



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2



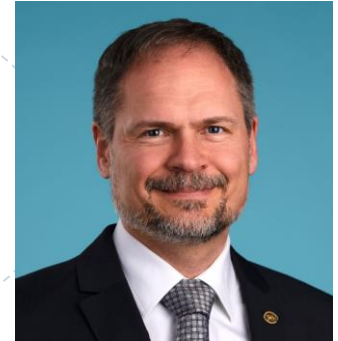
Mesterséges Intelligencia alkalmazásai 5G-ben



Hello 😊

- PhD tantárgy: 5G hálózatok, szolgáltatásaik, és az ipari IoT szinergiája (2019-től)
- Pal Varga, et al. "5G support for industrial IoT applications—challenges, solutions, and research gaps." *Sensors* 20.3 (2020): 828. - cited by 238
- Választható tárgy: 5G mobil rendszerek architektúrája és szolgáltatásai (2021-től)
- Keynote: AI-based solutions to support 6G in the Cloud – from design to operation (IEEE NOMS, MIAMI, 2023)
- Keynote: Interoperability in communication for Industry5.0 powered by applied AI/ML (Networks of Future, 2024)

Varga Pál



pvarga@tmit.bme.hu

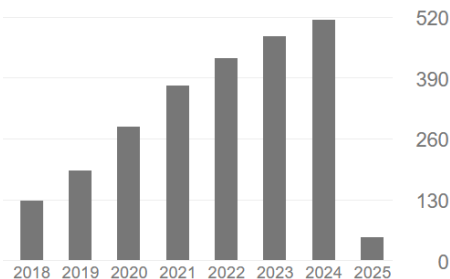


K+F+I háttér

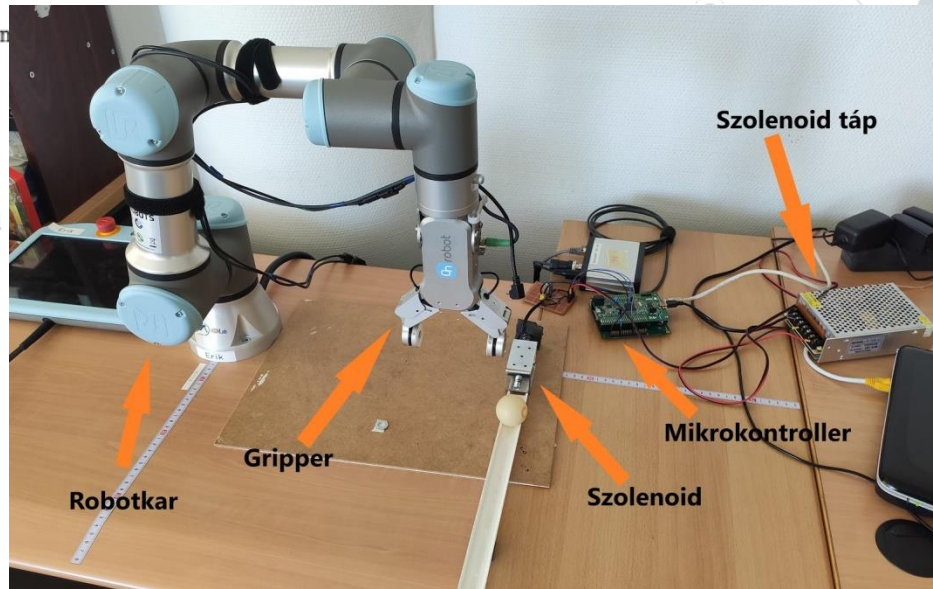
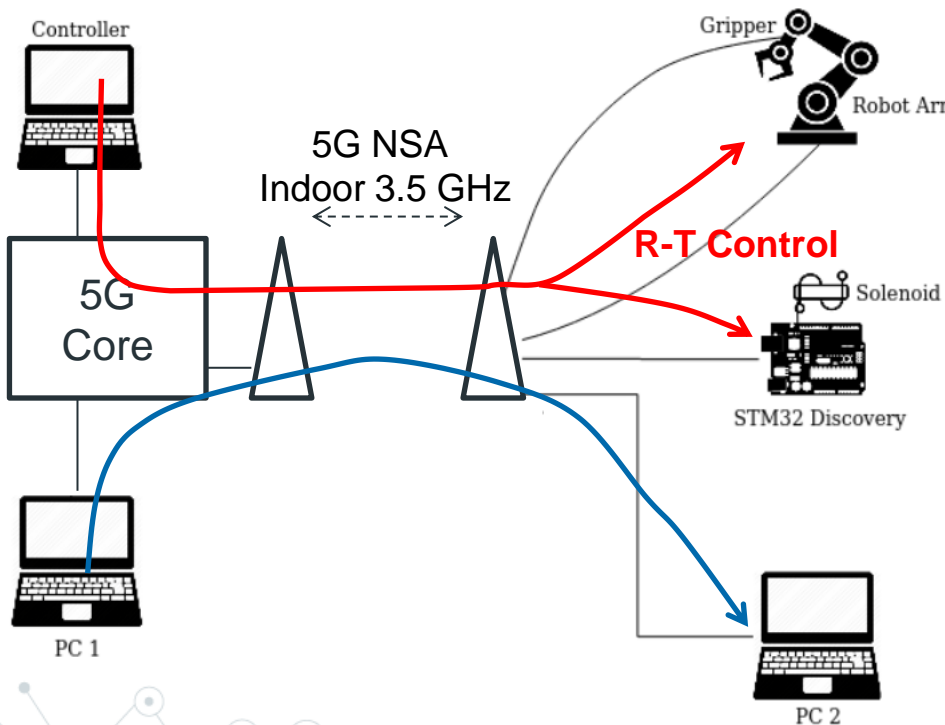
- **Eclipse Arrowhead** framework
- **Arrowhead Tools** for CPSoS
- **AIMS5.0** – AI in Manufacturing
leading to Sustainability and Industry5.0
- **Arrowhead flexible Product Value Networks**
- IEEE Int'l WS on **Generative AI** in Network Management
- IEEE Int'l WS on **Analytics** for Service and Applications Mgmt
- IEEE/IFIP Network Operations and Mgmt Symposium (**NOMS**) 2020, 2022
- IEEE/IFIP Conference on Network and Service Management (**CNSM**) 2024
- IEEE Conference on Network Softwarization (**NetSoft**) 2025

Hivatkozott rá **ÖSSZES MEGTEKINTÉSE**

	Összes	2020 óta
Hivatkozások	2755	2148
h-index	29	23
i10-index	64	51

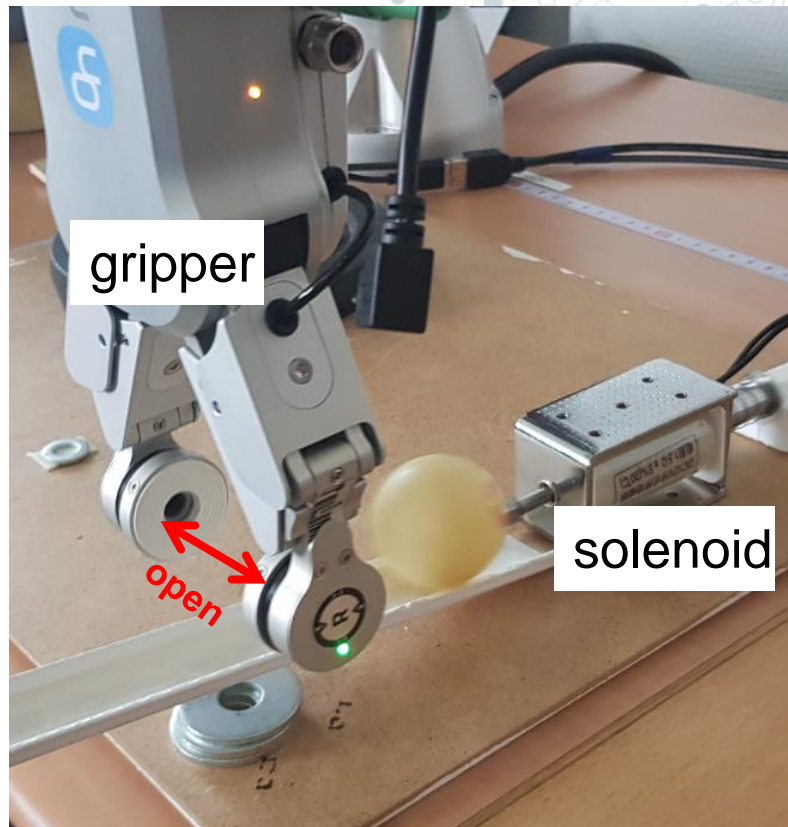
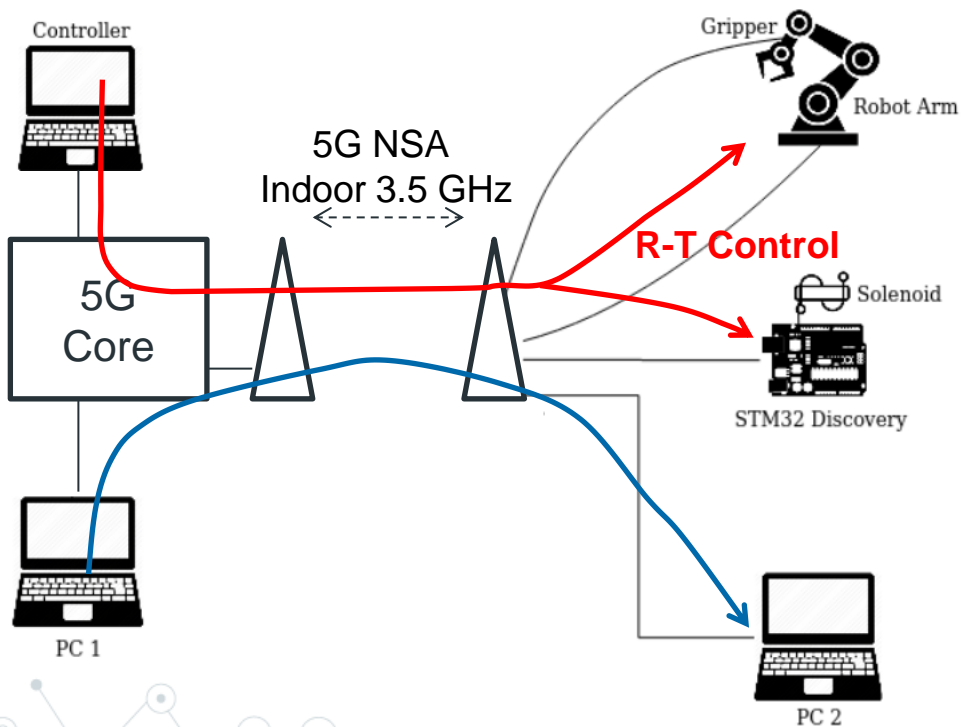


Demonstráció – 2020: valós idejű távoli robotvezérlés

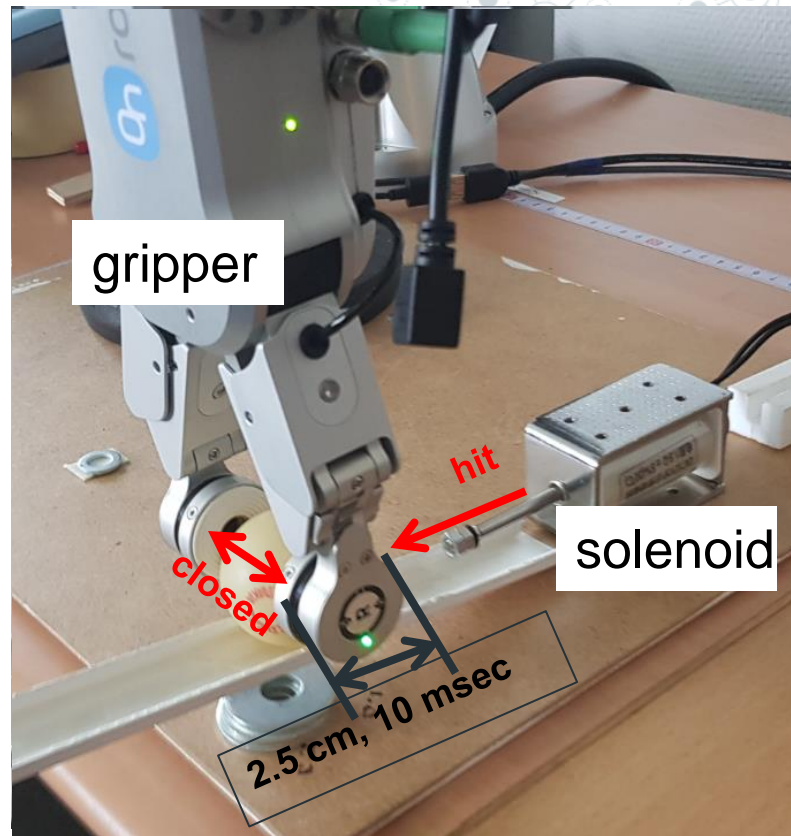
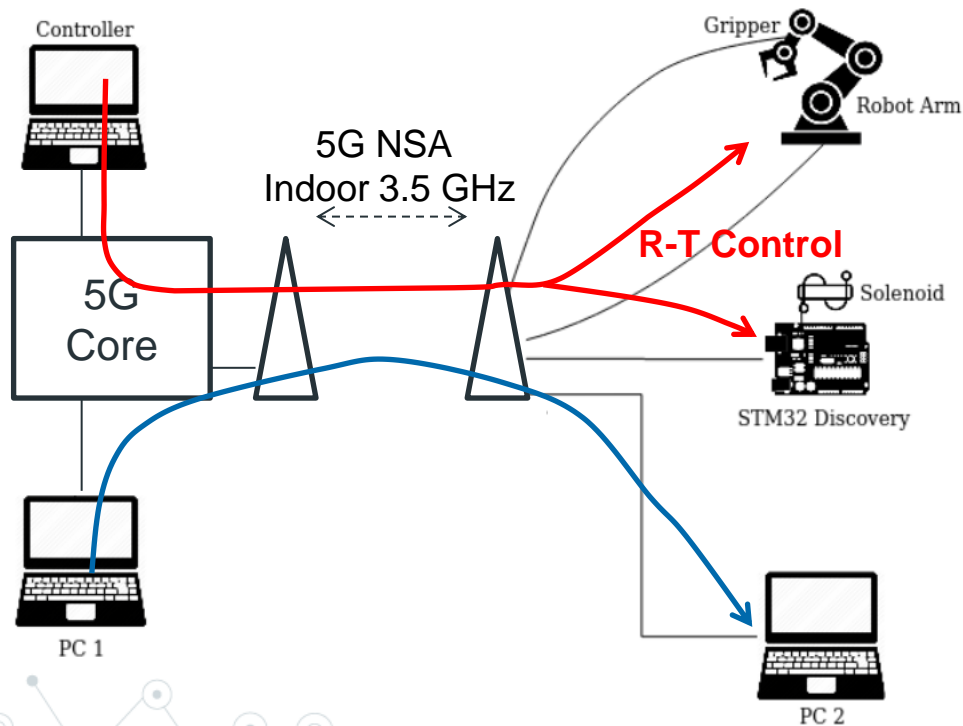


BME- Ericsson - Magyar Telekom

Az esemény triggerere



A sikeres végrehajtás



Mesterséges Intelligencia az Infokommunikációs szektorban

Üzleti intelligencia és piaci elemzés

Ügyfélszolgálat és virtuális asszisztensek, QoE javítása

Hálózatoptimalizálás és forgalomkezelés

Spektrum és erőforrás-allokáció

Adatközpont-automatizáció és energiahatékonyság

Automatizált felhőmenedzsment és konténerizáció

Interoperabilitás és rendszerintegráció

Hálózati események és eseménykezelés

Automatikus hibafelismerés és diagnosztika

Prediktív elemzés, kapacitástervezés, karbantarás

Bonyolult, többforrású adatelemzés

Kiberbiztonság és fenyegetésészlelés

Adatbiztonság és felhasználói adatvédelem



“Mesterséges Intelligencia alkalmazásai az 5G-ben” - 1



3. Az 5G és MI kapcsolata

- Az 5G által biztosított nagy sávszélesség és alacsony késleltetés
- MI szerepe az 5G-hálózatok optimalizálásában
- Adatfeldolgozás a peremfelhőben (edge AI)



4. MI alapú hálózatoptimalizálás

- Dinamikus spektrumkezelés
- Önszerveződő hálózatok (SON)
- Prediktív analitika és forgalomkezelés



5. Automatikus hálózatfelügyelet és karbantartás

- Hibadetektálás és prediktív karbantartás MI-vel
- Anomáliák azonosítása valós időben
- Hibajavítás és öngyógyító hálózatok



6. MI az 5G hálózati biztonságban

- Kiberfenyegetések valós idejű detektálása
- Adaptív behatolásérzékelő rendszerek
- Deep learning és AI-alapú csalásfelismerés



7. Okosvárosok és MI az 5G-ben

- Közlekedési optimalizáció AI-alapú adatfeldolgozással
- Intelligens közvilágítás és energiafelhasználás
- Biztonsági kamerarendszerek és MI



8. Ipar 4.0 és intelligens gyárak

- 5G és MI-alapú robotika és automatizálás
- Valós idejű adatfeldolgozás gyártási környezetben
- Okos szenzorok és MI az előrejelző karbantartásban



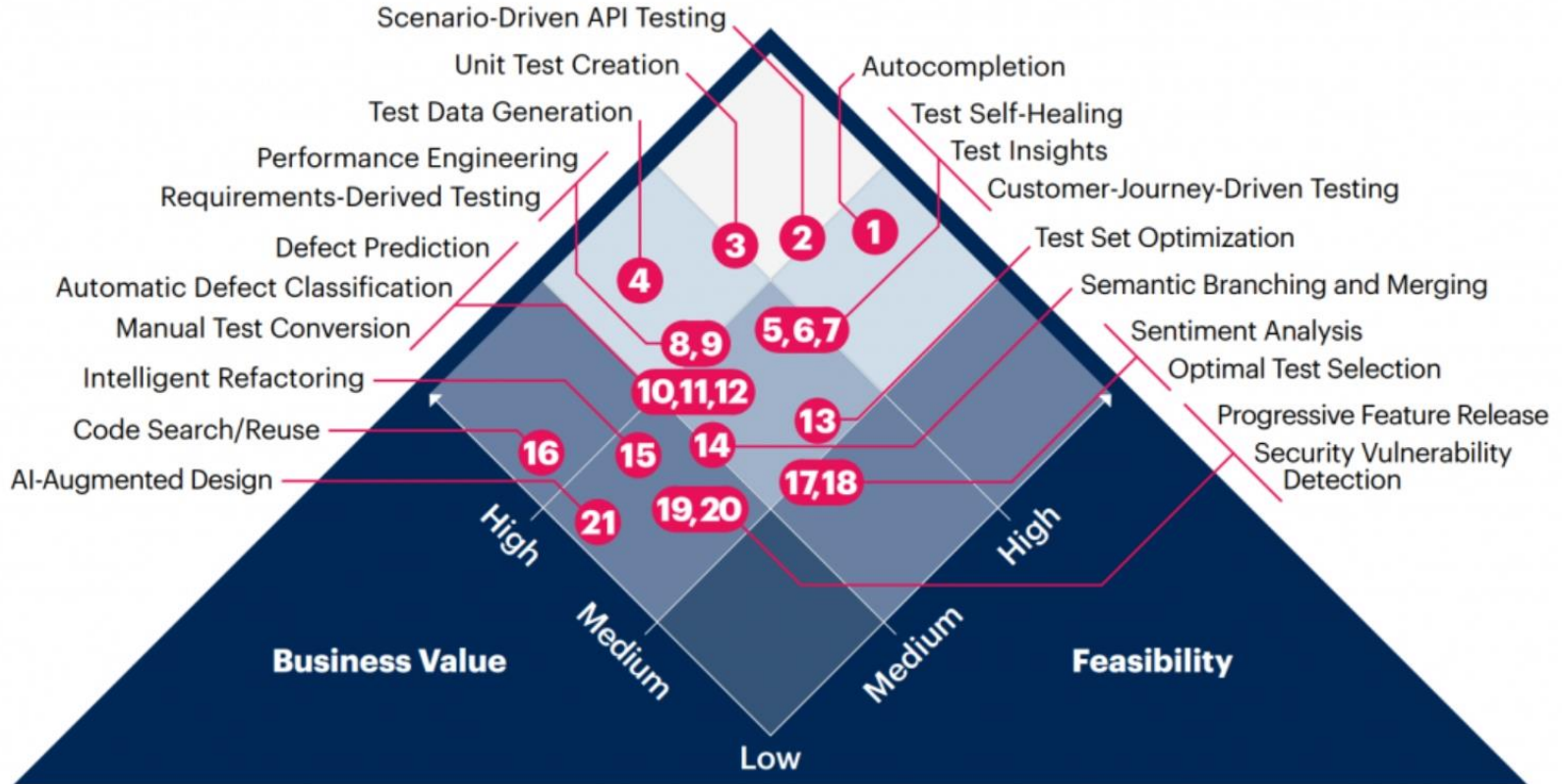
9. Autonóm járművek és intelligens közlekedés

- MI és 5G az önvezető autókban
- Járműkommunikáció (V2X) és prediktív elemzések
- AI a forgalomszabályozásban és balesetmegelőzésben

“Mesterséges Intelligencia alkalmazásai az 5G-ben” - 2

- **10. Egészségügyi alkalmazások**
 - 5G és MI az orvosi távdiagnosztikában
 - AI-alapú egészségügyi monitorozás
 - Távoli műtétek és robotikus sebészet 5G segítségével
- **11. Kiskereskedelem és ügyfélmélmény**
 - AI és 5G a személyre szabott marketingben
 - Okos boltok és önkiszolgáló rendszerek
 - Virtuális és kiterjesztett valóság (VR/AR) alkalmazások
- **12. Energia és környezetvédelem**
 - MI és 5G az energiahatékony hálózatokban
 - Okos hálózatok (smart grid) és fogyasztásoptimalizálás
 - Környezetvédelmi monitoring MI-alapú elemzéssel
- **13. Generatív MI az 5G-ben**
 - AI-alapú tartalomgenerálás az 5G-hálózatokon
 - Generatív modellek az ügyfélszolgálatban és chatbotok
 - MI és multimédiás tartalomgyártás
- **14. Edge AI és federated learning az 5G-ben**
 - Adatfeldolgozás a hálózat peremén (edge computing)
 - Federated learning és adatvédelem
 - Decentralizált MI modellek hatékonysága
- **15. Az MI és 5G integráció kihívásai**
 - Infrastrukturális kihívások és költségek
 - Adatvédelem és biztonsági kockázatok
 - Interoperabilitás és szabványosítás
- **16. Jövőbeli trendek és lehetőségek**
 - 6G és MI integrációja
 - Kvantumkommunikáció és M.I.
 - ***MI által vezérelt önálló hálózatok***
- **17. Ipari alkalmazások és esettanulmányok**

AI in SW development (Gartner)



A background network diagram consisting of various nodes (circles) connected by lines, some solid and some dashed, creating a complex web-like structure. The nodes vary in size and some have internal details like smaller circles or patterns.

Intent-based networking

...

Felhasználói intenció kinyerése és vezérlés ez alapján

Narrative Text

prob: 1.00
partitionId: 6c1d1ac8-a483-4840-bc1e-48c3c96aa407

see discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/352372731>

Title

prob: 1.00
partitionId: 5b77d3d2-3264-42ca-8639-fc6f68bc833d

A DevOps Approach for Cyber-Physical System of Systems Engineering through Arrowhead

Narrative Text

prob: 1.00
partitionId: ea9ce4d8-52a8-46bf-9ddf-fdad184253c1

Conference Paper · May 2021

Title

prob: 1.00
partitionId: 0e59ebd0-886e-46aa-8c54-39cea55c0a4e

CITATIONS

3

Title

prob: 1.00
partitionId: 895914b0-f234-4c95-b361-e2d77e026a74

Image Title

prob: 1.00
partitionId: 02222222-2222-2222-2222-222222222222

prob: 1.00
partitionId: 22222222-2222-2222-2222-222222222222

prob: 1.00
partitionId: 17222222-2222-2222-2222-222222222222

1 PUBLICATIONS 431 CITATIONS

SEE PROFILE

Image Title

prob: 1.00
partitionId: 22222222-2222-2222-2222-222222222222

prob: 1.00
partitionId: 22222222-2222-2222-2222-222222222222

prob: 1.00
partitionId: 22222222-2222-2222-2222-222222222222

prob: 1.00
partitionId: 22222222-2222-2222-2222-222222222222

1 PUBLICATIONS 312 CITATIONS

prob: 1.00
partitionId: 8d8a884e-5c40-4669-8523-3d51908e10b8

SEE PROFILE

Title

prob: 1.00
partitionId: 3f0ca3f4-6473-4362-b4ef-ddacc1a8abef

READS

295

Narrative Text

prob: 1.00
partitionId: 88332753-279e-4702-8228-1e188476da708



Pal Varga

Budapest University of Technology and Economics

135 PUBLICATIONS 1,801 CITATIONS

SEE PROFILE

Interoperabilitási információ kinyerése adatlapokból



5. BASIC CHARACTERISTICS

LS 14250 E

一次性锂-亚硫酰氯电池 (Li-SOCl₂)

3.6V高能量密度 1/2 AA尺寸碳包式电池

5.1 Capacity

5.2 Nominal Voltage

5.3 Internal Resistance

萨福得 LS 14250 E 电池是长期运行装置的理想之选 (5年至20年以上), 适用于小背囊电流和周期脉冲的装置。

5.4 Discharge Current

优点

- 高容量及高能量密度
- 在绝大多数应用的寿命周期内具有高且稳定的电压响应
- 宽阔的工作温度范围(-60°C / +85°C)
- 自放电率低, 使用寿命长 (在+20°C条件下, 1年后每年少于1%)

5.5 Max Charge Current

5.6 Standard

5.7 Rapid Charge

5.8 Standard

5.9 Rapid Discharge Current

5.10 Max Pulse Discharge Current

5.11 Weight

5.12 Max. Dimension

5.13 Operating Temperature

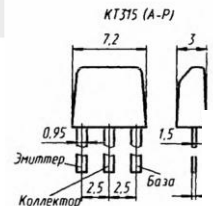
5.14 Storage Temperature



```

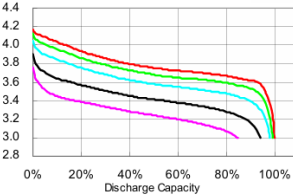
"LIR18650 2600mAh": {
  "Performance": {
    "Nominal Voltage": "3.7V",
    "Nominal Capacity": "2600mAh",
    "Typical Capacity": "2550mAh",
    "Minimum Capacity": "2500mAh",
    "Internal Impedance": "≤ 70mΩ",
    "Discharge Cut-off Voltage": "3.0V",
    "Max Charge Voltage": "4.20±0.05V",
    "Standard Charge Current": "0.52A",
    "Rapid Charge Current": "1.3A",
  }
}
    
```

KT315A, KT315B, KT315C, KT315D, KT315E, KT315Ж, KT315И, KT315Й, KT315К, KT315Л, KT315М, KT315Н, KT315О, KT315П, KT315Р, KT315С, KT315Т, KT315У, KT315Ф, KT315Х, KT315Ц, KT315Ч, KT315Ш, KT315Щ, KT315Ъ, KT315Ы, KT315Ь, KT315Э, KT315Ю, KT315Я, KT315А, KT315Б, KT315В, KT315Г, KT315Д, KT315Е, KT315Ж, KT315З, KT315И, KT315Й, KT315К, KT315Л, KT315М, KT315Н, KT315О, KT315П, KT315Р, KT315С, KT315Т, KT315У, KT315Ф, KT315Х, KT315Ц, KT315Ч, KT315Ш, KT315Щ, KT315Ъ, KT315Ы, KT315Ь, KT315Э, KT315Ю, KT315Я, 52A", .6A",

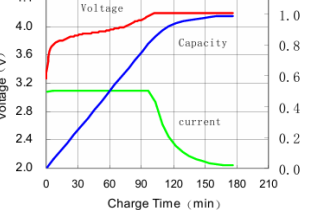


Транзисторы кремниевые эпитаксиально-планарные структуры n-p-n усильтельные. Предназначены для применения в усилителях высокой, промежуточ-

Rate Discharge Characteristics
 Charge: CC-CV: 1.3A-4.2V at 25°C
 Discharge: CC, variable Current (EV: 3.0V)



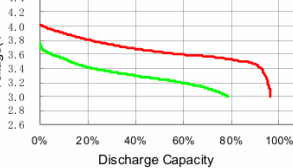
Charge Characteristics
 Measurement temperature: 25°C
 Charge: CC-CV:1.3A-4.2V



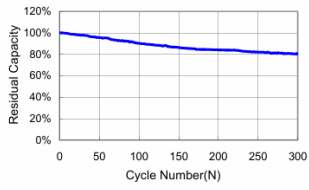
Масса транзистора не Изготовители — акг. Брянск, Нальчинский зг. Нальчик, завод при НИИ

Электрич Статический коэффициент в схеме ОЭ при U_{сз} = 10 В KT315A, KT315B KT315B, KT315Г, KT315Д KT315Ж, KT315И, не менее KT315П

Discharge Temperature Characteristics
 Charge:CC-CV:1.3A-4.2V at25°C
 Discharge:CC:variable Current(E.V:3.0V)



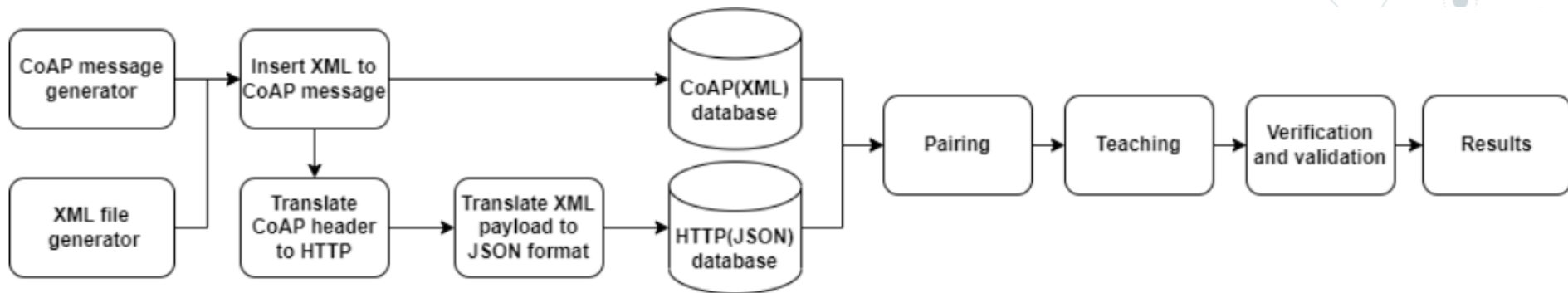
Cycle Characteristics
 Measurement temperature:25°C
 Cycle condition:charge:CC-CV:1.3A-4.2V
 Discharge:CC:1.3A(E.V:3.0V)



PARAMETER	SYMBOL	CIRCUIT	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX
Quiescent Current	I _{CCQ}	-	V _{CC} =18V THD=10%	-	-	-
Output Power	P _{OUT}	-	V _{CC} =13.2V, THD=10% V _{CC} =13.2V, R _L =2Ω, THD=10%	-	-	-
Maximum Output Voltage	P _{OM}	-	V _{CC} =13.2V	-	-	-
Total Harmonic Distortion	THD	-	P _{OUT} =1W P _{OUT} =100mW P _{OUT} =1W, R _L =2Ω	-	0.15 0.2 0.25	1.0 1.0 1.0
Voltage Gain (Note)	G _V	-	V _{IN} =2.45mV _{rms}	52	-	58
Input Resistance	R _{IN}	-	V _{OUT} =2V _{rms}	30	40	-
Output Noise Voltage	V _{NO}	-	R _G =10kΩ, BW=50~20kHz	-	-	3.5

Note : In regard to the value of voltage gain (closed loop voltage), it is possible to be classified.

Protokoll adat-fordítás: CoAP-XML to HTTP-JSON



Header: 0.03 (T=RST, Code=0.03, MID=0x492a) URI= coap://Dlh.org/barvvMmQrb Token: 0x0 Content-Format: application/xml Max-Age: "ysTCCCAzcr" Proxy-Scheme: "tzMAGJ" Accept: "wpX" Payload: <?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?> <Insurance Companies> <Top_Insurance Companies> <Name>Berkshire Hathaway (BRK A)</Name> <Market_Capitalization>\$539 billion</Market_Capitalization> </Top_Insurance Companies> </Insurance Companies>	PUT/barvvMmQrb HTTP/1.1 Host: Dlh.org Content-Type: application/xml Cache-Control: "ysTCCCAzcr" Proxy-Authorization: "tzMAGJ" Accept: "wpX" Payload: T=RST, MID=0x492a, Token=0x0 { "Insurance Companies":{ "Top_Insurance Companies":{ "Name": "Berkshire Hathaway (BRK A)", "Market_Capitalization": "\$539 billion" } } }
--	--

Tothfalusi, T., Varga, E., Csiszar, Z., & Varga, P. (2023, October). ML-Based Translation Methods for Protocols and Data Formats. In *2023 19th International Conference on Network and Service Management (CNSM)* (pp. 1-5). IEEE.

NETCONF konfiguráció generálása: YANG Modellek XML-ben leírva

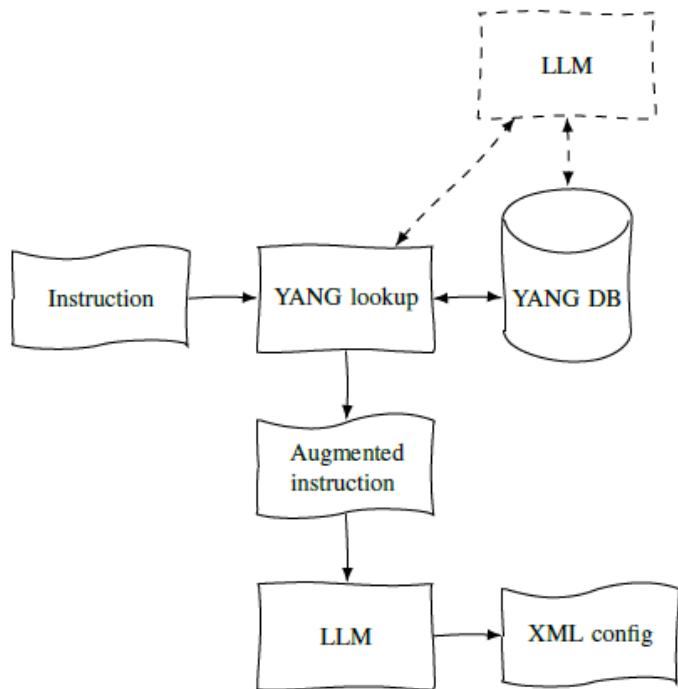


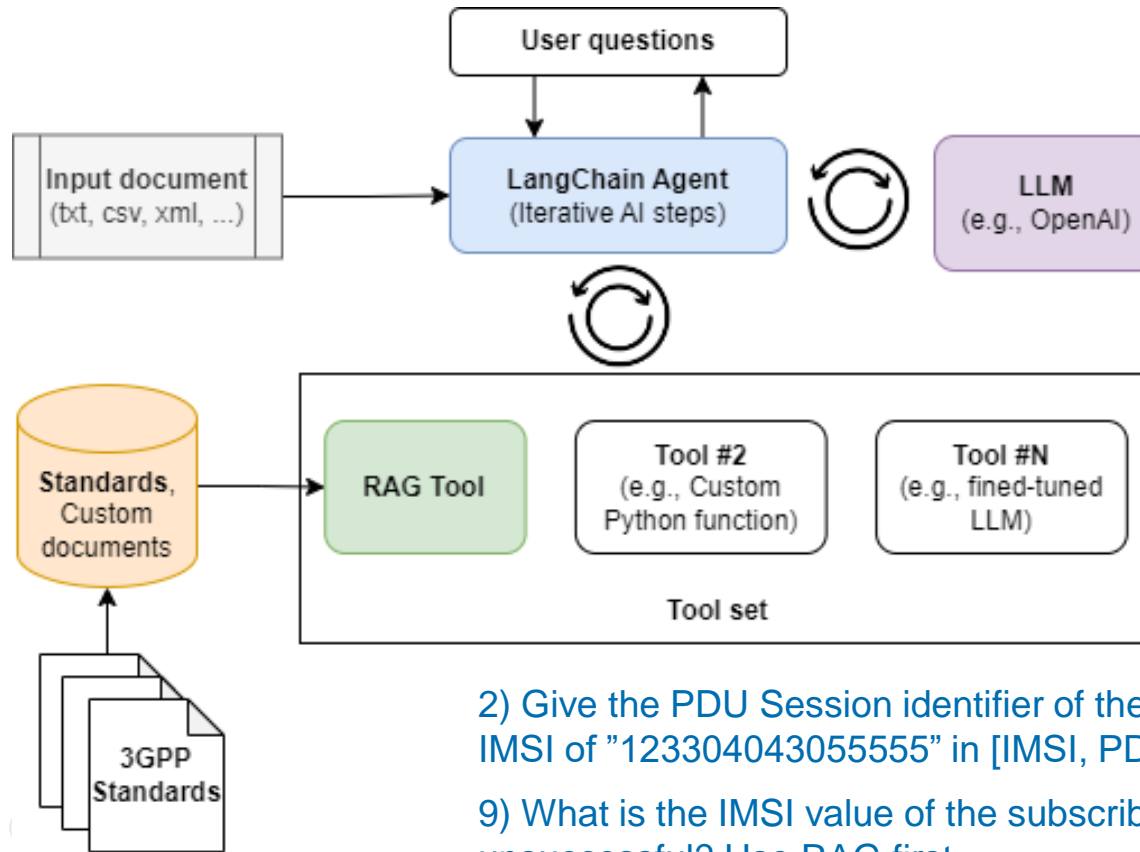
Fig. 4. The proposed pipeline for augmenting the original instructions with YANG models, necessary for enabling the LLMs to answer in a strict and well-defined format. The pipeline basically provides domain knowledge to the otherwise general LLMs. Dashed line interactions and functions are optional, but there are instances where their use is appropriate, as detailed in the text.

Hollosi, G., Ficzer, D. & Varga, P. (2024, October). *Generative AI for low-level NETCONF configuration in network management based on YANG models*. In *2024 19th International Conference on Network and Service Management (CNSM)* (pp. 1-7). IEEE/IETF

Write me a NETCONF configuration based on the instructions below:

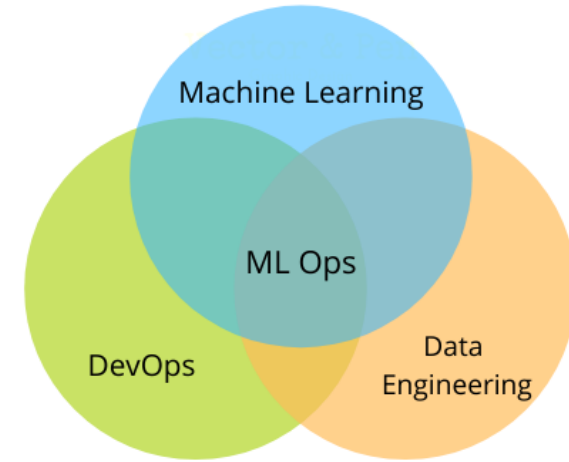
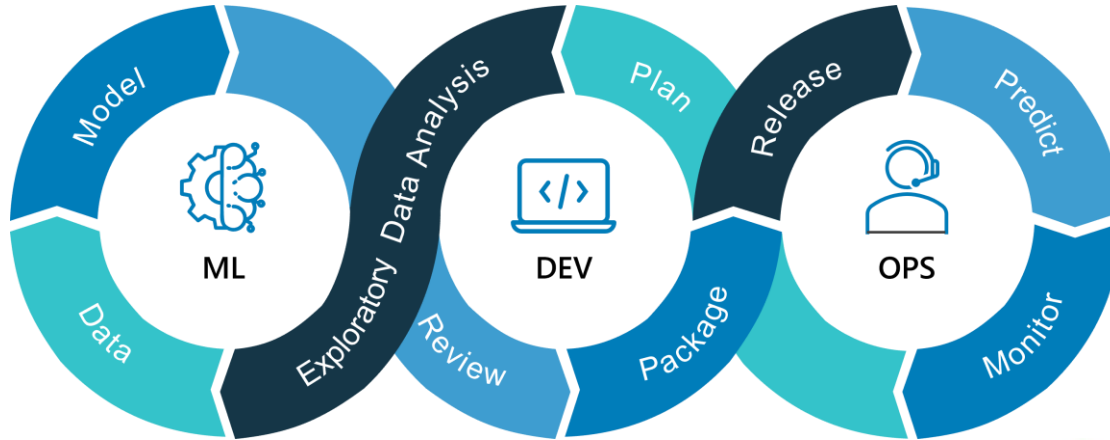
- 1) Set the eth0 interface to 192.168.0.1/24 ip address.
- 2) Set the eth0 interface to 192.168.0.1 ip address with 255.255.255.0 netmask.
- ...
- 10) Set up a destination NAT where every incoming tcp packets which arrives to the port 80 forwarded to the 192.168.0.2:80 address.

Információkinyerés protokoll szabványokból (pdf)

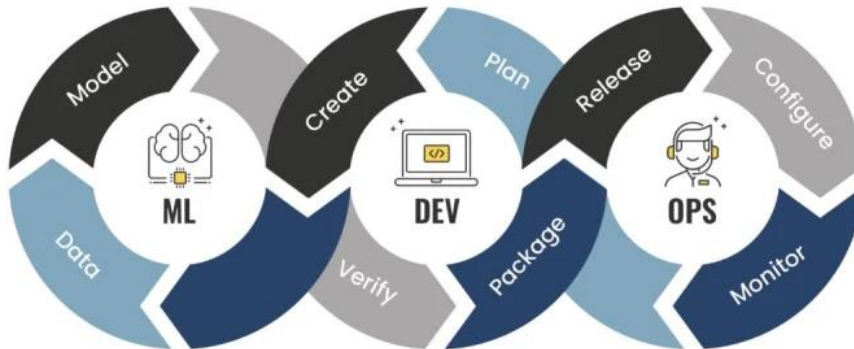


- 2) Give the PDU Session identifier of the user with IMSI of "12330404305555" in [IMSI, PDU Session ID, DNN] format.
- 9) What is the IMSI value of the subscriber whose authentication was unsuccessful? Use RAG first.

MLOps – Deploying ML models in Cloud infrastructures with Hyperautomation



<https://sourceforge.net/software/mlops/>

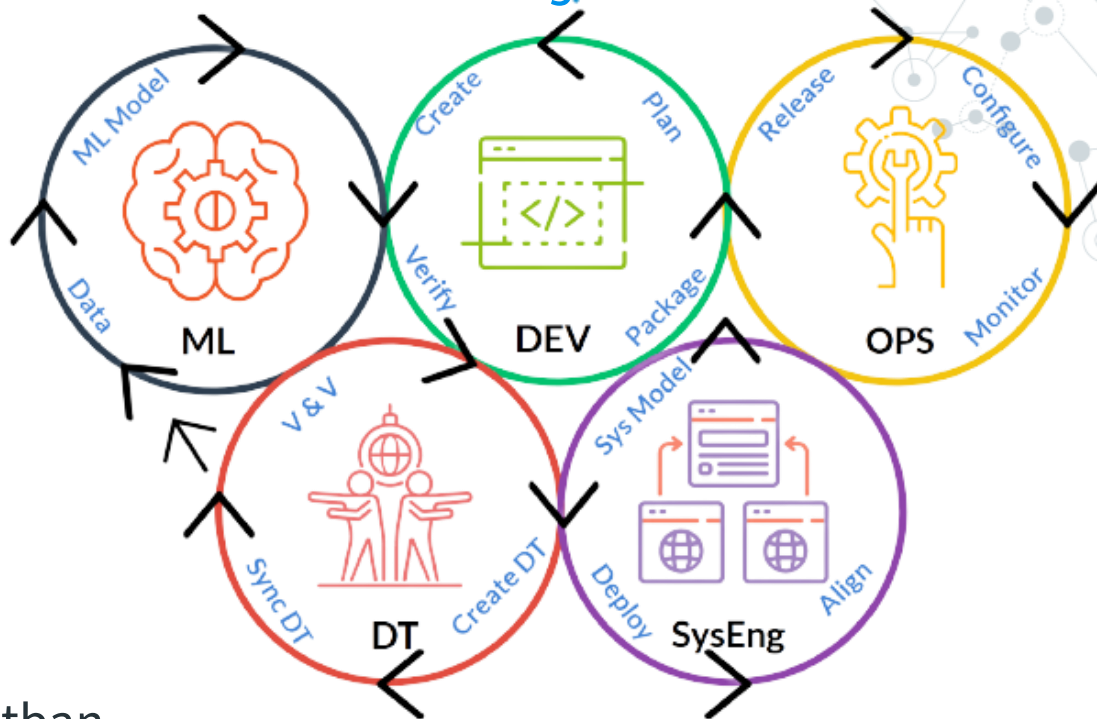


<https://canonical.com/blog/what-is-mlops>

Digitális Ikrek az Ipar5.0-ban – 5G/6G támogatással

- DT a gyártásban:
5G/6G privát NW
- Komplex DT rendszerek:
 - ellátási láncok,
 - építkezések,
 - olajfúró tornyok
 - járművek és okos városok
 - HÁLÓZATOK

MLOps
a teljes mérnöki folyamatban



Cs. Hegedűs, P. Varga – Tailoring MLOps Techniques for Industry 5.0 Needs
IEEE CNSM, Niagara Falls, Canada, 2023

Etikai & Társadalmi Kérdések

- **Szellemi Tulajdon**
 - Ki birtokolja az AI által generált tartalmat?
 - Licenclési és szerzői jogi kihívások
 - Adatok hitelessége – kifogyunk a valós adatokból?!
- **Foglalkoztatás & Gazdasági Hatás**
 - Munkahelyek megszűnése bizonyos szektorokban
 - Új munkalehetőségek és átképzés
- **Előítélet & Igazságosság**
 - Társadalmi előítéletek másolása vagy fokozása
 - A felelős AI képzés szükségessége

Az
Infokommunikáció
múltja
a mi kezünkben
van



Az
Infokommunikáció
jövője
az MI kezében
van
Ne engedjük el 😊







BME

**TÁVKÖZLÉSI
ÉS
MESTERSÉGES INTELLIGENCIA
TANSZÉK**



**Köszönöm
a figyelmet**



Varga Pál

