

# Kvantum és a 6G

**Gerhátné Dr. Udvary Eszter**

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Villamosmérnöki és Informatikai Kar  
Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék

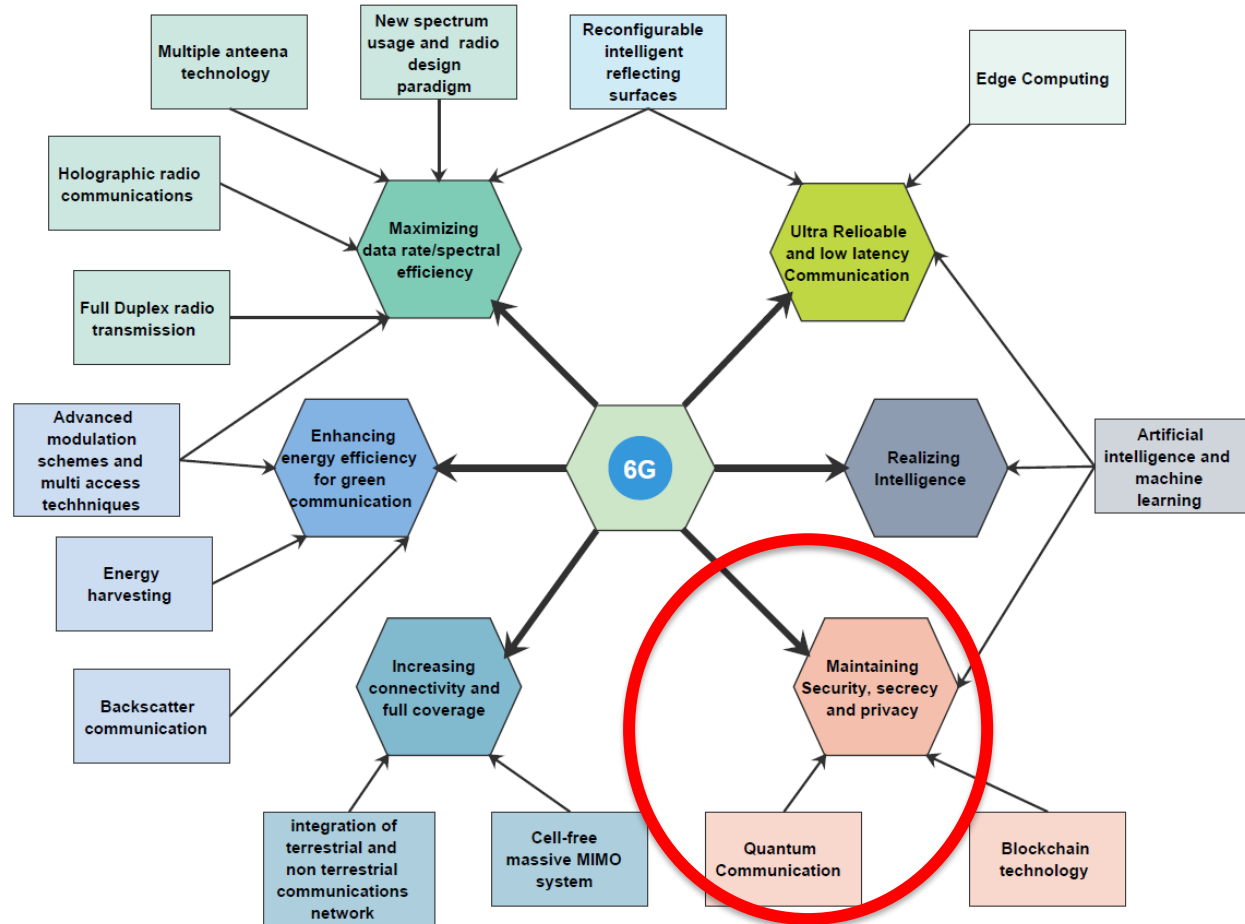
Egyetemi docens

HTE Infokom 2024, Mátraháza, 2024. november 6.

## 6G & Kvantum?

### 6G

- Adatátviteli sebesség
- Késleltetés  
=> valós idejű szolgáltatások
- Globális lefedettség
- Energia fogyasztás
- ...



## Kvantum Technológiák

## Kvantum vs Postkvantum

- Posztkvantum-kriptográfia (más néven kvantumrezisztens kriptográfia) célja olyan kriptográfiai rendszerek kifejlesztése, amelyek biztonságosak mind a kvantum, mind a klasszikus számítógépekkel szemben, és képesek együttműködni a meglévő kommunikációs protokollokkal és hálózatokkal. Javasolt megoldások vizsgálat alatt, jelenleg még versenyben van
  - publikus kulcsok létrehozására és cseréjére: CRYSTALS-KYBER
  - digitális aláírásra: CRYSTALS-DILITHIUM, FALCON, PHINCS+
- Kvantum kommunikáció  
A kvantummechanika alapelveit kihasználva feltörhetetlen, rendkívül biztonságos kommunikációs csatornákat hoz létre.

## Kvantum Technológiák

- Kvantummechanika törvényein alapul
  - hullámrészecske dualitása
  - bizonytalanság elve
  - kvantumklónozás lehetetlensége
  - kvantum-összefonódás

### Számítástechnika

- Az anyag kvantumállapotait használják az információk tárolására és kiszámítására
- Gyors kvantum algoritmusok
- Modellezés, kódtörés

### Kommunikáció

- A kvantummechanika alapelveit használja az információ átvitelére és kommunikációra
- Biztonságos adat átvitel
- Kvantum internet

### Érzékelés

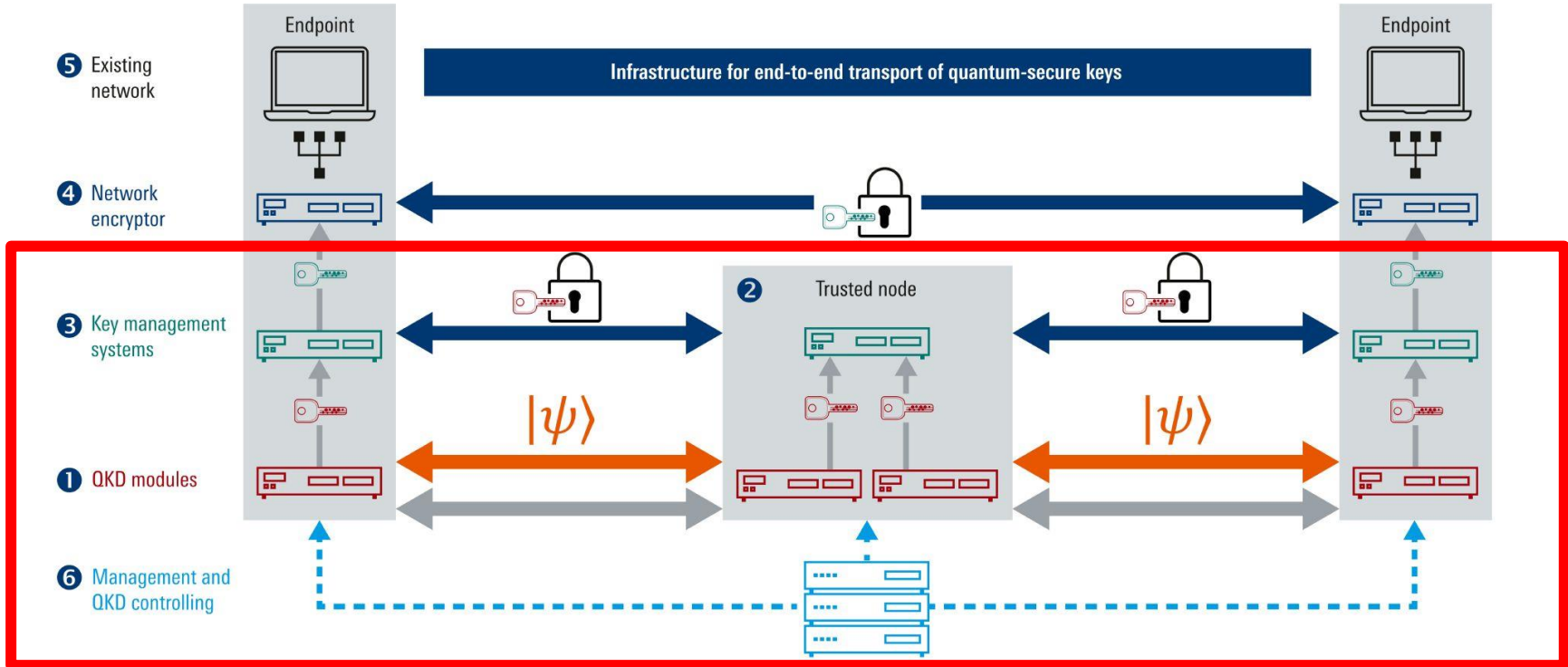
- Érzékeli az elektromágneses tér parányi változásait
- Helymeghatározás, navigáció, lidar és radar

## Kvantum Kommunikáció

A kvantumkommunikáció egy olyan kutatási terület, amely a kvantummechanika alapelveit kihasználva feltörhetetlen, rendkívül biztonságos kommunikációs csatornákat hoz létre.

- Quantum Key Distribution (QKD):  
A kvantumkommunikáció felhasználásával megosztott kulcsot hoz létre két fél között, anélkül, hogy a harmadik fél bármit tudna erről a kulcsról, még akkor is, ha a harmadik fél lehallgatja a másik két fél közötti összes kommunikációt.
- Quantum Random Number Generation (QRNG)  
Tökéletesen véletlen számsorozatok kvantummechanikai jelenségek alapján

## QKD – Quantum Key Distribution



## QKD Kihívások

### Egyfoton forrás

- Hatékony és stabil detektálás szobahőmérsékleten
- Gyenge koherens forrás
- Chip méret

### Egyfoton detektor

- Magas kvantum hatásfok, Integrálhatóság
- Single-photon avalanche diode (SPAD) és superconducting nanowire single-photon detector (SNSPD) szobahőmérsékleten

### CV detektor

- Alacsony zajú homodin és heterodin detektor
- Alacsony zajú elektromos áramkörök
- Chip

### Klasszikus&Kvantum

- Azonos optikai szálon
- Spontán Raman Szórás és áthallás minimalizálás
- Megfelelő csatorna választás

### Quantum ismétlő

- Nagy távolságú QKD, megbízható csomópontok nélkül
- Hatékony összefonódás
- Kvantum memória



## QKD Szabványosítás

### ETSI



ISG-QKD, 2008 óta

Specifikációk

Használati esetek, komponensek, hálózati architektúrák, SDN QKD, stb.

### IETF



2018 óta, Quantum internet group QI I E T F<sup>®</sup>  
architektúrák és használati esetek, quantum secure internet

### CSA



2014 óta

Quantum safe az ipari szektorban

QKD az egyik lehetséges technológia

### ISO/IEC



2017 óta

QKD tesztelési és minősítési  
módszerek, biztonsági előírások

Potenciális támadások és technikai kihívások

### IEEE



2016 óta, Software defined QKD

TCP/IP modellhez QKD, SDN integráció,

Openflow

IEEE Quantum Initiative és ComSoc QCIT

### ITU-T



2018 óta javaslatok

hálózati architektúrák, kulcs menedzsment,  
QRNG, QoS paraméter, azonosítás

## Kvantum és 6G mobil hálózat

## Kvantum és 6G mobil?

- A 6G mobil hálózat szabványosításának várható ideje 2030
- A következő évtizedben a kvantumtechnológia is kifejlődik
- A 6G és a kvantumkommunikációs (QKD) konvergenciája  
=> fokozott biztonság (biztonságos, nagy sebességű és rendkívül alacsony késleltetésű kommunikáció)
- Klasszikus és kvantumkommunikáció együttélése a 6G-ben
- Kvantum-támogatott adatfeldolgozás, érzékelés, képalkotás, navigáció és műholdas kommunikáció => kvantumbiztonságos 6G jövő

## Kvantum Technológiák a jövő mobil hálózataiban

Kvantum		
Kommunikáció	Számítástechnika	Érzékelés
QKD a feltétlen biztonság érdekében	Kvantum algoritmusok hálózat optimalizálásához	Időzítés, szinkronizálás
Magas spektrális és energia hatékonyság	Kvantum gépi tanulás rádiós erőforrások elosztására	Kvantum helymeghatározás
Elosztott kvantum számítástechnika	Blind kvantum számítástechnika, blockchain	Kvantum radar, lidar



Cellular Generation	Commercial Deployment	Voice	Text Messages	High-Speed Data (Example)	Large-Scale M2M	Low-Delay Critical Control (Example)	AI-Enabled	Quantum Info Technology
1G	1983	Analog						
2G	1991	Digital	Yes					
3G	2001	Digital	Yes	Web browsing				
4G	2010	VoIP	Yes	Streaming video	Yes			
5G	2020	VoIP	Yes	4k video	Yes	Self-driving cars	Network	
6G	(~2030)	VoIP	Yes	Immersive 8k video	Yes	Remote surgery	Network & Device	Comms & Computing

Stages of Quantum-Enabled 6G Systems	New Functions/Services	Enabling Technology
Near-Term (2-3 Years)	Secure Communications for Backhaul	Fiber QKD
Middle-Term (3-5 Years)	Secure Satellite Communications; Satellite-Assisted Secure Communications	Satellite QKD
Long-Term (5-10 Years)	Optimal Wireless Resource Management	Quantum Computing
	Data Computing with Privacy-Preservation	Blind Quantum Computing
	Realtime Wireless AI	Quantum Machine Learning

## Alkalmazási lehetőségek 1.

- **Security Beyond Measure**
  - 6G => hatalmas mennyiségű adat
  - Kvantumkommunikáció => biztosítja, hogy az érzékeny információk bizalmasak maradjanak.
- **Quantum-Secured IoT**
  - 6G => dolgok internete (IoT)
  - Kvantumkommunikáció => IoT-eszközök biztonsága, illetéktelen hozzáférés és az adatszivárgás megakadályozása
- **Healthcare and Telemedicine**
  - 6G => távorvoslás, ultra-alacsony késleltetés a valós idejű műtétek és konzultációk során
  - Kvantumkommunikáció => a betegadatok privátak maradnak.
- **Autonomous Vehicles**
  - Az autonóm járművek => azonnali kommunikáció a navigáció és a biztonság érdekében.
  - Kvantumkommunikáció => biztonságos jármű-jármű és jármű-infrastruktúra kommunikáció.
- **Global Collaboration**
  - Tudományos kutatás és a nemzetközi diplomácia => elengedhetetlen a globális együttműködés
  - A kvantumvédezt 6G hálózatok biztonságos és bizalmas kommunikációt tesznek lehetővé kutatók és diplomaták között világszerte.

## Alkalmazási lehetőségek 2.

- **Quantum-Enhanced Data Processing**
  - Kvantumszámítástechnika & 6G nagysebességű kapcsolata => A kvantumszámítógépek hatalmas mennyiségű adatot képesek feldolgozni a klasszikus számítógépekkel elképzelhetetlen sebességgel, ezáltal hatékonyabbá téve az olyan összetett feladatokat, mint az AI és a tudományos szimulációk.
- **Quantum-Enhanced Sensing**
  - A kvantumérzékelők hihetetlen pontossággal képesek észlelni a fizikai paraméterek apró változásait.
  - A 6G-vel kombinálva ez forradalmasíthatja a környezetfigyelést, a katasztrófa-előrejelzést és az infrastruktúra karbantartását.
- **Quantum-Enhanced Imaging**
  - Kvantumtechnológiával továbbfejlesztett képalkotó technológiák => felbontás javítása => orvosi képalkotás, biztonsági átvilágítás, stb. => biztonság és diagnosztika fokozása
- **Quantum-Enhanced Navigation**
  - Kvantumgiroszkópok és gyorsulásmérők => rendkívül pontos helymeghatározási és navigációs képességek=> autonóm szállítás és a precíziós mezőgazdaság
- **Quantum Satellite Communication**
  - A kvantumkommunikáció integrálása a műholdas hálózatokba biztonságos globális kommunikációt tesz lehetővé alacsonyabb késleltetés mellett => távérzékelés és a katasztrófaelhárítás.

Már most is van „kvantum mobil”?

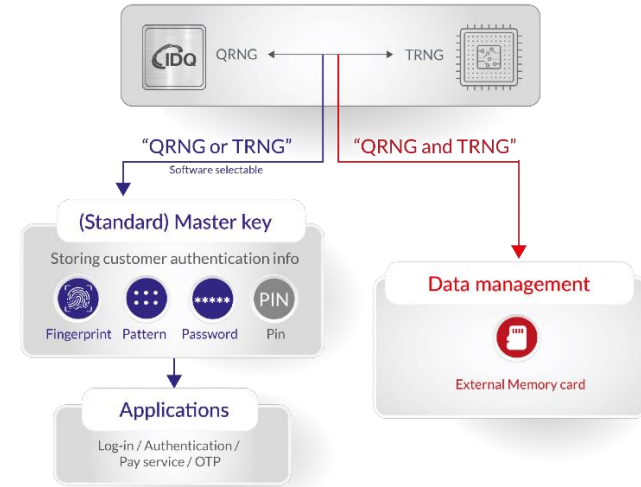


## Samsung Galaxy Quantum

- 2020: első 5G okostelefon, ami QRNG chip-et tartalmaz, csak Dél-Koreában
- 2024: Samsung Galaxy A55 Quantum 5, csak Dél-Koreában, az SK Telecom hálózatában
- IDQ QRNG chip + Samsung Knox security, authentication and encryption platform



Ultra-high App Security



## Huawei's Mate 60 Pro

- China Telecom & Huawei's Mate 60 Pro Quantum Secure Call Customized Terminal
- Elvileg védett a lehallgatás ellen (quantum encryption technology)
- Post kvantum
- Hálózati szegmensben QKD

Köszönöm a figyelmet!