

Telemedicína: videokonference a robot daVinci

Jedním z trendů současné doby je tzv. telemedicína, která na dálku, za použití moderních prostředků komunikační a informační techniky, může pomoci při stanovování diagnózy, operačních zákrocích i při vzdělávání lékařů a mediků. Konkrétní použití videokonference jako nedílné součásti telemedicíny bude představeno na příkladu robotických operací.

Videokonference, živý přenos obrazu a zvuku, je na světě sice téměř dvě dekády, ale stále nedošla masového uplatnění. Její zřejmou výhodou je možnost komunikace na dálku (přes celé kontinenty) v reálném čase i mezi mnoha účastníky, kteří jsou (pokud možno) ve svém prostředí, čímž se uspoří náklady na cestování a nevzniknou časové ztráty při fyzických zeměpisných přesunech. Překážkou bývaly sítě neschopné podporovat videokonference v plném rozsahu a potřebné kvalitě vzhledem k nedostatečné přenosové kapacitě, náklady na videokonferenční vybavení a velké požadavky na instalaci. Postupně však tyto bariéry mizí, takže dnes se již videokonference může stát plnohodnotným pomocníkem v různých oborech.

Videokonference proto v posledních několika letech usilují o to, zaujmout své místo jako součást telemedicíny. Potřeba neustálého lékařského vzdělávání a seznamování se s metodami uplatňovanými na jiném pracovišti, zejména v jiné zemi, popř. propagace vlastních dosažených úspěchů při zákrocích, mohou být plně uspokojeny právě videokonferencí po sítích s velkou přenosovou kapacitou. Přenos živých záběrů z operačního sálu nebo uložených videozáběrů, které samotní operatéri a asistující lékaři aktivně doprovázejí svým komentářem, a následná možná diskuse jsou k tomu velmi účinným prostředkem.

Využití rychlých a spolehlivých sítí

Lékaři ale potřebují technické zázemí a pomoc profesionálů, aby se mohli soustředit na vlastní práci. CESNET, sdružení vysokých škol a ústavů Akademie věd ČR specializované na výzkum a vývoj v oblasti informační a komunikační techniky, se mnoho let intenzivně věnuje podpoře telemedicíny prostřednictvím živých přenosů o nejvyšší kvalitě z operačního sálu na jedno nebo více míst v České republice i ve světě. Národní multi-gigabitová optická síť CESNET2 pro výzkum a vzdělávání, kterou sdružení CESNET spravuje a rozvíjí, je napojena na mezinárodní infrastrukturu a může jako jediná nabídnout potřebné přenosové kapacity vyhovující právě špičkovým přenosům videosignálů v nejvyšším rozlišení, probíhajícím v reálném čase. Páteří síť CESNET2 v současnosti propojuje více než dvacet českých a moravských nemocnic (obr. 1). Ostatní nemocnice se mohou připojit do sítí CESNET2 a odtud i na zahra-

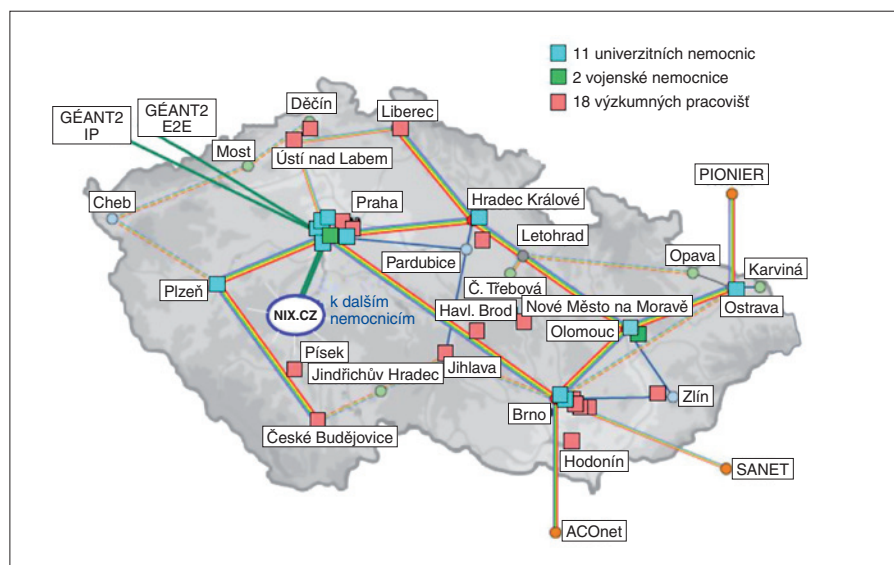
niční akademickou komunitu přes propojovací centrum NIX (*Neutral Internet eXchange*).

CESNET navázal velmi dobrou spolupráci s lékařskými týmy hned v několika českých nemocnicích. Příkladem takové spolupráce je akce *Live + Video Surgery*, úspěšně pořádaná několik let, kdy se mnohobodové videokonference již konaly mezi operačními sály oční kliniky Ústřední vojenské nemocnice Praha (ÚVN) a pracovišti ve fakultních nemocnicích v Hradci Králové, Brně Bohunicích, Ostravě-Porubě a Všeobecné fakultní nemocnici v Praze. Tato výroční setkání očních lékařů nabídla přímé přenosy z operačních sálů oční kliniky odhalující pohled do operačního pole v rámci refrakční, vitreoretinální a kataraktové chirurgie a přinášející živý komentář

s hlavní kamerou, obrazovkou a přijímačem bezdrátového mikrofonu součástí telemedicínského vozíku se zabudovanou baterií (pro záložní napájení). Díky tomu nejsou problémy přesuny ze sálu na sál v průběhu dne, a to bez nutnosti opětovně zapínat všechny komponenty. Celý komplet splňuje jak hygienické, tak technické požadavky na umístění přímo na operační sál. Díky videopřenosu mohou práci kolegů sledovat lékaři na různých místech České republiky takřka v takové kvalitě, jako by byli přítomni přímo na operačním sále.

Mezinárodní spolupráce

Mezinárodně sledovanou akcí (za „videoúčasti“ 360 specialistů) v oblasti oční chirurgie byl přenos čtyř operací šedého zákalu s implantacemi nových multifokálních nitroočních čoček prováděných týmem z ÚVN Praha.



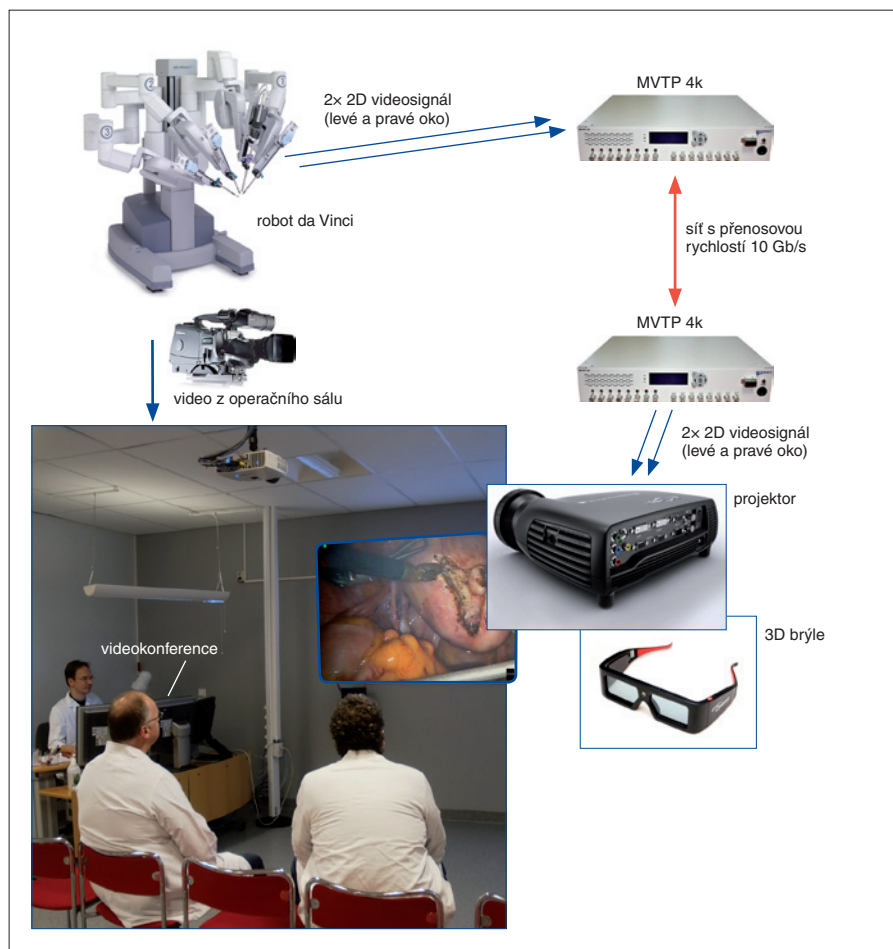
Obr. 1. Připojení nemocnic na rychlou páteří síť CESNET2

operatéra. Lékaři v kongresovém sále ÚVN mohli práci kolegů nejen sledovat na plátně, ale i se sály komunikovat. Je samozřejmě pamatováno na soukromí pacienta, takže tyto přenosy jsou určeny jen pro lékaře a mediky příslušných kurzů; přenos je současně po celé trase zabezpečován.

Z hlediska technického zajištění na místě operací jsou nezbytná videokonferenční zařízení LifeSize pro přenos videosignálu ve vysoké kvalitě (HD, *High Definition*) a speciální videokonferenční stojan splňující všechny požadavky (velikost, zajištění sterilního prostředí) pro přítomnost přímo na operačním sále. Videokonferenční zařízení je spolu

Ve spolupráci se skupinou vyspělých asijských sítí na konferenci CESNET'08 sdružení také realizovalo speciální prezentaci na téma telemedicíny; jejím vrcholem byla videokonference propojující sedm lékařských pracovišť: dvě asijská, italské, španělské, ÚVN a Masarykovu nemocnici v Ústí nad Labem. Do Evropy byly přenášeny záběry endoskopických a radiologických zákroků z lékařských pracovišť v Japonsku a na Tchaj-wanu.

Přenos probíhal v plném rozlišení v systému NSTC používaném v Asii, při němž není zkraslován obraz a výsledná kvalita přenosu umožňuje diagnostiku na dálku. V přednáš-



Obr. 2. Scénář videopřenosu robotické operace v rozlišení 3D full HD

kových místnostech těchto zdravotnických zařízení odborná veřejnost zhlédla celý přenos a na základě snímků přenesených prostřednictvím videokonference mohli přítomní lékaři stanovit diagnózu pacienta na dálku a v telediskusi ji posléze konfrontovat s ošetřujícími lékaři.

Použitá technologie DVTS (*Digital Video Transport System*) přenáší audio- a videodata kódovaná jako DV v paketech přímo ze sběrnice IEEE 1394 do IP sítě. DVTS umožňuje přenos obrazu s malou latencí v běžném rozlišení (SD, *Standard Definition*). Základní vybavení pro tyto přenosy je jednoduché a levné: digitální kamera, kterou lze zakoupit běžně v obchodě s elektronikou, software DVTS, který je volně k dispozici, nainstalovaný na PC s jedním portem IEEE 1394 a jedním ethernetovým portem (100 Mb/s či 1 Gb/s) a stabilní širokopásmové připojení k internetu (minimálně 30 Mb/s).

Videopřenos on-line robotické operace v rozlišení 3D full HD

Na letošní mezinárodní konferenci TNC 2011, kterou CESNET hostil v květnu v Praze, byla medicínským úlohám věnována mimořádná pozornost, zejména právě v rámci praktických ukávek pokrokových síťových systémů. Konkrétně byly naživo re-

alizovány stereovideopřenosy robotických operací v rozlišení 3D Full HD, tedy stereozvuku a trojrozměrného obrazu v plné kvalitě, bez jakékoliv komprese videosignálu pro přenos.

Součástí konference byl i živý komentovaný přenos chirurgické robotické operace s robotem daVinci z Masarykovy nemocnice v Ústí nad Labem. Na straně snímání obrazu je využívána HD 3D kamera (LDK-6000), jejíž objektiv je tvarován tak, aby jej bylo možné umístit do místa operace uvnitř pacientova těla, protože právě tímto „okem“ operátor sleduje svoji práci na speciálním 3D displeji. Obraz (videokanal full HD pro pravé a levé oko) je v řídicí jednotce robotu k dispozici i pro další zpracování. Tuto možnost použili specialisté CESNET pro své přenosy. Oba videokanály se přivedou na jednotku MVTP-4k (*Modular Video Transfer Platform*), která signály převede na pakety pro přenos přes páteřní síť CESNET2 o kapacitě 10 Gb/s až k cíli. Toto speciální přenosové zařízení, schopné přenášet současně až čtyři signály ve formátu 3D Full HD, vyvinul CESNET v průběhu svého výzkumného záměru *Optická síť národního výzkumu a její nové aplikace*.

Na straně příjemce obrazu je signál opět veden do místní MVTP a odtud již dva videosignály míří do stereoprojektoru (F10AS3D Projection Design), který je v reálném čase

zobrazuje na plátně (obr. 2). Samotná videokonference je založena na normalizovaných komunikačních protokolech podle doporučení skupiny H.323 organizace ITU-T.

CESNET své řešení v praxi představil již na únorové konferenci APRICOT-APAN v Hongkongu, kdy bylo pro přenos videosignálu z operace karcinomu prostaty prováděné v ústecké nemocnici přes kontinenty využito koncové vyhrazené 10Gb/s spojení v rámci mezinárodní organizace GLIF (*Global Lambda Integrated Facility*), jejímž členem CESNET je. Přenos nekomprimovaného signálu 3D Full HD vyžadoval kapacitu 2,7 Gb/s a zpoždění signálu přidané přenosovým zařízením bylo menší než 1 ms. Síťová trasa vedla z České republiky přes Amsterdam do Chicago a potom přes Kanadu na západní pobřeží USA, odtud do Jižní Koreje (Daejeon) a nakonec do Hongkongu.

Již vloni byly obdobné přenosy z Masarykovy nemocnice v Ústí nad Labem realizovány prostřednictvím CESNET2, a to jak do areálu brněnského výstaviště na pátý ročník Mezinárodního kongresu miniinvasivní a robotické chirurgie, tak poprvé mezinárodně do výpočetního centra KEK (*High Energy Accelerator Research Organization*) v japonské Tsukubě. Spolu s nevyhnutelným zpožděním šíření signálu v síti dosahovalo celkové zpoždění při přenosu do Brna přibližně 3 ms a při přenosu do Japonska asi 150 ms, což umožňovalo sledování téměř v reálném čase.

Přenosy v rozlišení 3D Full HD nastiňují možnosti využití přímo při chirurgických výkonech, ale i při studiu současných i budoucích lékařů. Podobné přenosy může sdružení CESNET v blízké budoucnosti realizovat ve spolupráci s teroukoliv z dvaceti domácích nemocnic, které sídlí ve městech, jež jsou připojena na optickou síť sdružení CESNET.

Význam a možnosti telemedicíny

Telemedicína může radikálně zlepšit přístup ke špičkové lékařské expertize i kvalitě života chronicky nemocným, je však třeba řešit technické problémy týkající se kapacity síťové infrastruktury a vzájemné spolupráce technických komponent.

Telemedicína stále není běžnou součástí klinické praxe a lékařského vzdělávání. Pracovišť, která jsou schopna náročné videopřenosy realizovat, není ve světě mnoho, podobně jako sítě způsobilých živý obraz ve vysoké kvalitě přenášet. Ve všech případech je k tomu nutná úzká spolupráce lékařů a specialistů na informační techniku, přičemž zatím iniciativa vychází hlavně ze strany techniků, protože lékaři mají spoustu jiných starostí.

Osvěta v oblasti ICT v medicíně je u nás stále nedostatečná, zatímco v USA a zejména na Asii mají lékařská pracoviště konkrétně s videokonferencemi již mnohaleté zkušenosti.

nosti. Přitom četná domácí zdravotnická zařízení jsou z hlediska komunikačního vybavení, síťového prostředí a vzájemného propojení na srovnatelné úrovni.

Vzdálená výuka v oblasti medicíny je velmi užitečná a pohodlná – na tom se shodují domácí i zahraniční odborníci a účastníci uvedených akcí; přesto není plně využívána. Základních důvodů je několik, ale nejsou zdaleka nepřekonatelné: kvalita přenášených obrazů a snímků (řešením jsou rychlejší a spolehlivější optické sítě a technologie pro přenos videosignálů v reálném čase v nejvyšší kvalitě), náklady na speciální zařízení (řešením je spolupráce s poskytovateli vybavení) a ne zkušenost lékařů s videokonferen-

mi (řešením je nabídka technické spolupráce ze strany provozovatelů sítí i poskytovatelů technického vybavení).

V našich končinách se snaží vytvářet podmínky pro videokonference právě CESNET, který pokračuje v souvisejícím výzkumu a zaměřuje se na práci s různými formáty videosouborů používanými ve světě a na technické zvládnutí mnohabodových konferencí, aby se obraz v nejvyšší kvalitě dostal až na pracoviště klinik a do počítačů lékařů, kteří pak mohou sledovat operace přímo ve svých pracovnách. Nyní je tedy řada na samotných lékařích, aby nabízené možnosti zkusili využít a ocenili možný přínos videokonferencí pro svou práci.

Poděkování:

V textu byly použity podklady (prezentace z konference APAN) Jiřího Navrátila (CESNET), za jejichž poskytnutí autorka děkuje.

Odkazy:

- [1] CESNET – podpora aplikací. Dostupné na www.cesnet.cz/projekt/16/.
- [2] Informace o MVTP-4k. Dostupné na www.cesnet.cz/project/qosip/hw/mvtp-4k.pdf.
- [3] Informace o robotu da Vinci. Dostupné na www.intuitivesurgical.com.
- [4] TERENA Networking Conference 2011 (TNC 2011). Dostupné na <https://tnc2011.terena.org>.

Ing. Rita Pužmanová, CSc., MBA
(rita@ieee.org)

Zkoušky bezpilotního vrtulníku jako civilního nosiče senzorů

Průzkumné bezpilotní létající prostředky (Unmanned Aerial System – UAS) poté, co byly úspěšně zavedeny do výzbroje předních armád světa a osvědčily se v mnoha vojenských operacích, se začínají stále častěji používat také v civilní sféře. Jejich flexibilita a výkonnost jim umožňují získat důležité informace např. při živelních katastrofách, při ochraně životního prostředí, při hledání pohřešovaných osob, při zajišťování veřejné bezpečnosti atd. K civilním účelům se většinou používají malé bezpilotní, dálkově ovládané vrtulníky (tzv. koptery), jaké v současnosti ve světě vyrábí mnoho výrobců a které mají za úkol donést do těžko přístupných či postižených oblastí nejrůznější senzory.

Podrobně se využitím bezpilotních létajících objektů pro civilní účely v poslední době zabývají odborníci dvou ústavů Fraunhoferovy společnosti, a to Ústavu pro komunikaci, zpracování informací a ergonomii (Institut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie – FKIE) a Ústavu pro vysokofrekvenční fyziku a radarovou techniku (Institut für Hochfrequenzphysik und Radartechnik – FHR), sídlících ve společném areálu ve Wachtbergu poblíž Kolína nad Rýnem. Při svých výzkumech používají bezpilotní vrtulník NEO S-300 švýcarského výrobce Swiss UAV AG z Basileje (obr. 1), deklarovaný jako Museco (Multi Sensor Copter), s užitečným zatížením až 35 kg. Vrtulník má délku 275 cm, šířku 95 cm, výšku 86 cm a průměr hlavního rotoru 3 m, létá rychlostí až 120 km/h a ve vzduchu může být nepřetržitě až 90 min. Je ovládán na dálku rádiovými signály a při letu se orientuje pomocí palubního navigačního systému GPS.

Bezpilotní vrtulník může nést různé senzory a příslušnou elektroniku podle konkrétní

úlohy. Nejčastěji se používají optické senzory poskytující fotografické snímky nebo obrazové (video) sekvence situace ve sledované oblasti. Vrtulník může být ovšem vybaven infračervenými termokamerami pro termovizní průzkum, meteorologickými senzory, senzory



Obr. 1. Bepilotní vrtulník NEO S-300 v akci (foto: Fraunhofer FKIE)

zjišťujícími přítomnost a koncentraci chemických látek, měřiči radioaktivity apod. Díky rychle postupující miniaturizaci elektronických součástek může nyní bezpilotní vrtulník nést kompletní zobrazovací radarové zařízení včetně nejmodernějších radarů se syntetickou aperturou (Synthetic Aperture Radar – SAR), které poskytují obrázky ve fotografické kvalitě na velké vzdálenosti nezávisle na stavu ovzduší (smog, mlha, déšť) a denní době.

Při zkušebních letech v areálu Fraunhoferovy společnosti ve Wachtbergu (obr. 2) koncem minulého roku ověřovali odborníci ústavu FKIE použití bezpilotních vrtulníků jako nosičů senzorů jak při individuálním použití k operativnímu průzkumu a záchranným operacím, tak při skupinovém použití, kdy několik bezpilotních vrtulníků tvoří uzly rozsáhlé senzorové sítě umožňující sledovat situaci na větším

území. V tomto případě létal vrtulník v součinnosti s jinými pilotovanými nebo bezpilotními vzdušnými prostředky a pozemními systémy. Odborníci FKIE přitom zkoumali a optimalizovali zejména součinnost zúčastněných softwarových a hardwarových komponent a senzorů v celém systému, účinnost komunikačních pojitků a schopnost navázat na záchranné systémy pro vedení zásahu. Mimořádně důležité jsou zejména nové inteligentní algoritmy umožňující kombinovat údaje ze senzorů za účelem extrahovat z celkového toku opravdu důležité informace tak, aby operující zásahové jednotky dostaly spolehlivé podklady pro svou činnost.

Odborníci z ústavu FHR při letových zkouškách ověřovali především provozní vlastnosti bezpilotního vrtulníku NEO S-300 z hlediska použití radarové techniky s velkou rozlišovací schopností pro vyhledávání a zobrazování objektů na povrchu země v různých povětrnostních a světelných podmínkách. Současně přitom také ověřovali jeden ze zatím nejmenších radarových systémů SAR na světě s názvem Sumatra, který vyvinuli a připravili do výroby.

Nedávné přírodní katastrofy v Japonsku znovu potvrdily význam bezpilotních prostředků při sledování zdevastovaných a radioaktivitou zamořených lokalit a bezpochyby urychlí další vývoj v této oblasti.

[Unbemannte Flugobjekte – Fraunhofer-Institute aus Wachtberg testen Sensorträger. Fraunhofer Magazin, 2011, č. 1, s. 69.]

Kab.