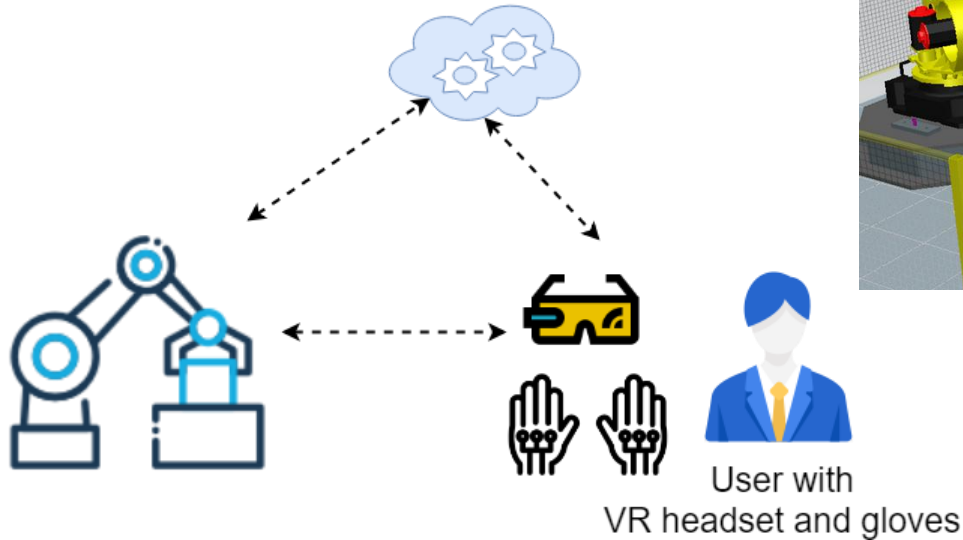
App example: Drone racing AR game

by János Dóka



App example: Industry 4.0 - Robot arm

by János Dóka



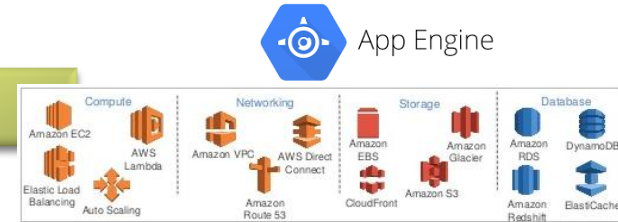
Cloud-Edge-Fog and Networks



Software as a Service



Platform as a Service



Infrastructure as a Service



Cloud-Edge-Fog and Networks



Software a

Platform a

Infrastructure

- ▶ Serverless Computing
- ▶ Function as a Service
 - ▶ e.g. on-demand scaling

Fighting Compute Unit Creation Time

From the Software Developer Perspective



Physical Servers
(Months)



Virtual Machines
(Minutes)



Containers
(Seconds)

Introduced at
re:Invent 2014

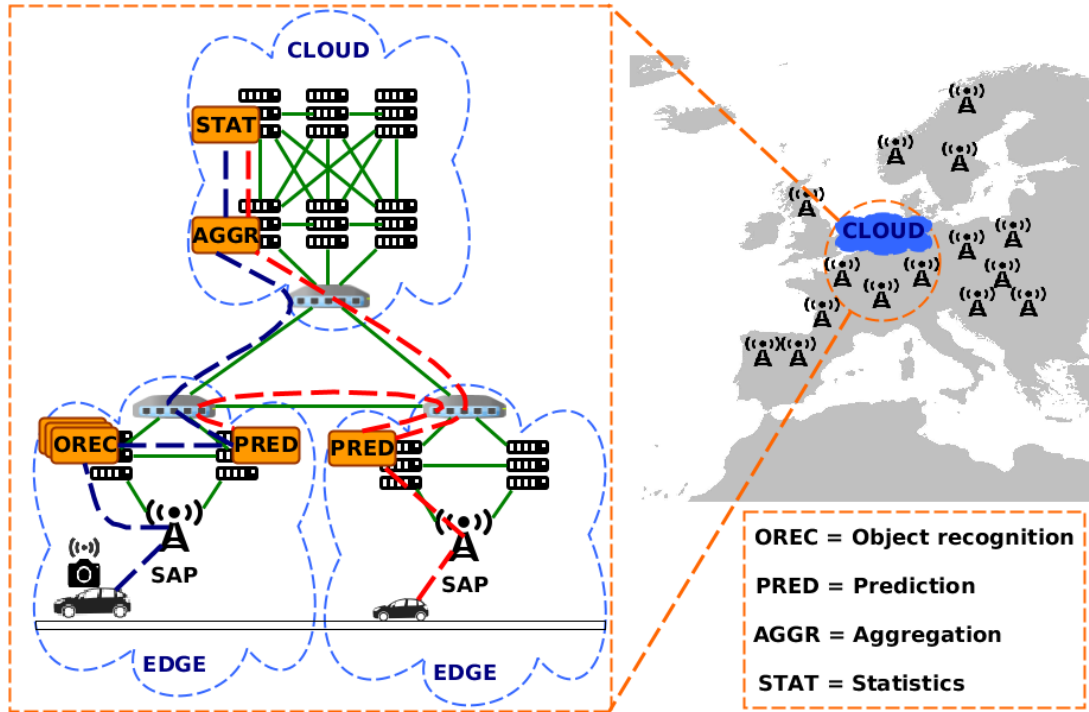


Function-as-a-Service
(Milliseconds)

When you can do this,
compute functions can
stay on disk until needed
on demand

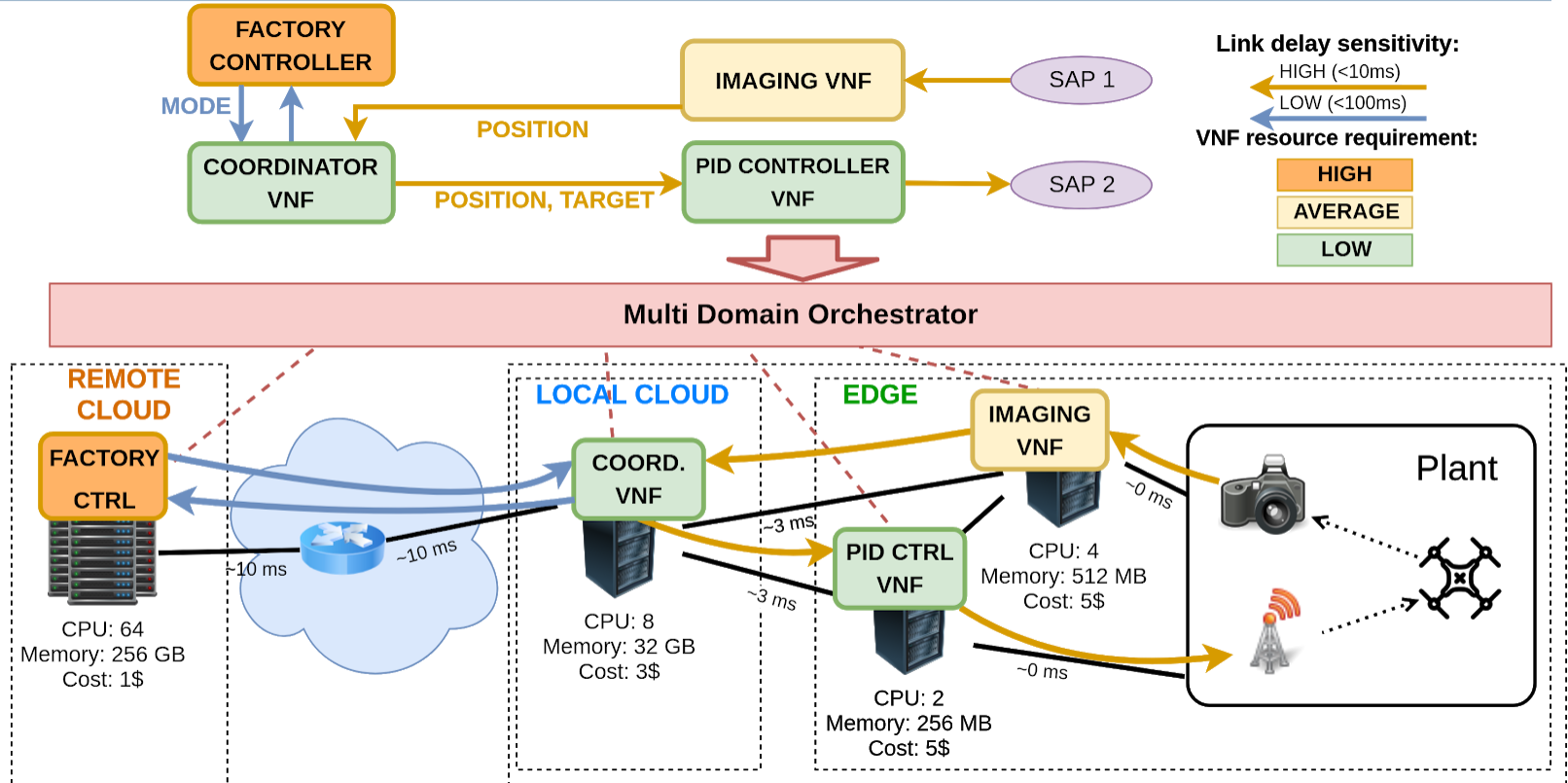
Networks???

Cloud-Edge-Fog and Networks

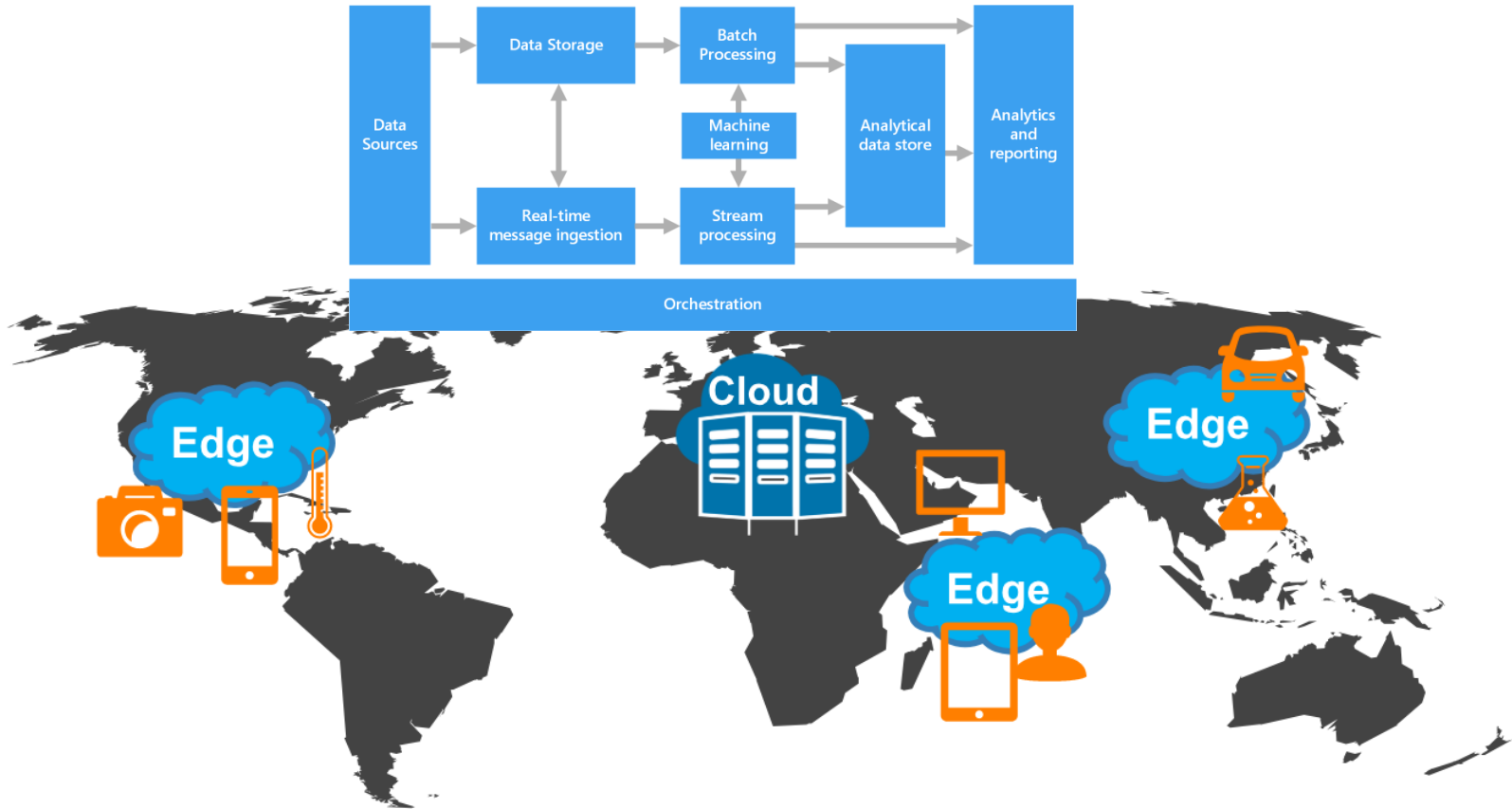


- ▶ Edge
- ▶ Fog
- ▶ Networks???

Drone control from private cloud

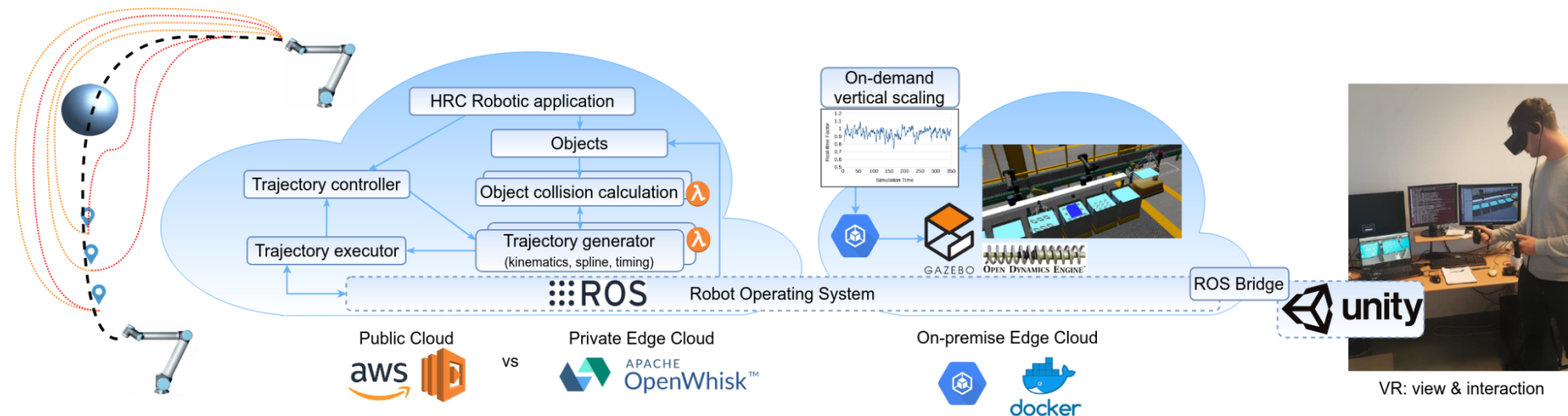


Big Data applications



Human-Robot Collaboration

- ▶ Edge Cloud based VR platform for Industry 4.0 use-cases
 - ▶ user enters the virtual robotic cell with VR glasses & controller
 - ▶ target of robotic arms can be controlled by the user
 - ▶ user can move in the cell, check the operation, “interact” with objects
 - ▶ automatic collision avoidance is activated
 - ▶ robotic arms are moved on detour trajectories if necessary



Milyen hálózat kell?

- ▶ Pl.: számítógép-hálózatok minél “jobb” programozhatósága
- ▶ programozhatóság
 - ▶ hálózat mint egész működésének meghatározása
 - ▶ több mint az egyes elemek működésének befolyásolása
 - ▶ konfigurálás $\leftrightarrow$ programozás
 - ▶ időskála!
- ▶ “jobb”
 - ▶ könnyebb, gyorsabb
 - ▶ flexibilisebb
 - ▶ szélesebb körű
 - ▶ kevesebb hiba(lehetőség)
 - ▶ gyorsabb javíthatóság

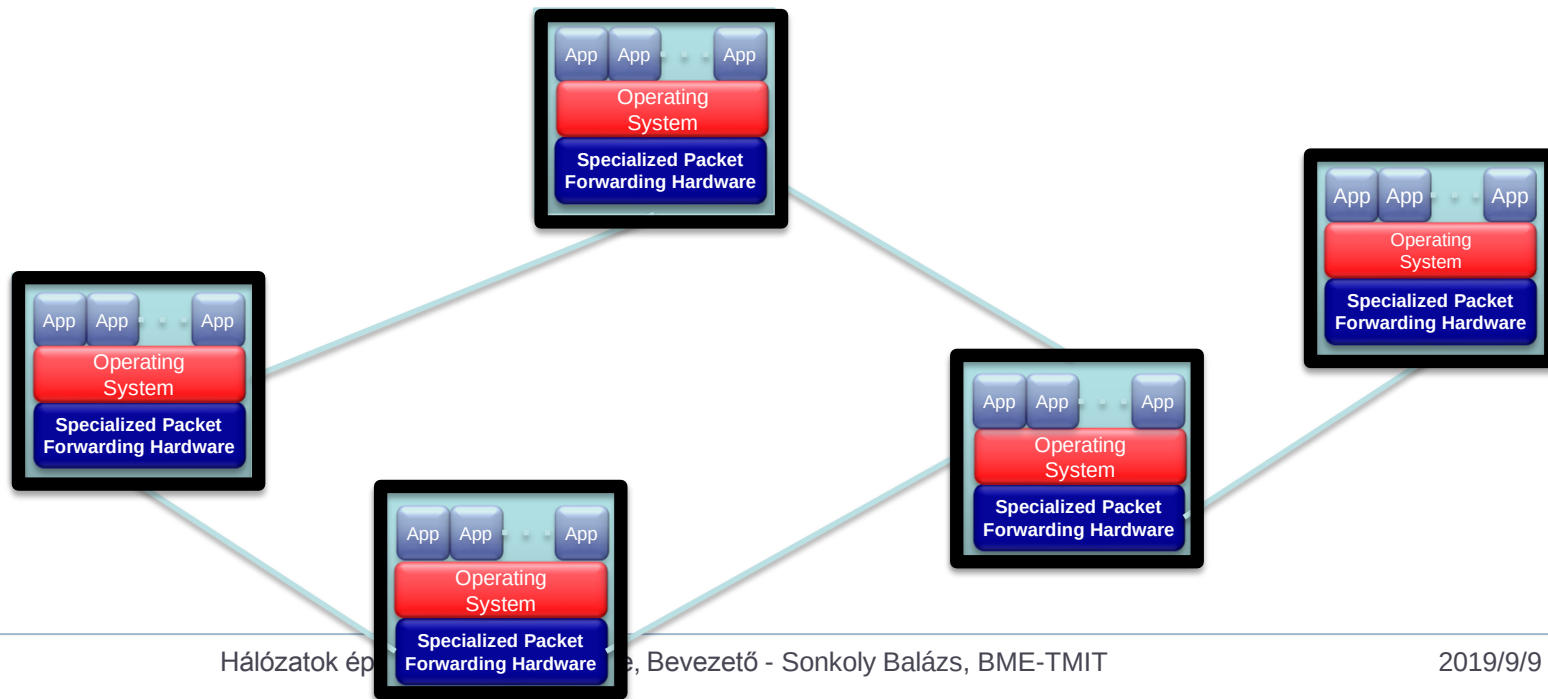
Kis előrettekintés: SDN

Szoftver-alapú hálózatok

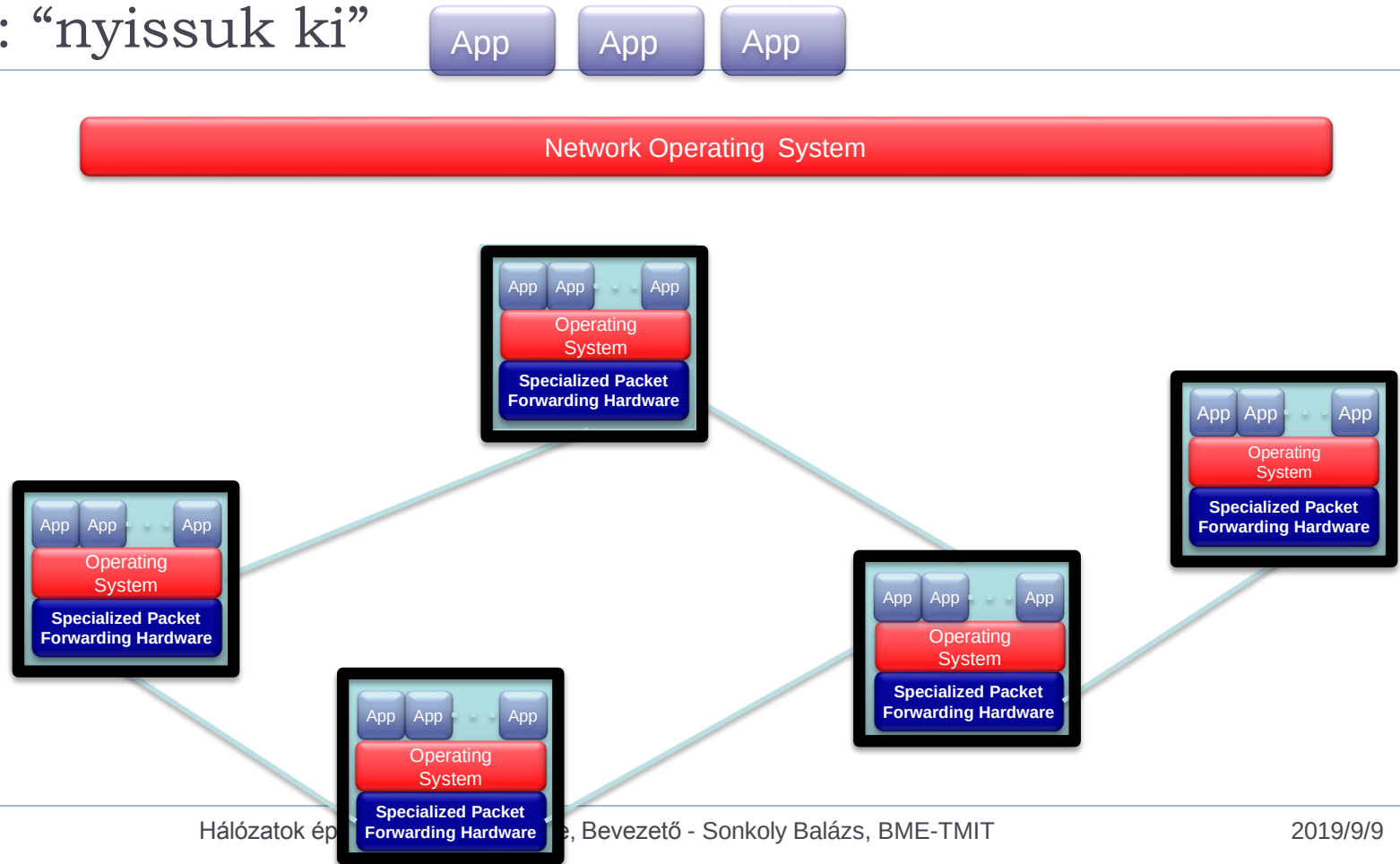
(Egy) Megoldás(i irány)

- ▶ Software Defined Networking
 - ▶ kontrollsík szoftverizálása
 - ▶ kontrollsík ↔ adatsík szeparálása
 - ▶ kontroll: döntés hogy mi történjen az adott forgalommal
 - ▶ adatsík: csomagok továbbítása
 - ▶ kontrollsík centralizálása / konszolidálása / egységesítése
 - ▶ közöttük: nyílt interfész(ek)
 - ▶ korábban: elosztott rendszer, „sok-sok” kapcsolat
 - ▶ most: elosztott rendszer, „egy-sok” kapcsolat!
- ▶ Egy népszerű realizáció: OpenFlow
 - ▶ kontroll-adat szeparálás +
 - ▶ hálózati eszköz általánosítása (absztrakció)
 - ▶ műveletek általánosítása (bizonyos mértékben)
 - ▶ új koncepció: hálózati operációs rendszer

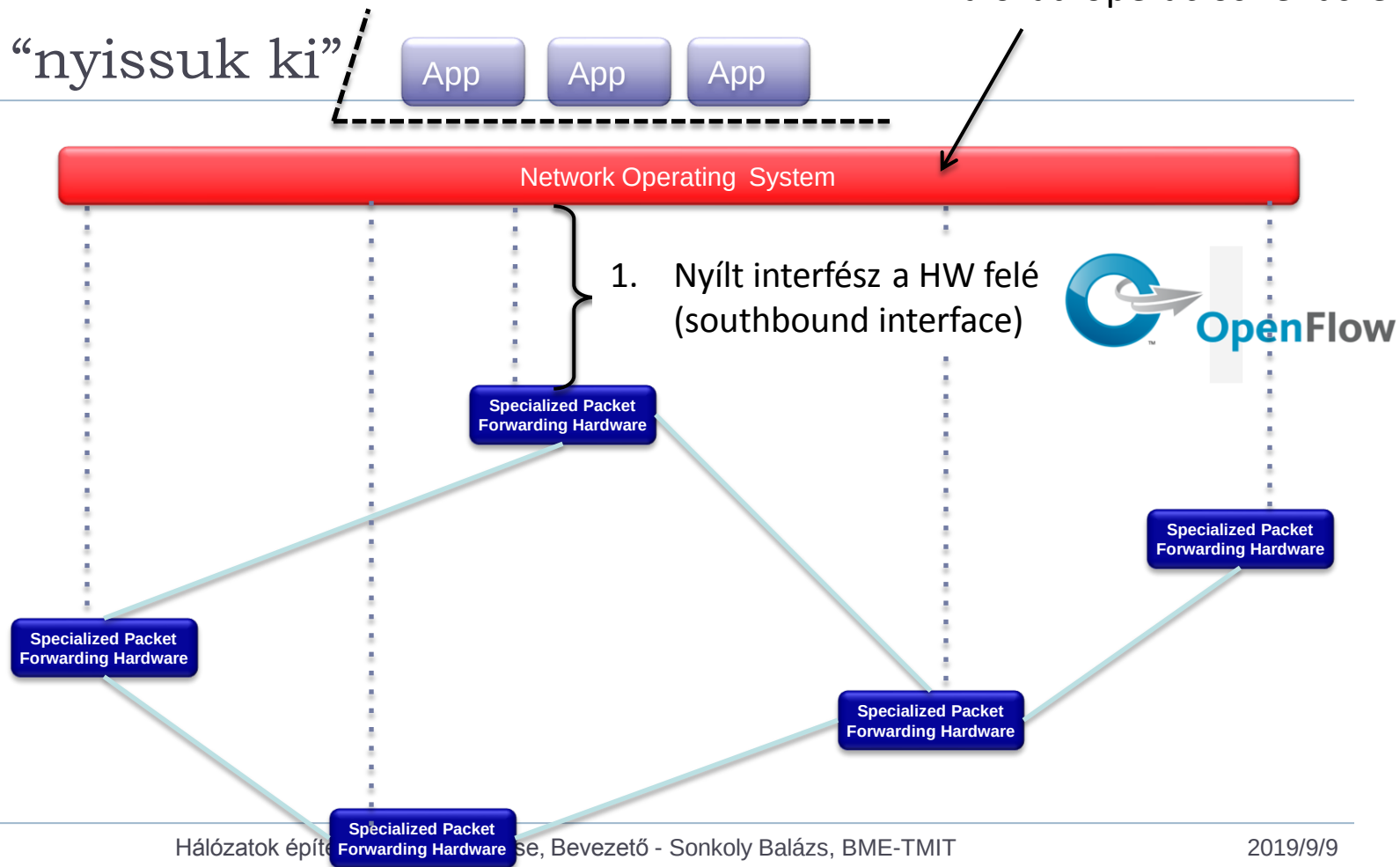
Internet ma: zárt infrastruktúra



SDN: “nyissuk ki”



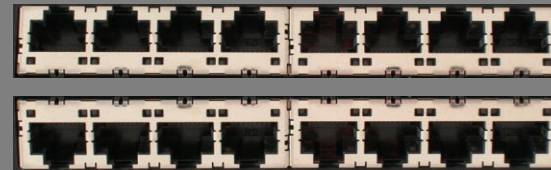
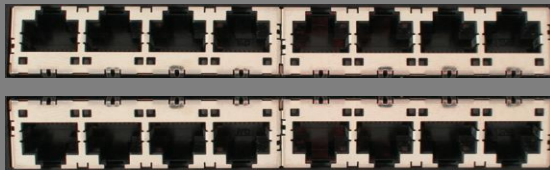
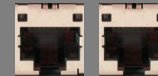
SDN: “nyissuk ki”



Mi is az az OpenFlow?

- ▶ OpenFlow egy API, interfész
- ▶ Ezen keresztül kontrollálható a csomag-továbbítás (forwarding)
- ▶ olcsó HW-en is implementálható
- ▶ Üzemeltetett hálózat programozható lesz
 - ▶ nem csak konfigurálható!
- ▶ Egyszerűbb innováció
- ▶ (egyszerűbb üzemeltetés, új szolgáltatások bevezetése)
- ▶ **Fő célok**
 - ▶ Ne kelljenek speciális testbedek
 - ▶ Kísérleti megoldások **valós hálózaton, valós forgalom mellett, vonali sebességen**

Ethernet Switch



Control Path (Software)

Data Path (Hardware)

OpenFlow Controller

OpenFlow Protocol (SSL/TCP)

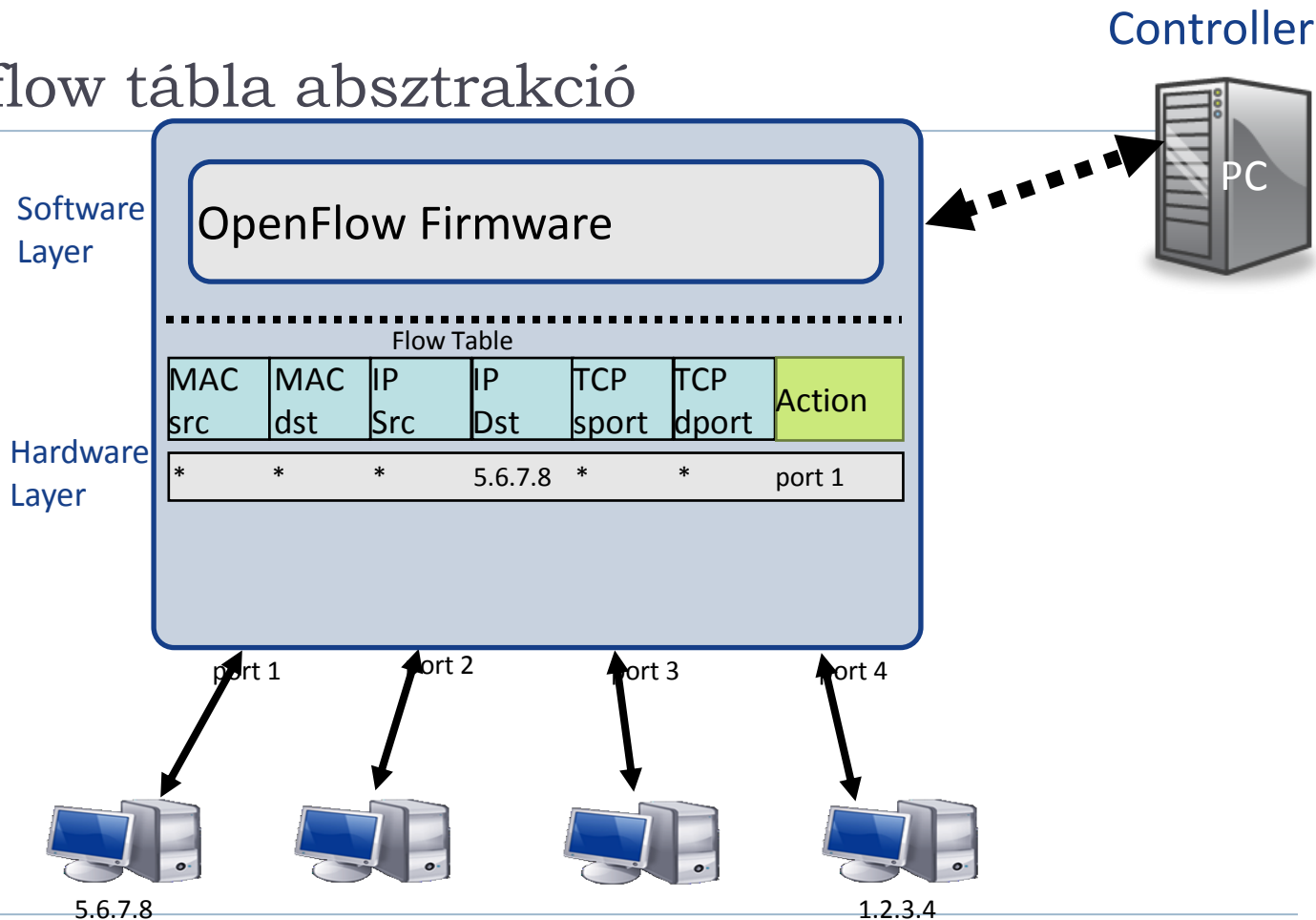


Control Path

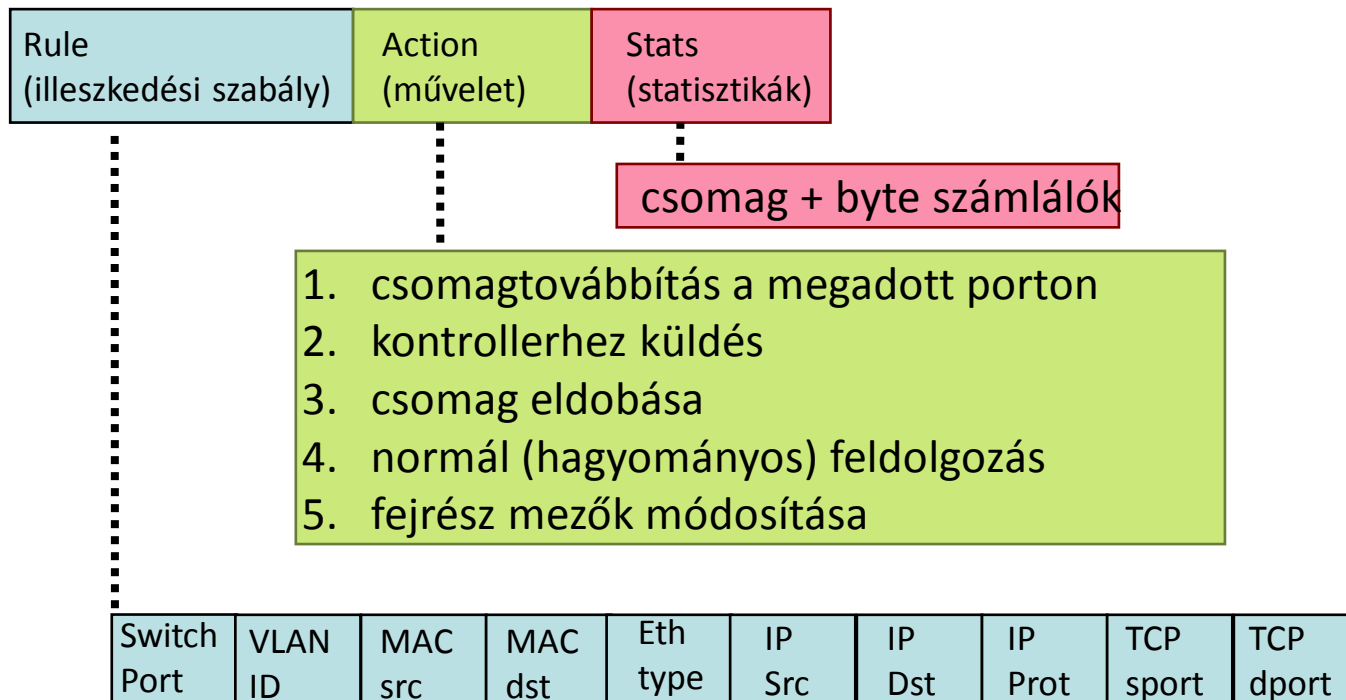
OpenFlow

Data Path (Hardware)

OpenFlow flow tábla absztrakció



Flow tábla bejegyzések



+ a nem szükséges mezők maszkolhatók (wildcard)

Flow tábla bejegyzések: példák

Switching (L2 kapcsolás)

Switch Port	MAC src	MAC dst	Eth type	VLAN ID	IP Src	IP Dst	IP Prot	TCP sport	TCP dport	Action
*	*	00:1f:..	*	*	*	*	*	*	*	port6

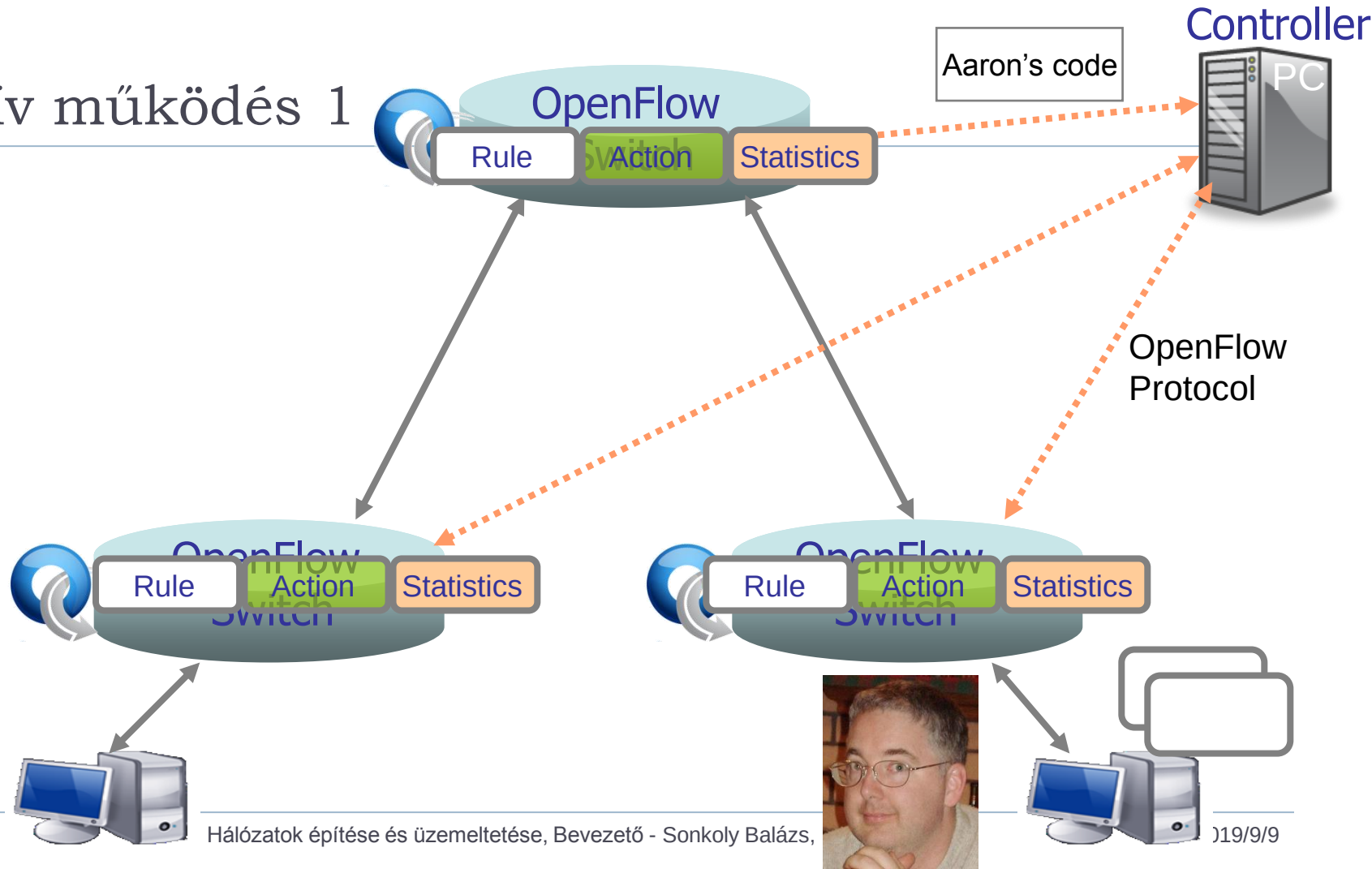
Routing (L3 útvonalválasztás)

Switch Port	MAC src	MAC dst	Eth type	VLAN ID	IP Src	IP Dst	IP Prot	TCP sport	TCP dport	Action
*	*	*	*	*	*	5.6.7.8	*	*	*	port6

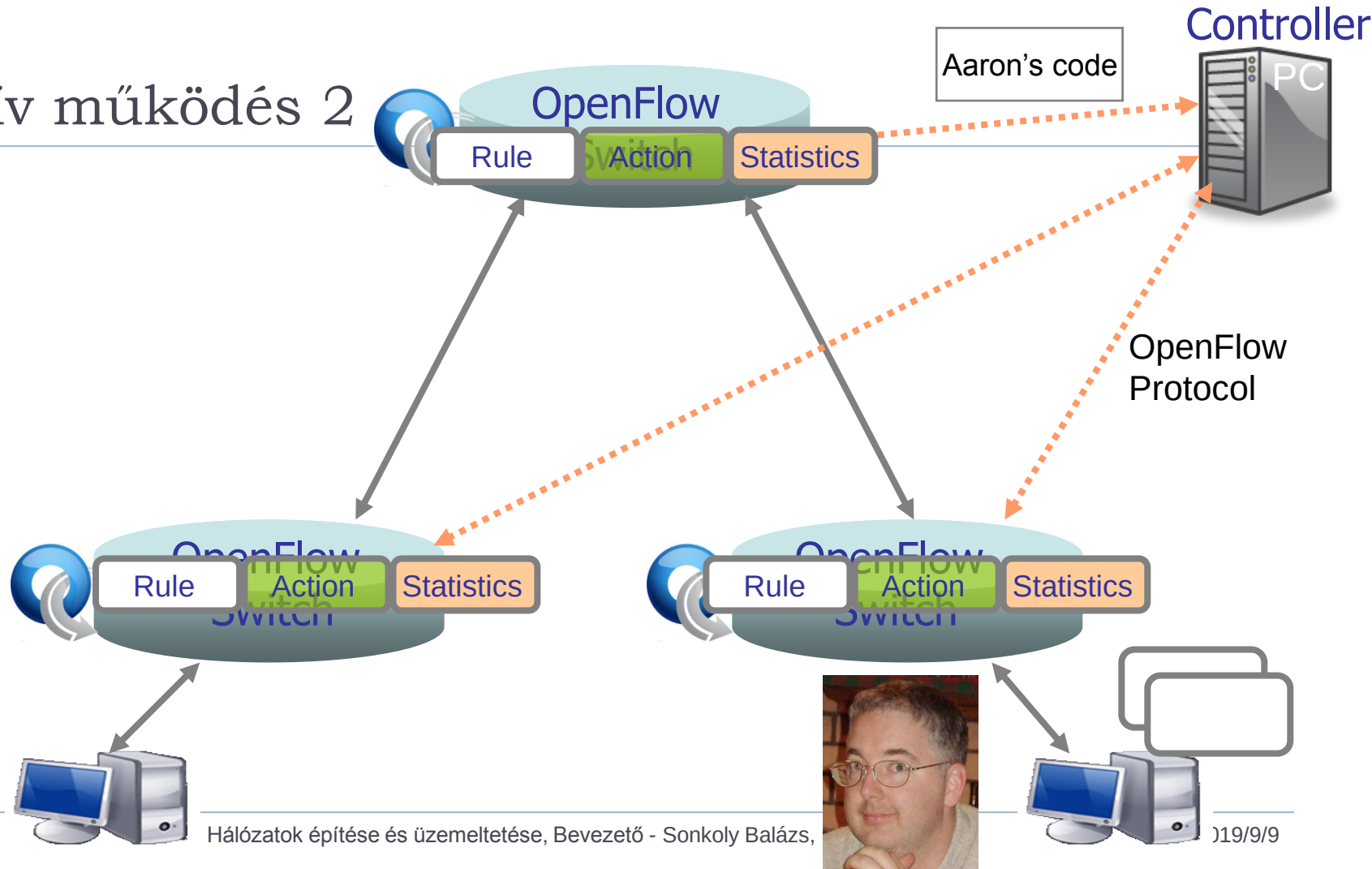
VLAN Switching

Switch Port	MAC src	MAC dst	Eth type	VLAN ID	IP Src	IP Dst	IP Prot	TCP sport	TCP dport	Action
*	*	00:1f:..	*	vlan1	*	*	*	*	*	port6, port7, port9

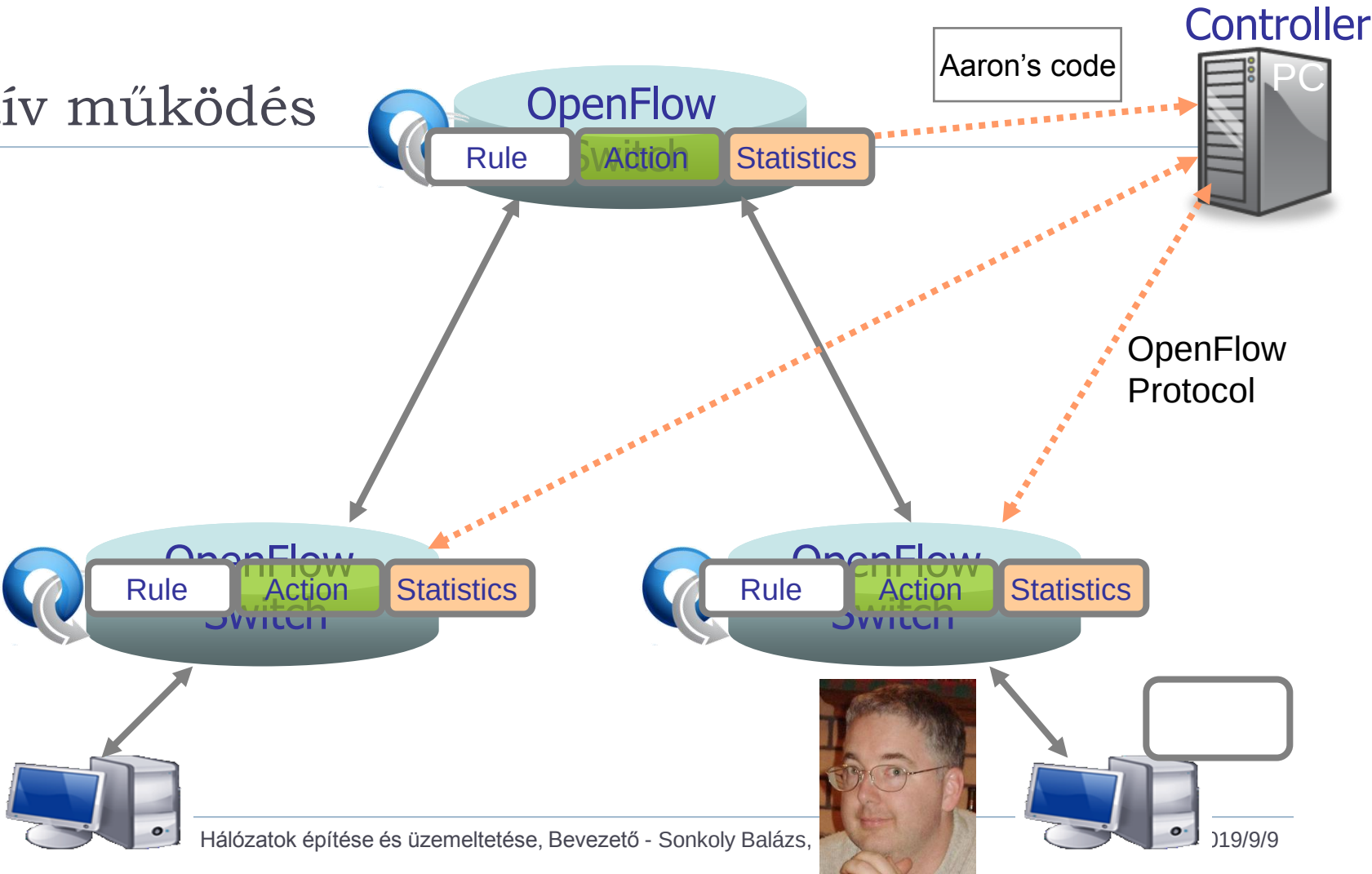
Reaktív működés 1



Reaktív működés 2



Proaktív működés



Kis előrettekintés: NFV

Hálózati Funkciók Virtualizálása

Middleboxok

- ▶ Mi az a middlebox?
 - ▶ minden forgalom/csomag processzáló eszköz, ami nem switch vagy router
 - ▶ speciális hálózati funkció
 - ▶ pl. NAT, tűzfal, IDS/IPS, DPI, load balancer
- ▶ Mennyi van belőlük a hálózatban?
- ▶ Felmérés:
 - ▶ nagyvállalati hálózati környezet
 - ▶ felhasználók >80K
 - ▶ telephely $n \cdot 10$

<i>Type of appliance</i>	<i>Number</i>
Firewalls	166
NIDS	127
Media gateways	110
Load balancers	67
Proxies	66
VPN gateways	45
WAN Optimizers	44
Voice gateways	11
Total Middleboxes	636
Total routers	~900

Middleboxok → NFV

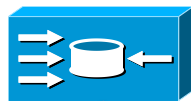
Implementáció ma:

- önálló egység
- speciális HW berendezés vagy
- switch/router + extra funkció

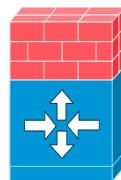
Tendencia:

- HW → SW
- általános célú HW-en
- SW komponensek
- NFV: Network Function Virtualization

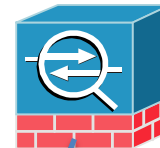
Proxy



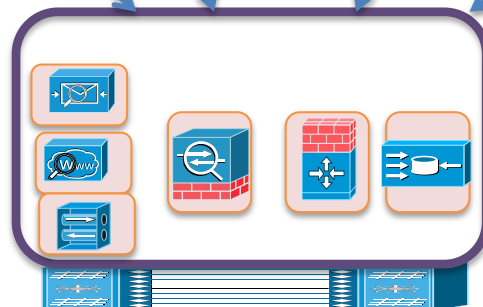
Firewall



IDS/IPS



AppFilter



NFV

- ▶ SDN: kontrollsík programozása/szoftverizálása
- ▶ Network Function Virtualization
 - ▶ adatsík programozása/szoftverizálása
 - ▶ általános célú szerver HW-ek (pl. x86)
 - ▶ hatalmas fejlődés
 - ▶ realitás a hatékony csomagfeldolgozás SW alapon!
 - ▶ pl. Intel DPDK, Netmap
- ▶ NFV-k futtatása
 - ▶ cloudban
 - ▶ vagy saját adatközpontokban
 - ▶ micro/pico adatközpont pl. egy bázisállomásban

SFC

- ▶ Service Function Chaining
- ▶ Nem új koncepció
- ▶ SDN előretörésével fókuszba került
- ▶ Tipikus szolgáltatás
 - ▶ hálózati funkciók végrehajtása
 - ▶ adott sorrendben
 - ▶ adott forgalomra
 - ▶ csomagok irányítása a funkciót megvalósító blokkok között
- ▶ Absztrakció
 - ▶ service chain vagy service graph
 - ▶ magas szintű szolgáltatások generikus leírására
 - ▶ milyen típusú forgalom/felhasználó
 - ▶ milyen elemi szolgáltatások (vagy hálózati funkciók)
 - ▶ milyen sorrendben

