

## E-INFRASTRUKTURA CESNET A JEJÍ BUDOUCÍ VYUŽITÍ

Milan Šárek, Jiří Navrátil

### Anotace

Nově budovaná e-Infrastruktura CESNET představuje základní informační a komunikační prostředí pro vědu, výzkum a inovace v ČR a prostředek k přístupu do zahraničních infrastruktur. Jedná se o jeden z prioritních projektů popsaných v tzv. Cestovní mapě České republiky velkých infrastruktur pro výzkum, vývoj a inovace schválené v roce 2010 a navazující na evropský dokument ESFRI Roadmap (European Strategy Forum on Research Infrastructures). Komplexní e-Infrastruktura v sobě bude zahrnovat již dříve známou síťovou infrastrukturu CESNET, ale také podstatně rozvine národní gridovou infrastrukturu a systém datových úložišť. E-Infrastruktura je přístupná jak pro velké projekty typu ELIXIR, BIOCEV, ICRC a ELI, tak i menší vědecko - výzkumné projekty z různých oblastí jako je například zdravotnictví, kultura a školství. Cílem přednášky je seznámit odbornou veřejnost s novými prostředky e-Infrastruktury a možnostmi jejího budoucího využití.

### Klíčová slova:

*komunikační infrastruktura, datová úložiště, gridy, vzdálená spolupráce*

### 1 E-infrastruktura

Pojmem e-infrastruktura bývá označována komplexní sada informatických nástrojů použitelných pro řešení problémů z celé řady oborů. Použitelnost jejích služeb se neomezuje na přírodní vědy, jako je matematika, fyzika, chemie či informatika, ale zahrnuje i vědy humanitní a umění. S pokračující digitalizací dalších a dalších materiálů a rostoucím významem komunikačních technologií lze v současnosti jen stěží najít obor, kterému by neměla co nabídnout.

#### 1.1 E-infrastruktura CESNET

Klíčovou složkou aktivit sdružení CESNET je rozvoj stejnojmenné e-infrastruktury. Jedná se o komplexní národní IT infrastrukturu určenou pro potřeby české vědy, výzkumu, vývoje a vzdělávání. Je zařazena do "Cestovní mapy ČR velkých infrastruktur pro výzkum, experimentální vývoj a inovace" Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy [1].

Mezi uživatelskými institucemi najdete tuzemské vysoké školy, ústavy Akademie věd České republiky, řadu vědeckých a výzkumných institucí, ale i nemocnice, knihovny, střední školy a mnohé další.

#### 1.2 Komponenty e-infrastruktury CESNET

Vzhledem k rozsahu e-infrastruktury je výhodné vymezit její logicky ucelené součásti a popisovat je odděleně. Základními komponentami jsou:

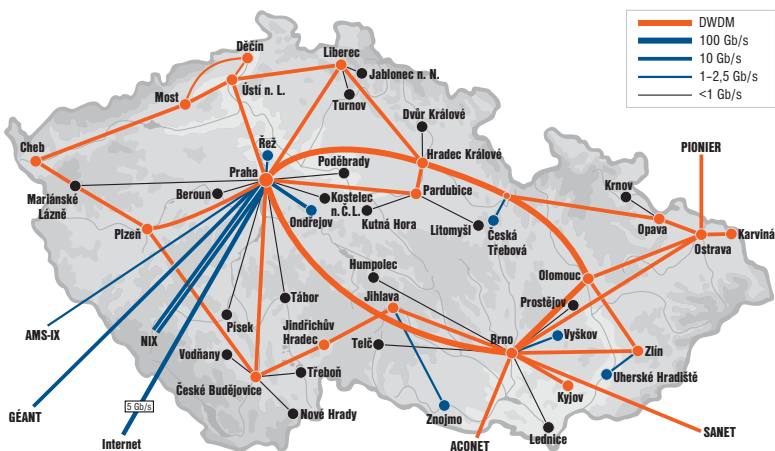
- **komunikační infrastruktura (sít' CESNET2),**

- gridová infrastruktura pro náročné výpočty,
- infrastruktura datových úložišť,
- infrastruktura pro vzdálenou spolupráci.

## 2 Komunikační infrastruktura

Podmínkou využití výpočetní techniky k řešení úloh z různých oborů jsou datové přenosy. Základní komponentou e-infrastruktury je proto výkonná počítačová síť, která je dokáže zabezpečit a vyrovná se i s výrazně nadstandardními požadavky na objem či kvalitativní parametry přenosů. Síť CESNET2, která je páteří e-infrastruktury CESNET, má potřebné vlastnosti. Je proto:

- **rychlá** – přenosové rychlosti se pohybují v řádu desítek gigabitů za sekundu
- **flexibilní** – kromě základní internetové komunikace umí nabídnout i speciální přenosové služby „na míru“ náročným aplikacím
- **rozsáhlá** – pokrývá všechna univerzitní města České republiky a podle potřeby se postupně rozšiřuje do dalších a dalších lokalit
- **spolehlivá** – díky vysoké míře redundance, kvalitním komponentám a nepřetržitému dohledu



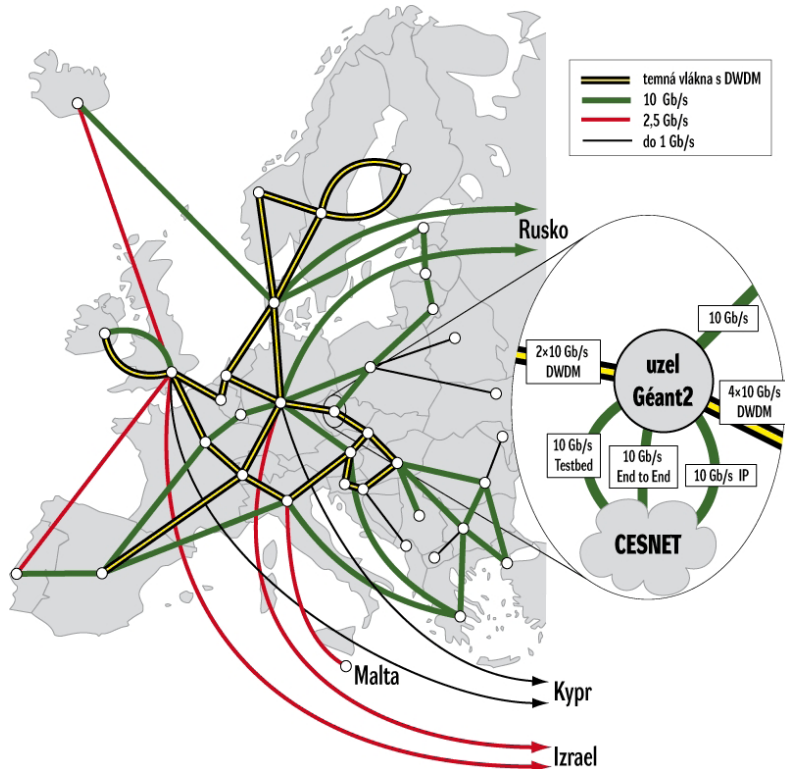
Obrázek 1 — Topologie komunikační infrastruktury CESNET2

### 2.1 Optická síť

Ve fyzické vrstvě je komunikační infrastruktura až na výjimky postavena na optických vláknech, která umožňují dosahovat nejvyšších přenosových rychlostí. V kombinaci s technologií DWDM lze navíc jejich kapacitu znásobit a jednotlivé optické kanály (barvy světla) využívat pro různé paralelně probíhající přenosy. Vedle zvýšení celkové propustnosti páteřní sítě to umožňuje vyhradit přenosové trasy pro speciální účely a kombinovat tak přenosové experimenty

s přenosy extrémních objemů dat a běžným provozem, aniž by se vzájemně ovlivňovaly či dokonce ohrožovaly.

Tato optická síť je napojena na analogické mezinárodní infrastruktury, zejména evropskou páteř pro vědu, výzkum a vzdělávání GÉANT a jejím



Obrázek 2 — Síť GÉANT

prostřednictvím na podobné sítě v Americe (projekt Internet2) a Asii. Díky tomu je schopna nabídnout pokročilé přenosové služby i v mezinárodním měřítku.

## 2.2 Služby

Služby nabízené komunikační infrastrukturou se samozřejmě týkají především datových přenosů. Základní službou je "Připojení internetovým protokolem (IP)", která zprostředkovává přístup do sítě CESNET2, navazujících sítí i globálního Internetu prostřednictvím standardního internetového protokolu.

Při vyšších nárocích na výkonnostní parametry nebo zabezpečení přenosů lze sáhnout po některé z pokročilých služeb:

- Vyhrazené okruhy a sítě (Circuit),

- **Lambda služby** (vyhrazená L2 trasa s konverzemi),
- **Fotonické služby** (vyhrazená čistě optická trasa).

Pro podporu mobility vznikla ve spolupráci s připojenými organizacemi služba **eduroam**, díky níž se uživatelé zúčastněných institucí mohou připojit k síti během své návštěvy u jiné organizace.

### 3 Gridová infrastruktura

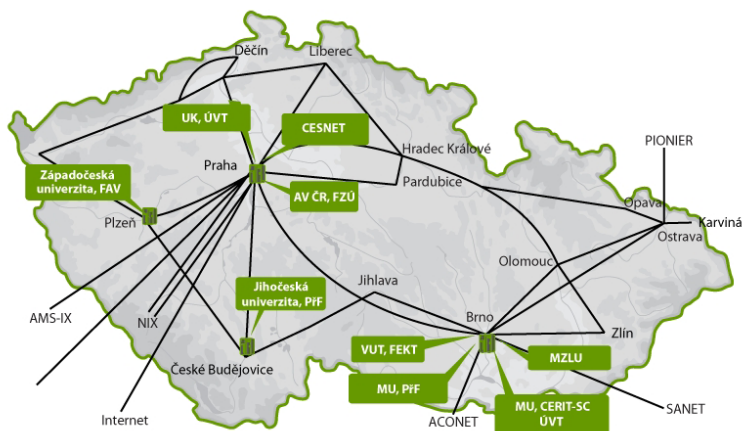
Zpracování objemných experimentálních výsledků, simulace či modelování složitých systémů a další typické úlohy moderního výzkumu mají společnou vlastnost: vyžadují velký výpočetní výkon. Ten bývá dnes obvykle poskytován v podobě clusterů a gridů – systémů propojených a spolupracujících počítačů, mezi něž je úloha rozložena. Gridová infrastruktura proto tvoří jednu ze základních komponent e-infrastruktury CESNET.

#### 3.1 MetaCentrum

Provozovaná gridová infrastruktura nese název **MetaCentrum** a její počátky sahají do roku 1996, tedy až k samotnému vzniku sdružení CESNET. Zahrnuje řadu výpočetních clusterů umístěných v několika lokalitách a patřících různým subjektům (ve vlastnictví CESNET se nachází asi polovina strojů **MetaCentra**). Všechny jsou integrovány do jednotného prostředí se společnou správou uživatelů a úloh.

Vedle výpočetních kapacit se soustavně rozvíjí i softwarové vybavení **MetaCentra**. Vedle původních programů a nástrojů pro vývoj vlastních řešení, se nabízí uživatelům **MetaCentra** i celou řada komerčních programů z různých vědních oblastí (chemie, biologie, matematika, technika).

**MetaCentrum** má statut národní gridové infrastruktury (**NGI**) České republiky v rámci projektu **European Grid Infrastructure (EGI)**.



Obrázek 3 — Gridová infrastruktura 3.2 Spolupracující infrastruktury

Sdružení CESNET samozřejmě není jedinou organizací, která v České republice nabízí výkonné výpočetní kapacity. Úzce spolupracuje s dalšími dvěma výpočetně orientovanými velkými infrastrukturami pro výzkum, vývoj a inovace podporovanými Ministerstvem školství České republiky. Jedná se o projekty CERIT-SC a IT4Innovations. Prostřednictvím e-infrastruktury CESNET proto získáte kvalitní přístup i k těmto partnerským výpočetním infrastrukturám.

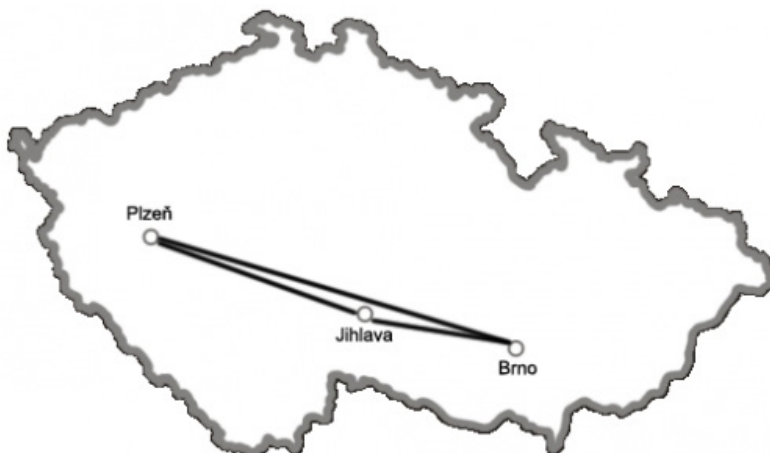
#### 4 Datová úložiště

Rostoucí technické možnosti experimentálních zařízení i prostředků, s nimiž běžně pracujeme, vedou ke zvyšování objemu zpracovávaných dat. Extrémním příkladem je Large Hadron Collider ve švýcarském CERNu, pro který byla vybudována celoevropská síť úložných a výpočetních kapacit, aby vůbec bylo možné zpracovávat výsledky měření. Nicméně i dostupnější prostředky generují více dat, než bylo dříve běžné. Zvyšuje se přesnost měření, rozlišení digitálních mikroskopů a kamer, stále více materiálu se zpracovává digitálně.

Důsledkem je poptávka po kapacitách pro ukládání dat. Ne vždy je efektivní budovat je lokálně, proto e-infrastruktura CESNET zahrnuje i infrastrukturu datových úložišť.

##### 4.1 Hierarchická úložiště

Úložné kapacity jsou budovány v distribuovaném a hierarchickém uspořádání. Distribuovaný charakter (v první fázi jsou centra datových úložišť v Plzni, Jihlavě a Brně) přináší základní výhody: výrazně vyšší odolnost proti ztrátě dat způsobené poškozením médií, požárem nebo chybou uživatele či správce, možnost data řízeně sdílet a také možnost využívat nejbližšího úložiště, se kterým bude komunikace nejrychlejší.



Obrázek 4 — Topologie datových úložišť

Hierarchická struktura úložiště znamená, že každé úložiště obsahuje několik různých typů médií. Cílem je najít vhodný kompromis mezi rychlostí a velikostí úložiště v rámci dostupných finančních prostředků na pořízení i provoz. Nejrychlejší média bývají i nejdražší, proto má nejrychlejší vrstva úložiště jen omezenou kapacitu. Řídící software se stará o to, aby nepoužívaná data byla automaticky odsouvána do pomalejších vrstev s větší kapacitou, zatímco data s častými přístupy zůstávají v rychlých vrstvách, aby byla pohotově k dispozici.



Obrázek 5 — Hierarchická struktura datových úložišť

Vůči uživateli se celý systém chová jako černá skříňka, která na požádání uloží či naopak vydá příslušná data. Zapojená úložná vrstva se pozná jen nepřímo podle rychlosti odezvy úložiště.

#### 4.2 Služby datových úložišť

Úložiště jsou dostupná různými způsoby – od specifických komunikačních protokolů až po jednoduché aplikace pro běžné uživatele, jako je FileSender. Podrobnosti jsou uvedeny v popisu jednotlivých služeb, viz například návod na adrese: <https://du.cesnet.cz/wiki/doku.php/navody/start>

Úložiště jsou navázána na autentizační mechanismy e-infrastruktury CESNET. Datová úložiště tak lze snadno využít pro sdílení dat v distribuovaných týmech, jejichž členové pocházejí z různých organizací, stejně jako je lze přímo používat z výpočetního prostředí národního gridu.

### 5 Prostředí pro spolupráci

Vzájemná spolupráce je důležitou složkou výzkumu a vývoje. Distribuované týmy, jejichž členové pocházejí z různých institucí, měst, případně států jsou dnes spíše pravidlem než výjimkou. V rámci e-infrastruktury se snažíme poskytovat nástroje pro vzdálenou spolupráci, díky nimž bude možné koordinovat činnost takových týmů, aniž by bylo nutné často cestovat.

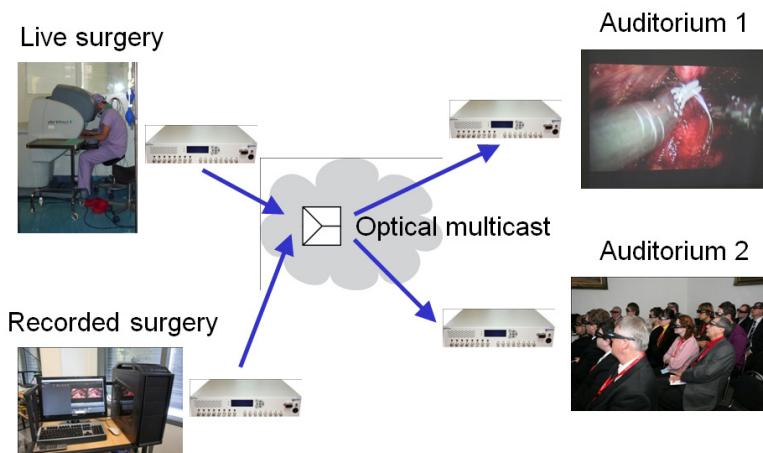
Spolupráce má řadu podob. Může zahrnovat společné řešení úloh s využitím gridů, sdílení dat v úložištích, či komunikaci běžnými prostředky, jako je elektronická pošta. V této sekci se ale zaměřujeme zejména na virtuální setkávání. Tedy obrazovou a zvukovou komunikaci členů týmu v reálném čase.

## 5.1 Virtuální setkání

Konzultace či koordináční schůzky nemusí vyžadovat fyzickou přítomnost všech účastníků na jednom místě, lze je realizovat virtuálně. Umožňují to dvě podobné služby, které přenášejí obraz a zvuk mezi jednotlivými účastníky:

- **videokonference** vyžadují specializovaný software a nabídnou vyšší kvalitu obrazového a zvukového kanálů,
- zatímco silnou stránkou **webkonferencí** je, že uživatel vystačí s běžným webovým prohlížečem a má k dispozici větší sortiment médií.

Vyšší nároky lze splnit prostřednictvím speciálních obrazových přenosů, kdy je obraz přenášen ve vysoké kvalitě (**HD, 2K, 4K**), případně stereoskopicky (**3D**). Tato služba nachází využití například při přenosech operací či experimentů na odborných konferencích. Pro ně je možné zajistit i internetové vysílání – **streaming** – přednesených příspěvků. Méně náročným uživatelům je pak k dispozici IP telefonie přenášející telefonní hovory po síti.



Obrázek 6 — Přenos kvalitního 3D videa

## 5.2 Autentizační infrastruktura

Týmová práce obvykle vyžaduje sdílení dat a využívání různých síťových služeb a aplikací. K usnadnění této činnosti byla vytvořena autentizační infrastruktura, která svým uživatelům usnadňuje přístup ke sdíleným zdrojům. Její nejdůležitější složkou je federace **eduID.cz**, díky níž uživatelé mohou využít své „domácí“ jméno a heslo pro přístup ke službám provozovaným jinými subjekty. Navíc na principu „single sign-on“ – heslo tedy zadáváte jen jednou.

Druhou službou e-infrastruktury z této oblasti je vydávání certifikátů, které ověřují totožnost jednotlivých serverů a uživatelů. Díky nim lze vzájemnou komunikaci lépe zabezpečit.

### 5.3 Další služby

Kromě výše uvedených nabízíme pro podporu spolupráce i několik doplňkových služeb, jako je **videoarchiv** pro ukládání záznamů z různých akcí či videokonferencí. Organizaci schůzek pak usnadňuje Foodle.

## 6 Výzkumné projekty

Velmi významnou složkou činnosti sdružení CESNET je výzkumná činnost v oblasti pokročilých síťových technologií a aplikací, jež tyto technologie využívají. Výsledky vlastní výzkumné činnosti využíváme především při rozvoji národní infrastruktury pro vědu, výzkum, inovace a vzdělávání, některé z nich ovšem našly uplatnění i na trhu v podobě licenčně vyráběných zařízení.

### 6.1 Velké národní projekty

Rozhodující pro výzkumnou činnost jsou velké národní projekty. V současné době se jedná o dvojici projektů:

- **Velká infrastruktura CESNET**
- Rozšíření národní informační infrastruktury pro VaV v regionech (**eIGeR**)

Jedná se o dvojici vzájemně se doplňujících projektů, jejichž cílem je vytvoření špičkové a na služby bohaté páteřní infrastruktury pro vědu, výzkum, inovace a vzdělávání. Předcházely jim dva výzkumné záměry a projekt TEN-34 CZ.

Ucelenou představu o naší činnosti v rámci těchto projektů a dosažené výsledky představují roční zprávy o jejich řešení. Konkrétní výsledky pak najdete v technických zprávách na adrese:

<http://www.cesnet.cz/vyzkum-a-vyvoj/dosazene-vysledky/networking-studies/>

### 6.2 Mezinárodní projekty

S ohledem na průběžné výsledky se podařilo získat nezanedbatelný mezinárodní kredit v oblasti pokročilých síťových technologií. Sdružení je zapojeno do řady mezinárodních projektů:

#### GN3 – Multi-Gigabit European Academic Network

Cílem projektu GN3 je rozvíjet evropskou páteřní infrastrukturu nové generace, která uspokojí nároky uživatelů z oblasti vědy, výzkumu a vzdělávání, a to především podporou účelových infrastruktur pro potřeby konkrétních aplikací (tzv. gridů), podporou mobility uživatelů v rámci tzv. evropského výzkumného prostoru (European Research Area, ERA) a podporou kvalitního vyhrazeného spojení koncových klientů.

#### EGI InSPIRE – Integrated Sustainable Pan-European Infrastructure for Researchers in Europe

Náplní projektu EGI InSPIRE je další rozvoj celoevropské gridové infrastruktury vybudované v sérii projektů EGEE. Jeho partnery jsou národní gridové iniciativy prakticky všech evropských zemí. Projekt se zaměřuje především na posilování gridové infrastruktury, podporu uživatelů a aplikací. Vývojové



aktivity jsou v tomto projektu utlumeny, soustředí se zejména na vývoj nástrojů usnadňujících využívání gridové infrastruktury.

#### **EMI – European Middleware Initiative**

EMI je dalším projektem navazujícím na EGEE. Jeho úkolem je další vývoj middlewarových komponent pro EGI grid a další distribuované výpočetní infrastruktury. Projekt v první fázi integruje existující komponenty a řeší jejich vzájemnou interoperabilitu. Následně se počítá s jejich postupným nahrazováním prvky s širšími funkcemi.

#### **GLIF**

Global Lambda Integrated Facility je mezinárodní virtuální organizace prosazující paradigma lambda síťování. GLIF poskytuje jako běžnou službu mezinárodní lambdy (optické přenosové trasy) pro podporu vědeckého výzkumu náročného na objemy přenášených dat a podporuje vývoj middleware pro lambda síťování.

#### **PlanetLab**

PlanetLab je globální výzkumná síť, která podporuje vývoj nových síťových služeb. Využívá se k vývoji nových technologií pro distribuované ukládání, mapování sítí, peer-to-peer systémů, distribuovaných rozptylovacích tabulek a zpracování front.

#### **VINI**

Virtual Network Infrastructure (VINI) je virtuální síťová infrastruktura umožňující výzkumníkům ověřovat jejich protokoly a služby v rozlehlé síti. VINI svým uživatelům nabízí, aby své nápady nasadili a vyhodnocovali při reálném směrování, zátěži a změnách v síti. VINI podporuje současné experimenty s libovolnou síťovou topologií a sdílenou fyzickou infrastrukturou, aby poskytla maximální flexibilitu při návrhu různých experimentů.

#### **ORIENTplus**

Projekt ORIENTplus navázal na projekt Orient realizovaný v letech 2007 – 2010. Účelem projektu je udržovat a dále rozvíjet infrastrukturu mezi GÉANT a Čínou, a propojovat evropské a čínské vědce.

#### **NEAT-FT**

Společný výzkumný projekt NEAT-FT se zabývá přesností a stabilitou přenosu času a frekvence požadovanými v metrologii. Rozvíjí metody využití optických linek pro porovnání optických atomových hodin, které jsou nejstabilnějším dosud vyvinutým zdrojem frekvence. Přesnost přenosu času se pohybuje v řádech 10–100 ps na vzdálenost přes 1000 km.

#### **CHAIN-REDS**

Cílem projektu je koordinace a harmonizace aktivit e-infrastruktur.

Kromě dosud aktivních existují i mnohé již dokončené mezinárodní projekty, na jejichž řešení jsme se podíleli. Informace o nich najdete na stránkách sdružení.

### 6.3 Národní projekty

Kromě strategických velkých národních projektů se sdružení CESNET v současné době podílí na řešení projektu programu Alfa TAČR s názvem **Vícekanálové přenosy obrazu s vysokým rozlišením optickou sítí (POVROS)**. Cílem je další vývoj zařízení MVTP pro přenos videa s vysokým rozlišením a nízkým zpožděním a jeho uvedení na trh. Na tomto projektu sdružení spolupracuje s komerčními partnery, společnostmi KIT Digital Czech a ACE.

### 7 Závěr

Komplexní e-Infrastruktura CESNET připravuje podporu pro celou vědeckou, výzkumnou a výukovou komunitu. Výsledkem by měla být možnost rovnocenného přístupu ke špičkovým IT technologiím, což by mělo jednotlivým řešitelským týmům umožnit se soustředit na vlastní řešený problém a dosáhnout vyšší úrovně výsledků ve svém základním oboru.

### Literatura

- [1.] *Cestovní mapa ČR velkých infrastruktur*, <http://www.msmt.cz/vyzkum/ceska-roadmap>
- [2.] *Matyska L. a kol., Národní e-infrastruktura v ČR, Praha 7.11.2012*, [http://www.metacentrum.cz/docs/e-infrastruktura\\_CR.pdf](http://www.metacentrum.cz/docs/e-infrastruktura_CR.pdf)
- [3.] *Halák J. a kol., Real-time stereoscopic streaming of robotic surgeries, Healthcom 2011, Columbia, MO, June 13, 2011*

### Kontakt:

**Milan Šárek**  
CESNET z.s.p.o  
Žitkova 4  
160 00 Praha 6  
tel: 602 527 673  
e-mail: [ms@cesnet.cz](mailto:ms@cesnet.cz)  
<http://www.cesnet.cz>