

Fotonické služby e-infrastruktury

Josef Vojtěch



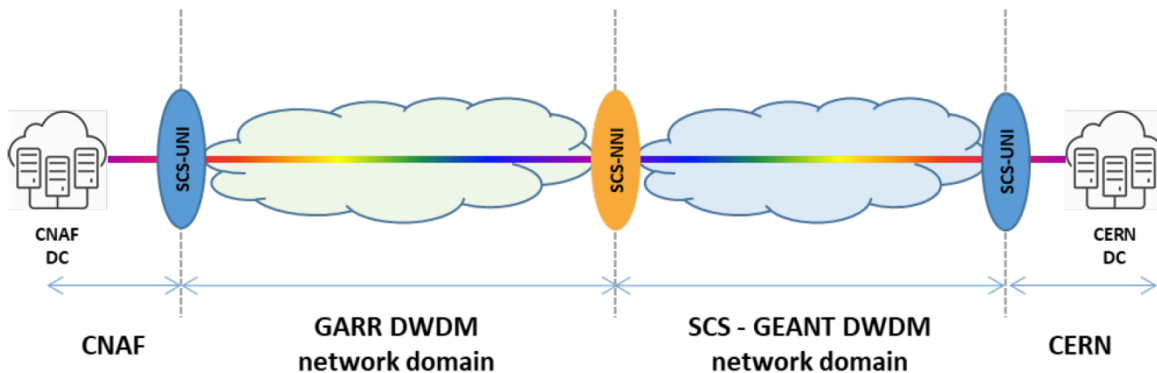
- CESNET Lambda, Photonic
- Spectrum Connection Service - GÉANT
- CLOck Network Services (přenosy přesného času a ultrastabilní optické frekvence)
- Quantum Key Distribution
- Vláknové snímání
- Open Line System - Czechlight



- CESNET Lambda
 - Vyhrazená přenosová kapacita
 - Nízké (5 μ s/km) a garantované zpoždění a jeho rozptyl
 - Vyšší bezpečnost (odposlech přenášených dat je obtížný, fyzický přístup)
 - Vyšší spolehlivost (minimum OEO)
- CESNET Photonic
 - Služba spektra - čistě optický přenos
 - Vhodné pro aplikace vyžadující vysokou reprodukovatelnost
 - Umožňuje komunikaci v reálném čase, včetně procesů s náročnými požadavky na dobu odezvy sítě (tzv. „hard real time“)
 - Umožňuje rychlejší inovační cyklus a reakci na potřeby přenosů
- Změna z fixní mřížky 50/100 GHz.
- Minimální šířka kanálu 25 GHz, přírůstky po 12.5 GHz. Maximum 388 přírůstků
- Efektivnější práce s optickým spektrem: **Kapacita.Dosah $\approx$ Optické spektrum**

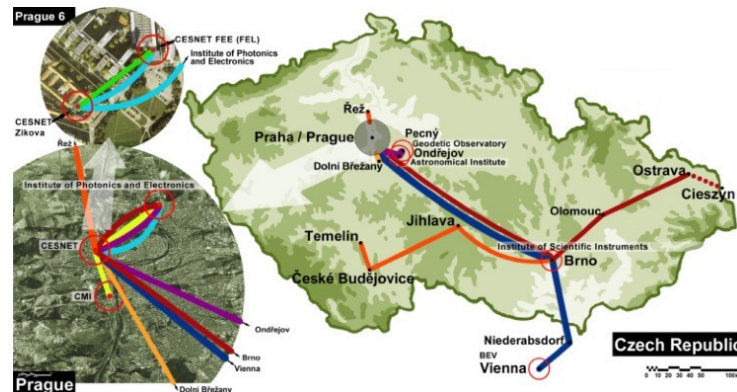


- GÉANT GN4-3 (856726 H2020), pracovní balíček 7 - Spectrum Connection Service
- Nová generace sítě umožní poskytnutí spektra jako služby
- SCS - Service Definition publikováno
- Vzorové příklady použití - Praha – Ženeva, Praha Amsterdam

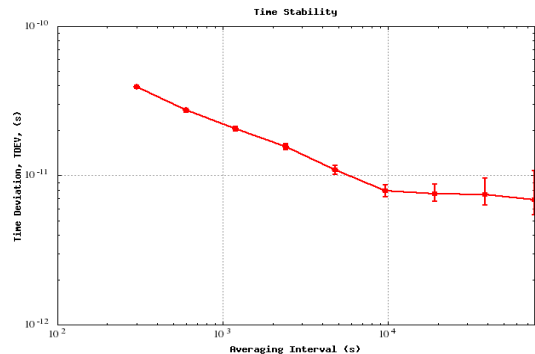


- https://wiki.geant.org/pages/viewpageattachments.action?pagelId=120516946&preview=/120516946/154996387/M7-2_SCS-Service-Definition.pdf

- Přenosy ultra-přesných veličin – času a frekvence
 - Aneb když ani GNSS(GPS/GALILEO/...) nejsou ani přesné ani úplně bezpečné
 - Slavíme 10 let, 2011 ustanoven dlouho-dosahový přenos do Vídně
 - Czech Infrastructure for Time And Frequency - 2021 výrazné rozšíření
 - Instalace speciálních OADM v rámci upgrade FDMo
-
- Proč čas a frekvence? Tyto veličiny dokážeme měřit nejpřesněji
 - Takže dokážeme měřit velmi jemné efekty.
 - (Radio)astronomie (VLBI, SKA).
 - Fyzikální testování:
 - Jak moc jsou konstantní základní konstanty?
 - Detekce gravitačních vln.
 - Ověřování speciální a obecné relativity.
 - Geodézie, seismologie, kontrola stavu vody...



- Přenosy ultra-přesného času
- Dvě komplementární technologie, přenosy více než 1800 km
- Kontrola a porovnávání časových stupnic propojených atomových hodin
- Vylepšení národní časové stupnice UTC(TP) provozované v UFE AV ČR, porovnání UTC(TP) a rakouskou stupnicí UTC(BEV), v přípravě UTC(PL)
- Distribuce přesného času a stabilní frekvence
- UFE AV ČR státní etalon času UTC(TP)
- BEV (Vídeň) rakouský státní etalon času
- UPT AV ČR
- VUGTK
- FEL ČVUT
- ČMI (laboratoř délky)



- Ve spolupráci s UPT AV ČR

- Více než 1100 km přenosů

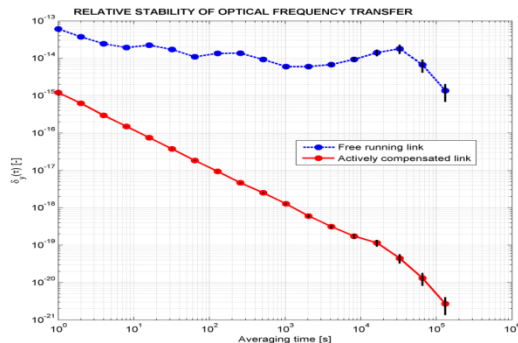
- Propojení optických standardů

- Propojení kvantových zdrojů optické frekvence

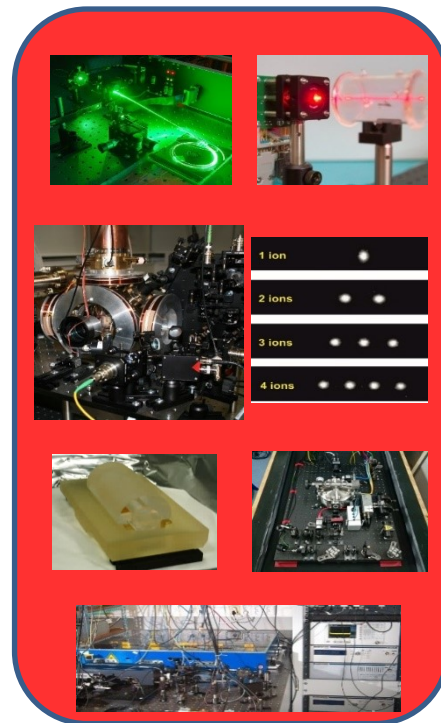
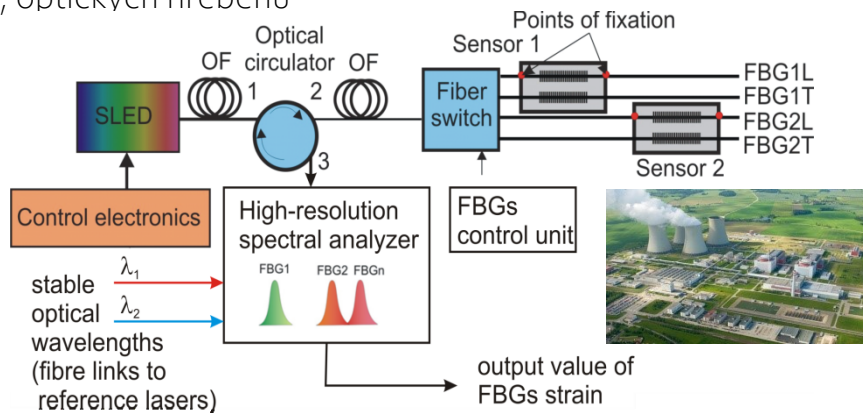
- optických atomových hodin

- Superkoherentních laserů, optických hřebců

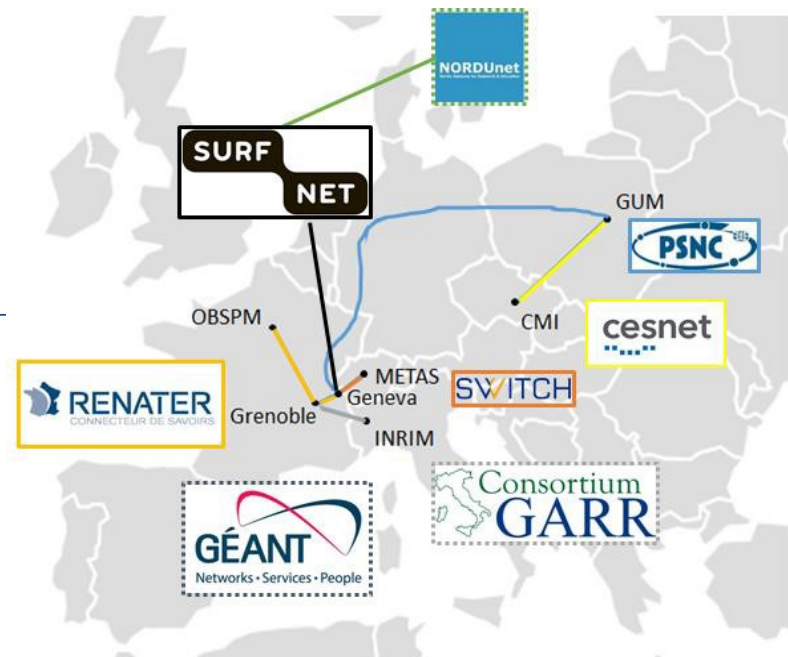
■ Snímání



Kredit O. Číp, M. Čížek, B. Mikel UPT AV ČR

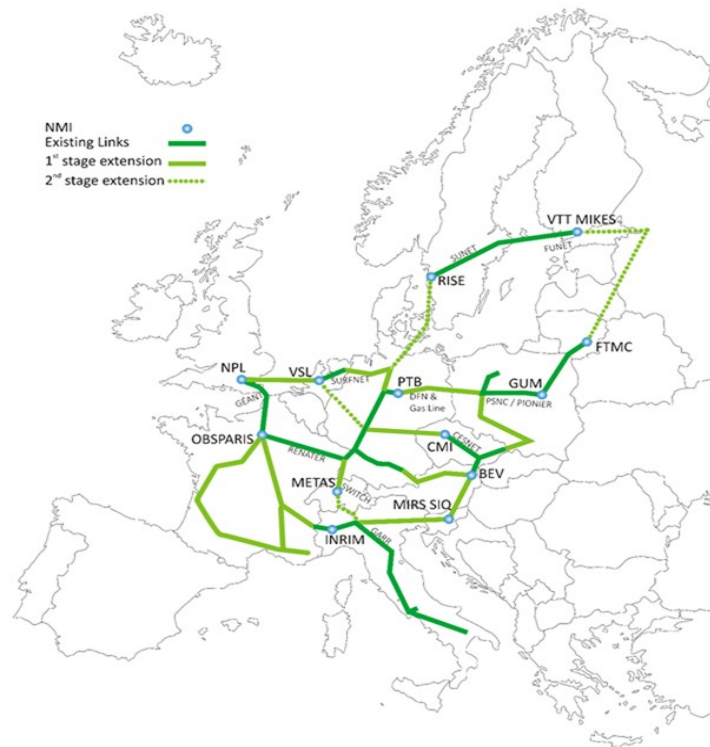
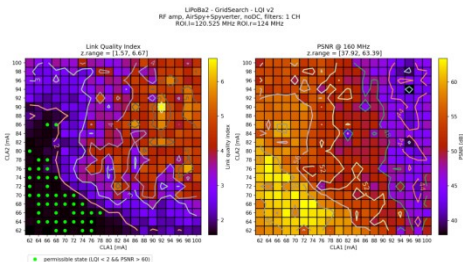


- GÉANT GN4-3 (856726 H2020), pracovní balíček 6 - Optical Time Frequency Network
- Navržen TF testbed
- Bílý dokument „Distributing New Performant Time and Frequency Services over NREN Network“:
- https://www.geant.org/Resources/Documents/GN4-3_White-Paper_Time_and_Frequency.pdf
- GÉANT Infoshare: European Time and Frequency Services - Principles, Challenges and Use Cases
- <https://events.geant.org/event/451/>



- CLONETS –DS (2020-2022)
- CLOck NETwork Services - Design Study
- Definice architektury která bude podporovat TF služby na nejvyšší možné úrovni stability a přesnosti

- TiFOON (2019-2022)
- Automatický provoz linek TF
- Detekce a zamezení oscilací
- Nasazení na EF Praha - Brno
- TF přenosy pro nové koherentní sítě



- Kvantová distribuce kryptografických klíčů
- Asymetrická kryptografie ohrožena nárůstem výkonu klasických a kvantových počítačů
- QKD – bezpečný přenos klíče pro symetrickou kryptografii
 - One-timePad (Vernamova šifra)
 - AES
- Přednáška R. Vohnouta CS NOG

<https://indico.csnog.eu/event/7/contributions/86/>

- OpenQKD (Horizon 2020) - <https://openqkd.eu/>
- QUAntum Photonic Intercity TrAnsmisson Lattice (QUPITAL) - <https://quapital.eu/>
- IQOQI Vienna, Austrian Academy of Sciences

Quantum Key Distribution

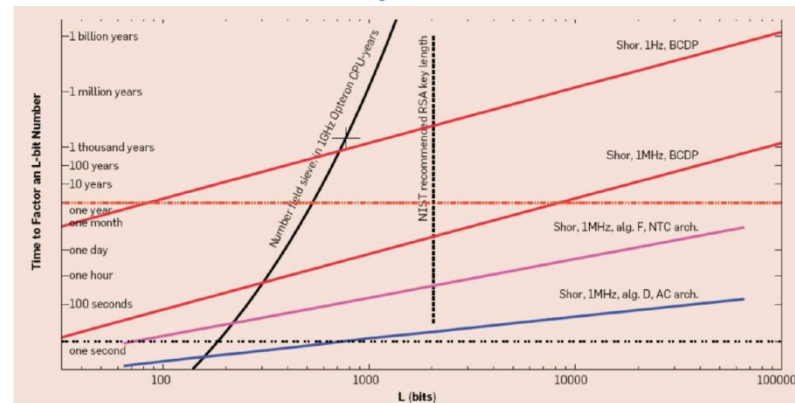
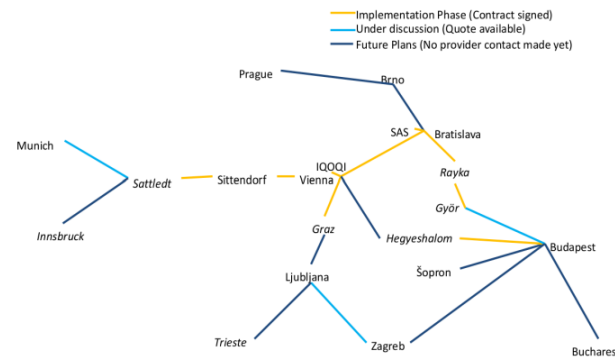


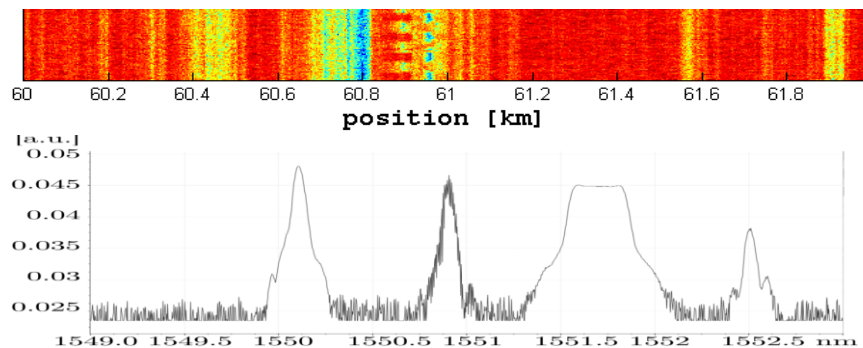
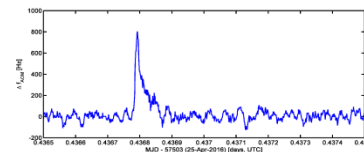
Figure: R. Van Meter and C. Horsman, "A blueprint for building a quantum computer," Communications of the ACM, vol. 56, no. 10, pp. 84–93 (2013)



- NeSPoQ - Kybernetická bezpečnost sítí v postkvantové éře 2021-2026
- VUT Brno, VŠB-TUO Ostrava
- MV ČR Program: VJ – Strategická podpora rozvoje bezpečnostního výzkumu
- Získání reálných dat o efektivitě a připravenosti systémů pro zajištění bezpečnosti zejména kritických komunikačních sítí, ověření praktické uplatnitelnosti QKD (kvantového ustanovení klíčů) a PQC (postkvantové kryptografie) v reálných aplikacích
- GÉANT GN4-3 pracovní balíček 6 - QKD
- [GÉANT Infoshare: Quantum Technologies - Principles, Challenges and Applications](#)
- <https://events.geant.org/event/353/>
- [GÉANT Infoshare: Quantum Key Distribution - Practical Implementations, Challenges, R&E Use Cases and Standardisation outlook](#)
- <https://events.geant.org/event/453/>



- Optické vlákno lze využít i jako senzor (vibrace, teplota, úder blesku) – 5800 km senzorů
- Sebeochranná funkce infrastruktury - monitoring vibrací v okolí vláken (typicky přítomné před poruchou)
 - Zajímavá přednáška pro zvědavé: J. E. Simsarian and P. J. Winzer, "Shake before break: Per-span fiber sensing with in-line polarization monitoring," OFC 2017.
- Využívá sledování a vyhodnocení fáze nebo polarizace světla, aktivně i pasivně.
 - Není úplná novinka – J. Dakin and B. Culshaw, Optical Fiber Sensors: Principles and Components, 1988.
- Jak ale vše bezkolizně realizovat v jednom vlákně?
 - Lze. Vlevo: čas, snímání 100G data a optická frekvence



- T. Horvath et al, "Simultaneous transmission of accurate time, stable frequency, data, and sensor system over one fibre with ITU 100GHz grid" Optical Fibre Technology, 2018

- Detekce Ohrožení Bezpečnosti Infrastruktur 2015-2020
- Veden VUT
- Zejména neintruzivní topologie, pasivní příposlech
 - M. Šlapák, J. Vojtěch, O. Havliš and R. Slavík, "Monitoring of Fibre Optic Links With a Machine Learning-Assisted Low-Cost Polarimeter," in IEEE Access, vol. 8, pp. 183965-183971, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3009524.
- Národní patent přijat: „Distribuovaný optický vláknový senzorický systém
- Implementační fáze: Nasazení funkčních vzorků v e-Infrastruktuře a v jiné vláknové síti



- Open Line System – Czech light
- Pro efektivní využití vláknových kapacit (pásma C a L, obousměrné přenosy).
 - Nasazován od roku 2004: „CzechLight & CzechLight Amplifiers“, 17th TF-NGN, Zurych, 2005"
- Nasazeno více než 130 zařízení rodiny Czech Light® v CESNET2.
- Chráněno 11 patenty (ČR, EU, US)
- Jan Kunderát, Ondřej Havliš, Jan Radil, Jaroslav Jedlinský, and Josef Vojtěch, "Opening up ROADMs: a filterless add/drop module for coherent-detection signals," J. Opt. Commun. Netw. **12**, C41-C49 (2020)
- Jan Kunderát, Ondřej Havliš, Jaroslav Jedlinský, and Josef Vojtěch, "Opening up ROADMs: Let Us Build a Disaggregated Open Optical Line System," J. Lightwave Technol. **37**, 4041-4051 (2019)
- Vyžádané demonstrace na předních akcích v oboru Telecom Infrastructure Project 2018+19, Optical Fibre Conference 2020



Lada Altmannová, Sarbojeet Bhowmick, Ondřej Havliš, Michal Hažlinský, Tomáš Horváth, Jaroslav Jedlinský, Václav Kubernát, Jan Kunderát, Martin Michal, Tomáš Pecka, Jan Radil, Pavel Škoda, Martin Šlapák, Radek Velc, Rudolf Vohnout
Vladimír Smotlacha

Děkuji za vaši pozornost
Otázky prosím?

