

MEGBÍZHATÓSÁG ÉS HATÉKONYSÁG A SZOFTVERIPAR ÉS TELEKOMMUNIKÁCIÓS HÁLÓZATOK TERÜLETÉN

ÖSSZEFOGLALÓ – SZOFTVERIPAR ÉS TELEKOMMUNIKÁCIÓS HÁLÓZATOK MUNKACSOPORT

2020.SZEPTEMBER – 2021.JÚNIUS

LAKI SÁNDOR

INFORMÁCIÓS RENDSZEREK TANSZÉK
INFORMATIKAI KAR
ELTE EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM

EMAIL: LAKIS@INF.ELTE.HU
WEB: [HTTP://LAKIS.WEB.ELTE.HU](http://LAKIS.WEB.ELTE.HU)



NATIONAL RESEARCH, DEVELOPMENT
AND INNOVATION OFFICE
HUNGARY

PROGRAM
FINANCED FROM
THE NRDI FUND

Szoftver ipar és telekommunikációs hálózatok

- Hatalmas és komplex szoftver rendszerek
- Megbízhatóság és helyes viselkedés ellenőrzése
- További követelmények
 - Teljesítmény, skálázhatóság, energia fogyasztás, stb.



Szoftver ipar és telekommunikációs hálózatok

- ~~Dedikált hardver a célfeladatokhoz~~
 - ~~Drága, merev, nehezen skálázható~~



- Szoftveres hálózati funkciók (VNF)
 - Olcsó, rugalmas, jól skálázható, teljesítmény korlátok
 - Hagyományos szervereken fut (x86, ARM)



- Programozható hálózati eszközök
 - Nem olyan drága, rugalmas, skálázható, nagy teljesítmény
 - Hálózati programozási nyelv: P4
 - Csővezeték számítási modell, számos megszorítás és korlát



Munkacsoport témavezetői



- Kaposi Ambrus
 - Kvóciens induktív típusok a Martin-Löf típuselméletben



- Horpácsi Dániel
 - Nagy megbízhatóságú refaktorálás



- Tóth Melinda, Bozó István
 - Statikus forráskód elemzés és transzformációk Erlang nyelvhez



- Laki Sándor
 - Mélyen programozható hálózatok és új generációs Internet-architektúrák



- Gombos Gergő
 - Szolgáltatási minőség garanciákkal 5G hálózatokban és adatközpontokban



- Vörös Péter
 - Hibrid 5G/6G mobil hálózati architektúrák és számítások hálózatokban



- Tejfel Máté
 - P4 programok statikus elemzése és csomagfeldolgozási csővezetékek végrehajtási idejének becslése

Munkacsoport céljai

Megbízható szoftver rendszerek



Bizonyíthatóan helyes
programozást és program
ellenőrzést támogató módszerek



Statikus elemzési módszerek és
eszközök megbízható programok
előállítására



Hálózati programok
megbízhatóságát ellenőrző és
bizonyító módszerek és eszközök

Megbízható hálózati infrastruktúra



Alkalmazás követelményeket
kielégítő hálózati adattranszport



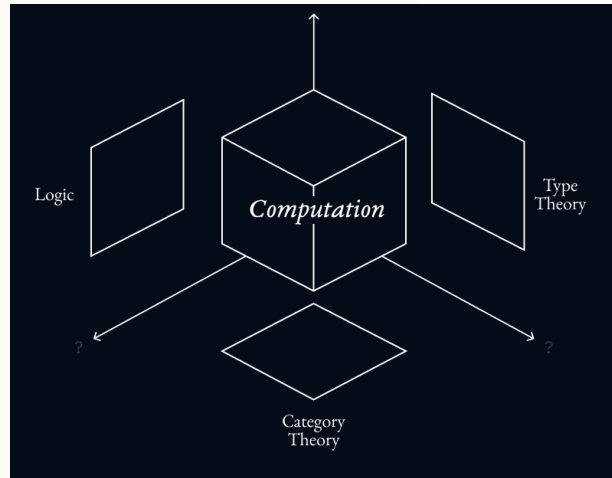
Hálózatok, mint programozható
platformok – kis késleltetés és
nagy sávszélesség





Típuselmélet alapú programhelyesség ellenőrzés

- **Nagy bonyolultságú** szoftver rendszerek
 - melyek számos **hiba/hibalehetőség**
- A programozási nyelvek **nem követelik meg helyes programok írását**



Forrás:

<https://threader.app/thread/1192050316935458816>

- **Egy olyan programozási nyelvet fejlesztünk, melyben egy program tetszőleges tulajdonsága leírható és bizonyítható**
 - a matematika és a programozás közös nyelvének fejlesztése
 - a programhelyességet maga a nyelv biztosítja



Típuselmélet alapú programhelyesség ellenőrzés



Utóbbi év fő eredménye:

- **a típuselmélet setoid modelljére épülő új programozási nyelv**
 - Altenkirch T., Boulier S., Kaposi A., Sattler C., Sestini F.: Constructing a universe for the setoid model. 24th International Conference on Foundations of Software Science and Computation Structures, (CORE 2018 ranking: A)



Erlang programok statikus elemzése és transzformálása

- **A program forráskódján végzett elemzés és módosítás**

- bonyolult statikus elemzésekre épít
- meggyorsítja/pontosabbá teszi a kézzel végzett kód ellenőrzést
- segíti a hibák felderítését még a végrehajtás előtt

**in Erlang
for Erlang**



- **Tulajdonságok ellenőrzése**

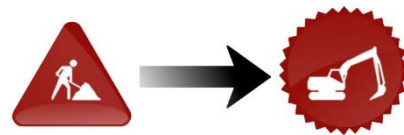
- Megbízhatóság, bonyolultság, minőség, sérülékenység

- **Programok fejlesztésének támogatása**

- Lekérdező nyelv, függőségek felderítése, hibakeresés támogatás

- **Ipari méretű kódokra is alkalmazható**

Effective software maintenance





Erlang programok statikus elemzése és transzformálása

- **Főbb eredmények**

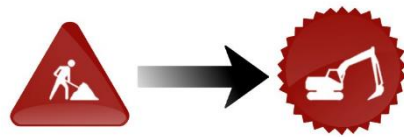
- Biztonsági sérülékenységek ellenőrzői
- Futási időt csökkentő optimalizációk
- Algoritmusok pontosságának növelése
- Ellenőrzések fejlesztési folyamatba integrálhatóság növelés
- Binárisok elemzése
- Végrehajtási hibákhoz vezető utak felderítése

- **Ipari alkalmazás: Ericsson**

Az eszköz letölthető: <http://plc.inf.elte.hu/erlang>

**in Erlang
for Erlang**

Effective software maintenance

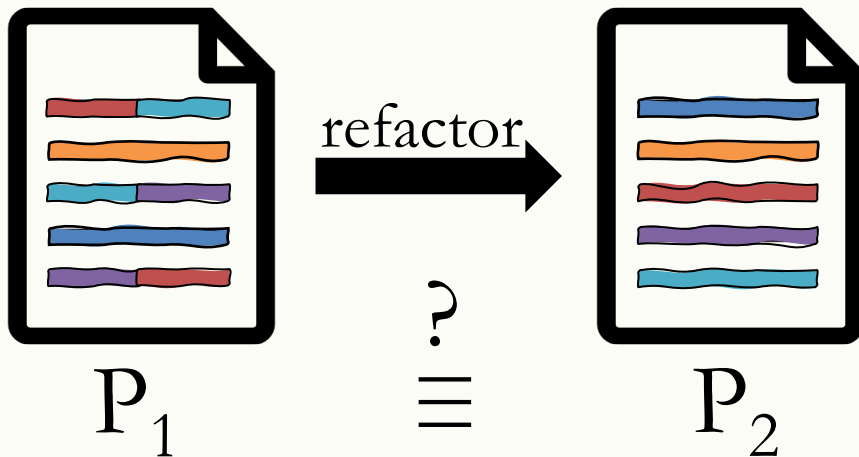




Refaktorálások helyessége



- **Viselkedésmegőrzés**
 - Formális szemantika
 - Programekvivalencia
- **Transzformáció leírása**
 - Programmodell
 - Átírási kalkulus, séma
- **Helyességbizonyítás**
 - Elemzés/transzformáció
 - Gépi tételbizonyítás



$$\forall P: (P \stackrel{?}{\equiv} \text{refactor}(P))$$



Refaktorálások helyessége

Főbb eredmények:

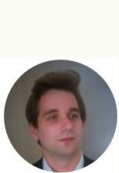
- **Core Erlang formális szemantika kidolgozása**
 - A szekvenciális nyelvi elemekhez, több különböző stílusban
- **Core Erlang programekvivalenciák kidolgozása**
 - Mellékhatások, magasabbrendű függvények, kongruencia
- **Az illesztési logika bizonyítórendszere helyességének igazolása**
 - Együttműködésben a UIUC egyetemmel, teljes formalizáció
 - Lehetőséget ad sok más programozási nyelv programjairól való érvelésre
- **Egyes refaktorálási sémák megvalósítása a Wrangler refaktoráló eszközben**

$\llbracket P \rrbracket$

$P_1 \equiv P_2$

$\Gamma \vdash \varphi$

$\llbracket \omega \rrbracket$

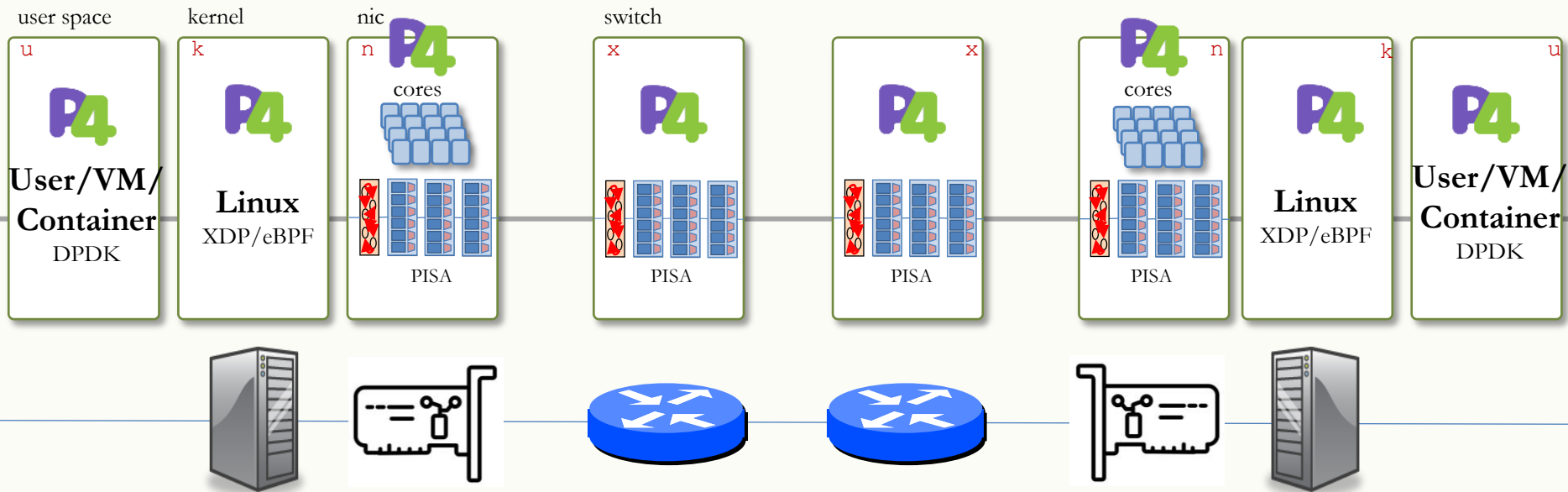


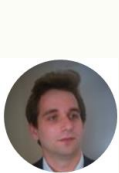
Mélyen programozható hálózatok

Paradigmaváltás a telekommunikációs hálózatok területén



- Hálózat, mint programozható platform



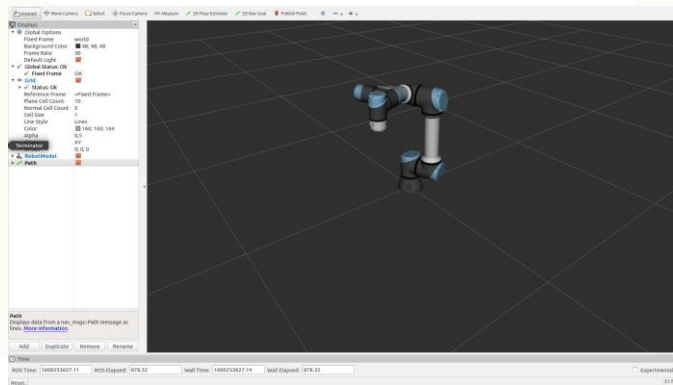
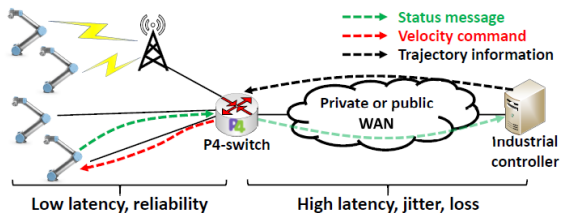


Mélyen programozható hálózatok

Főbb eredmények



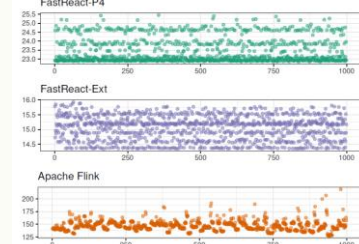
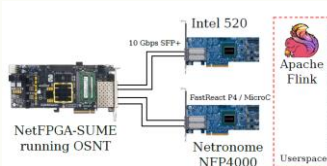
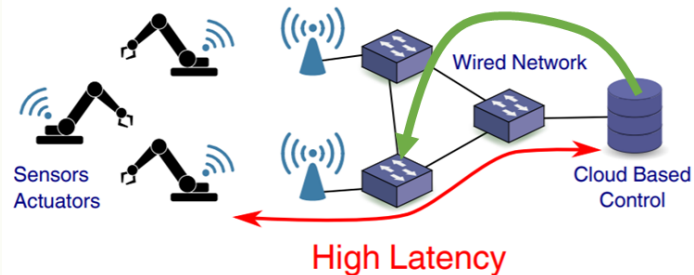
Robot vezérlő hálózatok



Elfogadott USENIX NSDI'22 (A* Konferencia)
Az Ericsson kutatórészlegével közös munka.

nsdi'22
19th USENIX Symposium on Networked Systems
Design and Implementation

Gyors eseménydetektálás szenzor adatfolyamokban



IEEE TNSM – March 2021 (Q1/D1 folyóirat)
Andreas Kasslerrel (KAU) közös munka.



PROGRAM
FINANCED FROM
THE NRDI FUND

Szolgáltatási minőség garanciákkal



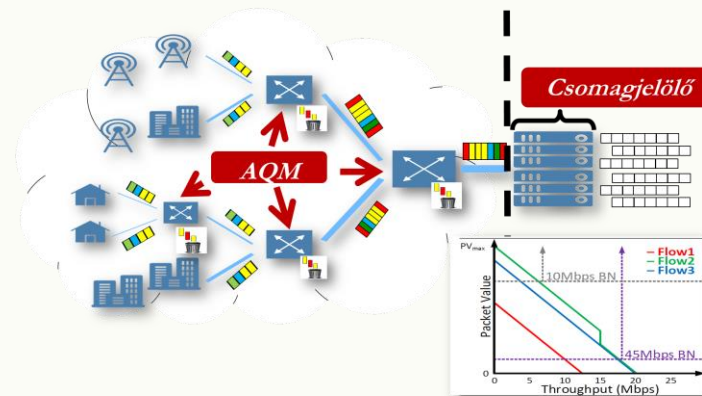
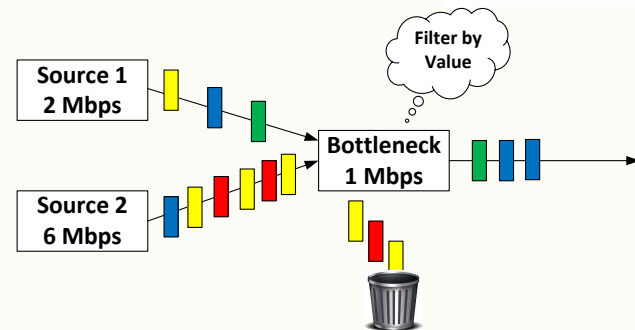
- Nagy sebességű lakossági hozzáférés, adatközpontokban számos alkalmazás, SLA-k

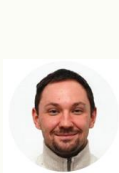
- **Megoldások**

- Az infrastruktúra túlméretezése – **költséges**
- Módszer a túlterhelések kezelésére – **bonyolult**

- **Állapot nélküli erőforráselosztó módszert fejlesztünk**

- Egyszerű és jól skálázódó
- Csomag jelölés a hálózat peremén
 - Vannak állapotok, de elosztottan megvalósítható
- Erőforrás (AQM) csomópontok (pl. routerek) csomagjelölés alapján működnek
 - Állapot nélküli és egyszerű

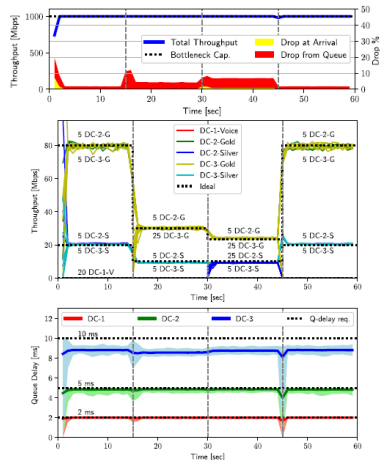
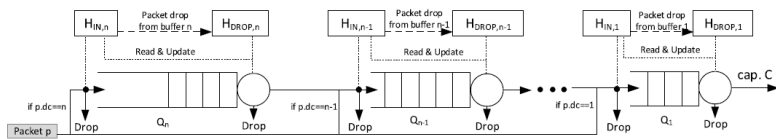




Szolgáltatási minőség garanciákkal Eredmények

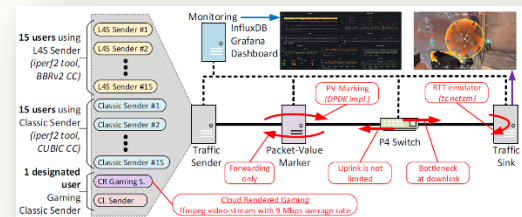


Átfogó megoldás szolgáltatási minőség kezelésére



ACM/IEEE ToN (Q1/D1 folyóirat)
Az Ericsson kutatórészlegével közös munka.

Hierarchikus szolgáltatási minőség



IEEE INFOCOM'21 – BEST DEMO AWARD
IEEE TNSM – beküldés előtt
Az Ericsson kutatórészlegével közös munka.



PROGRAM
FINANCED FROM
THE NRDI FUND



P4 programok statikus elemzése



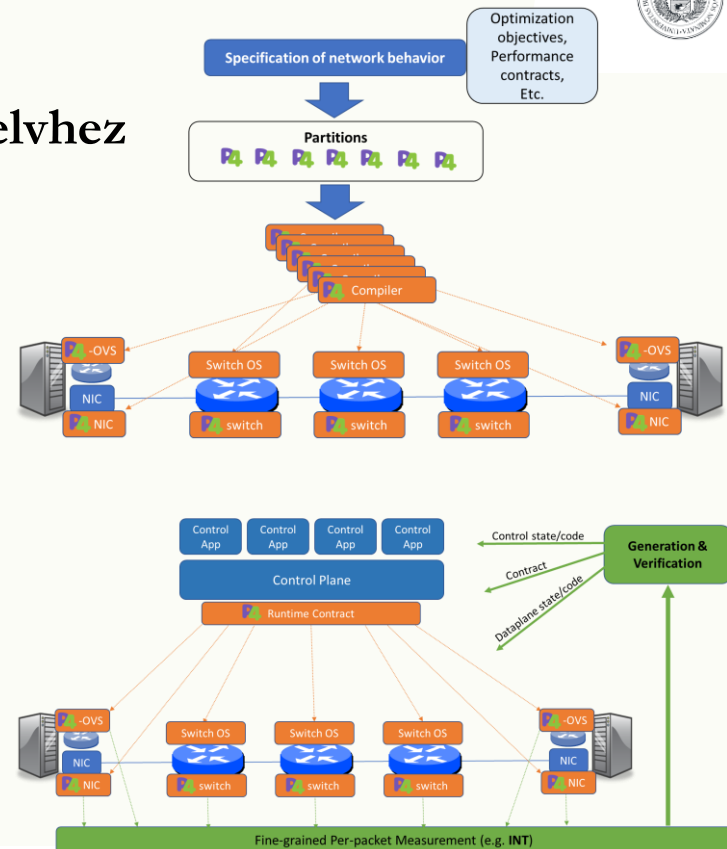
- Szakértői rendszerek megalapozása P4 nyelvhez

- **Program minőségének javítása**

- Megbízhatóság vizsgálat
- Hiba keresés és viselkedés bizonyítás

- **További felhasználások**

- Fordító optimalizáció
- P4 program diszaggregáció
- Költségelemzés

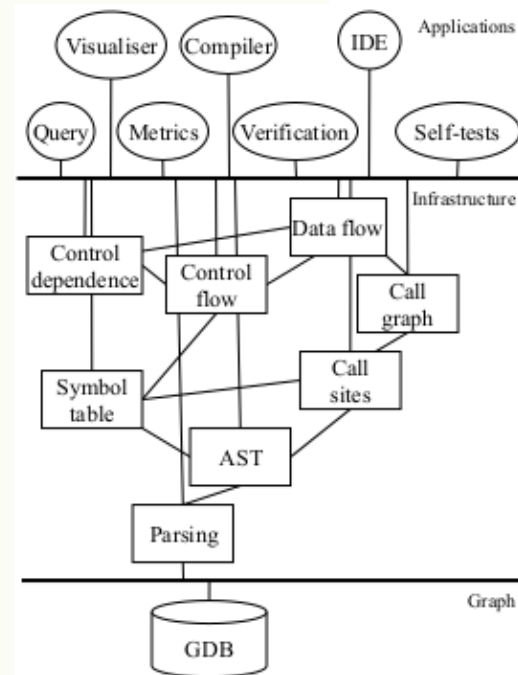




P4 programok statikus elemzése

Főbb eredmények

- **P4Query**
 - egységes, gráfalapú keretrendszer P4 programok elemzéséhez
- **Elemzések hasznosítása:**
 - potenciálisan hibás kódrészletek
 - költségelemzéshez primitív utasítások
 - táblák közötti függőségek optimalizációhoz
- **Együttműködés az Ericsson Magyarország Kft-vel**
 - Valós esettanulmányok definiálása



Elérhető: <https://github.com/P4ELTE/P4Query>

A munkacsoport számokban

- Folyóirat cikkek

- Elfogadott: 9**

- Q1: 3, OTH: 6**

- Bírálat alatt: 16

- Q1: 2, Q2: 1, OTH: 13

- Konferencia cikkek

- Elfogadott: 13**

- Bírálat alatt: 4

- Best Demo Award**

- IEEE INFOCOM 2021 (A* konferencia)

- Technical/Invited Talks**

- ONF P4 Workshop'21, HoTTEST'20

- Témavezetett hallgatók:

- 22+15 (BSc/MSc), 12 (PhD)**



- Pályázatok:

- 2 COST Action** pályázat
(Kaposi Ambrus, Laki Sándor)

- 1 nyertes (Kaposi Ambrus)**

- H2020 NGI Pointer Open Call-2**
(Laki Sándor)

- Nyertes, 200e EUR, 12 hónap**

- Lendület** pályázat
(Kaposi Ambrus)

- OTKA FK_21**
(Laki Sándor, Tejfel Máté)

- OTDK

- 2.hely: 2**

- 3.hely: 6**



Nemzetközi együttműködések és ipari kapcsolatok

- **Élő együttműködések (közös megjelent vagy tervezett cikkek)**

- University of Nottingham (UK), University of Gothenburg (Sweden), Karlstad University (Sweden), Queen Mary University of London (UK), University of Campinas (Brasil), University of Amsterdam (NL), University of Oxford (UK), Yale University (USA), University of Kent (UK), University of Illinois at Urbana-Champaign (USA), University of Novi Sad (Serbia)

- **COST Action** pályázatok

- **ONF P4 Education WG**

- P4PI platform fejlesztés



P4PI Hackathon
SIGCOMM 2021

- **Új kapcsolatfelvételek (PhD mobilitás, közös érdeklődés)**

- UC Berkeley (USA), Stanford University (USA), TU Wien (A)/TU Berlin (DE), ETH Zurich (CH), Nokia Bell Labs Antwerp (BE)

- **Ipari kapcsolatok**

- Ericsson, OTP Bank

Legfontosabb eredmények

- **Új paradigmára épülő programozási nyelv került kifejlesztésre**
 - A program helyességét maga a nyelv garantálja
 - Megbízható rendszerek alapját adhatja a jövőben
- **Megbízható refaktorálást garantáló módszerek elméleti megalapozás**
 - Refaktorálást támogató eszközök
- **Új módszerek késleltetés kritikus számítások hálózatba való kiszervezése**
 - Felhő robotika problémáinak megoldása
 - Esemény detektálás szenzorok által küldött adatfolyamokban
- **Új elvekre épülő szolgáltatási minőséget garantáló módszer**
 - Késleltetés és sávszélesség követelmények kezelése egymástól függetlenül
 - Hierarchikus szolgáltatási minőség emulálása nagy sebességű hálózati switcheken
- **Új elemző keretrendszer és elemzési módszerek hálózati programokhoz**
 - Hibák feltárása, költségelemzés támogatása

KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!



Az Alkalmazásiterület-specifikus nagy megbízhatóságú informatikai megoldások című projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a Tématerületi kiválósági program (TKP2020-NKA-06, Nemzeti Kihívások Alprogram) finanszírozásában valósult meg.



NATIONAL RESEARCH, DEVELOPMENT
AND INNOVATION OFFICE
HUNGARY

PROGRAM
FINANCED FROM
THE NRDI FUND