



HÁLÓZATI RENDSZEREK
ÉS SZOLGÁLTATÁSOK
TANSZÉK

BMEVIHIMA00 Hálózati technológiák integrációja

Témakörönkénti források és feldolgozási szempontok

Vizsgatéma kiválasztásához, felkészüléshez

v1 (teljes témalista)

Jakab Tivadar
jakab@hit.bme.hu

Budapest,
2021.05.15.



JAVASOLT TÉMAKÖRÖK VIZSGÁRA: ÁTTEKINTÉS

- Témakörönként feldolgozásra javasolt irodalmak, szempontok, de hogy pontosabban mit, hogyan az megállapodás kérdése (javaslat témára és feldolgozási szempontokra, ezt én véleményezem, nyugtázom)
- **Architektúrális**
 - NFV – 5G Core (SBA, menedzsment, orchestration)
 - NFV, SDN – 5G Open RAN
 - Mobil IP – 5G SSC (Session and Service Continuity)
 - QoS alapok – 5G QoS modell
 - szolgáltatásminőség, szolgáltatásfolytonosság – 5G URLLC és QoS
 - 5G Slicing
 - 5G biztonság (security)
- **Szolgáltatás, alkalmazás**
 - URLLC
 - Edge Computing
 - IoT
 - 5G V2x
 - 5G vericals bármelyike (követelmények, 5G támogatás, alkalmazási példa)
 - automatizálás támogatása (különböző alkalmazási területeken)
- A tárgy tematikájához kapcsolódó önálló javaslat, preferencia
- Részletes források témakörönként csoportosítva a tárgy honlapján, válogatás ezekből javasolt vizsgatémánként a következő slide-okon



HÁLÓZATI RENDSZEREK
ÉS SZOLGÁLTATÁSOK
TANSZÉK



5G témakörök forrásai

(témakörönként egy-egy átfogóbb, egyeztetés során ajánlok még továbbiakat)

Általános feldolgozási szempontok

Az elsődleges feldolgozási szempont az 5G motivációk (megcélzott alkalmazási területek, ezekből származtatható követelmények), célkitűzések és az ezeket szolgáló alapelvek (szolgáltatás alapú architektúra és interfészek) megértése.

Az architektúrális szerkezet (funkciók, szolgáltatások) megértése, RESTful API és JSON alapú megvalósításának alapelvei.

Alapvető biztonsági, menedzselési és számlázási vonatkozások áttekintése

A vizsgára például kiválasztható egy alkalmazási terület (verticals) és azon keresztül mutathatók be a fenti vonatkozások

Az összefoglaló alapját jelentő cikkek (ennek szerkezetét követik a slide-ok)

- Mobile IP, The Internet Protocol Journal Vol 4, Num 2, June 2001

<https://ipj.dreamhosters.com/wp-content/uploads/issues/2007/ipj4-2.pdf>

mellett az alábbi további irodalmak

Részletes leírás az architektúráról és a kapcsolódó megfontolásokról, megoldásokról

- 5G PPP Architecture Working Group View on 5G Architecture Version 3.0, June 2019

https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2019/07/5G-PPP-5G-Architecture-White-Paper_v3.0_PublicConsultation.pdf

3GPP szabványok (nem minden esetben a legfrissebbek, hanem azok közül néhány, amiket felhasználtam)

- 3GPP TS 23.501 V16.4.0 (2020-03) System architecture for the 5G System (5GS); Stage 2 (Release 16)

<https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3144>

- 3GPP TS 33.501 V16.2.0 (2020-03) Security architecture and procedures for 5G system

https://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/33_series/33.501/

3GPP Rel 16 és Rel 17 áttekintés

- 3GPP Releases 16 & 17 & Beyond, Jan 2021 <https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2021/01/InDesign-3GPP-Rel-16-17-2021.pdf>

Résztémák áttekintő elemzése (ezek közül lehet pl. egyet feldolgozni a vizsgához)

Általános feldolgozási szempontok: az 5G résztema részletes feldolgozása a kapcsolódó architektúráis vonatkozások rövid általános áttekintése alapján

5G and the Cloud, Dec 2019

https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2019/12/5G-Americas_5G-and-the-Cloud..pdf

- 5G Cloud Native Network részletes áttekintés:
 - Introduction to Cloud Native (Definition, Microservices for Architecture, Containers, Orchestration)
 - Cloud Native Landscape and Open Source For 5G
 - ETSI Network Function Virtualization, Cloud Native network functions and 5G
 - Service Frameworks and the Service-Based Interface (SBI)
 - ETSI NFV Reference Architecture Augmentation for Cloud Native
 - Implementation and Migration Strategies for 5G Core

New Services & Applications with 5G Ultra-Reliable Low Latency Communications, Nov 2018

https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2019/07/5G_Americas_URLLLC_White_Paper_Final_updateJW.pdf

- URLLC szolgáltatás (követelmények, megoldások, teljesítőkéség, biztonság)
 - Use Cases for 5G URLLC (Industrial Automation, Vehicles, Drons, Robots, Tactile Internet, AR, VR, Urgent Health Care, Intelligent Transportation)
 - Requirements and KPIs (Key Perfomce Index)
 - PHY/MAC Layer Desing
 - Upper Layer Desing and Network Architecture
 - Performace, Possible Improvements and Challanges
 - Security Consideration

Innovations in 5G Backhaul Technologies 2020 June

<https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2020/06/Innovations-in-5G-Backhaul-Technologies-WP-PDF.pdf>

- mobil backhaul (RAN-Core összekötő) hálózati technológiák és megoldások áttekintése:
 - 5G IAB (Integrated Access & Backhaul)
 - Use Cases and Deployment Considerations
 - IAB Resource Allocation Methodologies
 - IAB Topology Adaptation, Routing Management & QoS Handling
 - Wireline Transport Technologies (HFC, PON, Ethernet: radio encapsulation and time sensitive networking, WDM)

InDesign Transition toward open & interoperable networks Nov 2020

<https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2020/11/InDesign-Transition-Toward-Open-Interoperable-Networks-2020.pdf>

- O-RAN (Open RAN) részletes áttekintése:
 - Goals of Open RAN
 - Architectural Considerations
 - Operational Considerations and Integration Challenges
 - Artificial Intelligence (AI)/Machine Learning (ML) RAN in Open RAN Framework

InDesign 5G Technologies in Private Networks Oct 2020

<https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2020/10/InDesign-5G-Technologies-for-Private-Networks-WP.pdf>

- - 5G alkalmazási területek követelményeihez illeszkedő SNPN (Standalone Non-Public Networks) hálózati megoldások áttekintése:
 - - 5G Use Cases and Discussion of Requirements and Characteristics
 - - Private Networks: Deployment Models and Technology Features
 - - CBRS (Citizens' Broadcast Radio Spectrum): Redefining Private Network
 - - Confidentiality and Security

Security Considerations for the 5G Era, July 2020

<https://www.5gamericas.org/security-considerations-for-the-5g-era/>

- az 5G biztonság architektúráis, technológiai és szolgáltatási vonatkozásainak áttekintése:
 - Threat Landscapes Throughout Generations
 - Security Considerations and its impact on 5G (security in MEC, NFV, SDN, ML, Orchestration, URLLC, RAN)
 - Mitigation & Recommendation Strategies

Network Slicing for 5G Networks and Services, Nov 2016

https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2019/11/Management-Orchestration-and-Automation_clean.pdf

- 5G Network Slicing architektúráis, szolgáltatási és üzemeltetési vonatkozásainak összefoglalása
 - Role of Network Slicing in 5G
 - Network Slicing System Architecture (e2e Network Slicing)
 - Operational Aspects of Networks Slicing

Management, Orchestration and Automation, Nov 2019

https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2019/07/5G_Americas_Network_Slicing_11.21_Final.pdf

- 5G hálózat- és szolgáltatásmenedzsment, valamint a hálózati működés automatizálása
 - 5G OSS/BSS Challenges and Opportunities
 - Multi-Access Edge Computing and Orchestration
 - Network Slicing Management
 - Zero Touch Network and Service Management
 - Management, Orchestration and Autoation Solutions for 5G

Alkalmazási területek és példák áttekintő elemzése (ezek közül lehet pl. egyet feldolgozni a vizsgához)

Általános feldolgozási szempontok: az 5G alkalmazási terület részletes feldolgozása a kapcsolódó 5G architektúráis, szolgáltatási és üzemeltetési vonatkozások rövid általános áttekintése alapján

Global 5G: Rise of a Transformational Technology Sept 2020

<https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2020/09/Global-5G-Rise-of-a-transformational-technology.pdf>

- technológiai, architektúráis és alkalmazási területek szerinti rövid összefoglalók, áttekintések függelékben kicsit bővebben kifejtve:
 - 5G (Architecture, Performance, Dynamic Spectrum Sharing, Network Slicing, NR Positioning, IAB)
 - 2020-2030 TECHNOLOGY EVOLUTION
 - INTERNET OF THINGS AND INDUSTRIAL IOT
 - CELLULAR V2X COMMUNICATIONS
 - SPECTRUM DEVELOPMENTS (CBRS, C-Band, EBS, DSCR, 5mm WB, ...)
 - KEY SUPPORTING TECHNOLOGIES (NFV, Cloud Computing, O-RAN, Edge Computing, Artificial Intelligence, Massive MIMO, Multicast nad Broadcast, Information-Centric Networking)

Cellular V2x Communications Towards 5G

https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2019/07/2018_5G_Americas_White_Paper_Cellular_V2X_Communications_Towards_5G_Final_for_Distribution.pdf

- járműkommunikáció áttekintése és 5G vonatkozásai:
 - Current V2X Landscape
 - 5G-based V2X
 - Advanced Use Cases (Advanced Driving with Intent/Trajectory Sharing, Extended Sensors, Platooning, Remote Driving)

Alkalmazási területek és példák áttekintő elemzése (ezek közül lehet pl. egyet feldolgozni a vizsgához)

5G Communications for Automation in Vertical Domains, Nov 2018

https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2019/07/5G_Americas_White_Paper_Communications_for_Automation_in_Vertical_Domains_November_2018.pdf

- a különböző alkalmazási területek automatizálási követelményeinek megfelelő hálózati szolgáltatások áttekintése:
 - Overview of Automation in Vertical Segments
 - Market Drivers for Automation and Key Vertical Segments (Rail-bound Mass Transit, Building and Facilities, Factory of the Future, eHealth Care, Smart City, Electrical Power Distribution, Central Power Generation)
 - Requirements and Performance KPIs for Automation with 5G Communications
 - 5G Features and Enablers for Automation in Vertical Domains
 - Upper Layer Design and Network Architecture
 - Security

5G - The Future of IoT, 5G Americas Whitepaper, July 2019

https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2019/07/5G_Americas_White_Paper_on_5G_IOT_FINAL_7.16.pdf

- részletes IoT áttekintés (alkalmazási területek, platformok, megoldások)
 - IoT Market Overview (5G and IoT Market Growth, Market Drivers)
 - IoT Platforms
 - Industrial IoT
 - Smart Cities
 - Smart Grids
 - Enterprise IoT
 - Consumer IoT (Smart Homes, Wearables, Connected Car)
 - IoT Requirements
 - Evolution from 4G IoT
 - 5G IoT Solutions

Alkalmazási területek és példák áttekintő elemzése (ezek közül lehet pl. egyet feldolgozni a vizsgához)

5G at the Edge, Oct 2019

<https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2019/10/5G-Americas-EDGE-White-Paper-FINAL.pdf>

- 5G Edge Computing részletes áttekintés
 - 5G technology for EDGE Computing
 - 5G Cloud-Native Architecture: Disaggregation and Virtualization (Distributed Architecture, Edge Considerations for Radio Access)
 - 5G and EDGE Compute Use Cases (Augmented Reality, Video Analytics at the EDGE, Content Distribution Networking and Content Caching at the EDGE, Speech Analytics and Derived Workloads, Data Processing at the EDGE for IoT, Video Surveillance and Security Applications, Connecting Event Attendees to Video and Virtual Reality Applications, Remote Monitoring, Network Troubleshooting and Virtual Machines)
 - Role of artificial intelligence / Machine learning in Next Generation Edge Systems
 - 5G Architecture (RAN, O-RAN, Edge)
 - Next Generation Edge Reference Architecture
 - Role of Open Source and Standards
 - ICN and hICN (hybrid Information Centric Network)



HÁLÓZATI RENDSZEREK
ÉS SZOLGÁLTATÁSOK
TANSZÉK



Általános architekturális témák forrásai (+ a kapcsolódó 5G témakör összefoglaló forrásai)

Általános architektúráis témák és kapcsolódó 5G vonatkozások (ezek közül lehet pl. egyet feldolgozni a vizsgához)

Általános feldolgozási szempontok: az általános architektúráis vonatkozások részletes feldolgozása, ennek alapján szerepük az 5G architektúrában (rövid áttekintése)

NFV – 5G Core (SBA, menedzsment, orchestration)

- NFV MANO – források:
 - Uwe Rauschenbach: NFV MANO Part 1: Overview and VNF Lifecycle Management [előadás videó](#) [előadásanyag pdf](#)
 - Jeremy Fuller: NFV MANO Part 2: Network Service Lifecycle Management [előadás videó](#) [előadásanyag pdf](#)
- 5G Core – források:
 - 3GPP TS 23.501 V16.4.0 (2020-03) System architecture for the 5G System (5GS); Stage 2 (Release 16) <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3144>
 - 3GPP Releases 16 & 17 & Beyond, Jan 2021 <https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2021/01/InDesign-3GPP-Rel-16-17-2021.pdf>

NFV, SDN – 5G Open RAN

- SDN (Service Defined Network) és NFV viszonya, kapcsolódása - források:
 - Ivan Pepelnjak, OpenFlow and SDN: Hype, Useful Tools or Panacea?, RIPE65, [előadás videó](#), [előadásanyag\(pdf\)](#)
 - Ivan Pepelnjak - Software Defined Networks – Four Years Later, RIPE70 [előadás videó](#), [előadásanyag\(pdf\)](#)
 - Marie-Paule Odi, SDN Usage in an NFV Architectural Framework [webinar](#) (regisztráció után, 40 perc), [előadásanyag](#), [kapcsolódó ETSI tanulmány/specifikáció](#)
- 5G Open RAN – források:
 - **InDesign Transition toward open & interoperable networks Nov 2020** <https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2020/11/InDesign-Transition-Toward-Open-Interoperable-Networks-2020.pdf>

Általános architektúrális témák és kapcsolód 5G vonatkozások (ezek közül lehet pl. egyet feldolgozni a vizsgához)

QoS alapok – 5G QoS modell

- Szempontok: általános QoS architektúrális vonatkozások és alkalmazásuk az 5G QoS modellben
- QoS alapok (alapfunkciók, architektúrális építőelemek)
 - J. SOLDATOS, E. VAYIAS, G. KORMENTZAS: ON THE BUILDING BLOCKS OF QUALITY OF SERVICE IN HETEROGENEOUS IP NETWORKS, IEEE Communications Surveys, Vol 7, No 1, Q1 2005, [tárolt változat](#)
- QoS jelzésprotokollok (RSVP, intra-domén és inter-domén esetek)
 - D.VALI,S. PASKALIS, L. MERAKOS, A. KALOXYLOS: A SURVEY OF INTERNET QOS SIGNALING, IEEE Communications Surveys, Vol 6, No 4, Q4 2004, [tárolt változat](#)
- Hívásbeengedés (Admission Control), általános áttekintés, nem csak QoS contextus
 - S.WRIGHT, ADMISSION CONTROL IN MULTI-SERVICE IP NETWORKS: A TUTORIAL, IEEE Communications Surveys, Vol 9, No 2, Q2 2007, [tárolt változat](#)
- Ütemezési algoritmusok
 - Ch. Semeria: Supporting Differentiated Service Classes, Queue Scheduling Disciplines, Juniper White Paper 2001, [tárolt változat](#)
- Csomagok jelölése (rendszerző áttekintés)
 - Traffic Classification, Cisco WAN and Application Optimization Solution Guide, Chapter 5, [tárolt változat](#)
- Diffserv összefoglaló ismertetés
 - DIFFSERV—THE SCALABLE END-TO-END QUALITY OF SERVICE MODEL, Cisco White Paper, 2005, [tárolt változat](#)
- QoS megoldások értékelő áttekintése (videóval)
 - G. Huston előadása a QoS megoldások értékeléséről, [slide-ok](#), [előadás videó RIPE65](#), 24-28 Sept 2005, Amsterdam
- e2e QoE
 - J. Zhang, N., Ansari: On Assuring End-to-End QoE in Next Generation Networks: Challenges and a Possible Solution, IEEE Com, Mag., July 2011, [tárolt változat](#)
- QoS skálázódási elemzés
 - M.Welzl, L.Franzens, M.Mühlhäuser: Scalability and Quality of Service:A Trade-off?, IEEE Com. Mag. June 2003, [tárolt változat](#)
- IP/MPLS QoS támogatás összefoglalása
 - QoS Support in MPLS Networks, MPLS Forum White Paper, May 2003, [tárolt változat](#)
- 5G QoS
 - 5G; System Architecture for the 5G System (5GS) (3GPP TS 23.501 version 16.6.0 Release 16), Chapter 5.7 QoS model, [link](#)

További QoS-cikkek itt, pl. mérésről: (IEEE ComMag QoS különszám cikkei, 2003): [link](#)

Mobil IP – 5G SSC (Session and Service Continuity)

- Szempontok: általános architektúráis vonatkozások és alkalmazásuk az 5G SSC megvalósításában
- Mobil IP
 - Mobile IP, The Internet Protocol Journal Vol 4, Num 2, June 2001 [link](#)
 - IPv6 Network Mobility, The Internet Protocol Journal Vol 10, Num 2, June 2007 [link](#)
- 5G Session and Service Continuity
 - Lásd a mobil 5G alapokat (részletes forrásjegyzék a 4. slide-on)

szolgáltatásminőség, szolgáltatásfolytonosság – 5G URLLC és QoS, 5G backhaul

- Szempontok: általános architektúráis vonatkozások és alkalmazásuk az 5G QoS modellben, az 5G URLLC szolgáltatásfolytonossági (hibatűrési) vonatkozásainak áttekintése
- Szolgáltatásfolytonosság
 - Hálózati hibák, hálózatvédelem/hibatűrő megoldások, hibamenedzsment
- QoS
 - Lásd slide 13
- 5G URLLC
 - Lásd slide 5