

Brněnská akademická počítačová síť – vývoj, využití a perspektivy

Doc. Ing. Miloslav Filka, CSc., VUT FEKT Brno, Ústav telekomunikací
Ing. Otto Dostál, CSc., Masarykova univerzita Brno, ÚVT

BAPS - Brněnská akademická počítačová síť propojuje univerzity, pracoviště akademie věd, soudy, finanční úřady, instituce vlády, nemocnice a další zařízení splňující možnost připojení k síti. Budování BAPS se dělí na několik etap. Vytváření BAPS přechází do další etapy většinou po zpřístupnění další alternativy pro zvýšení výkonnosti a rozsáhlosti sítě, či přísunu nových financí a příspěvků.

V první etapě se snažily MU a VUT Brno jednat s vedením SPT TELECOM o možnosti vybudování sítě tímto subjektem. Po mnoha dlouhých a neúspěšných jednáních se MU a VUT Brno rozhodly v roce 1993 vybudovat vlastní privátní optickou počítačovou síť pod názvem Brněnská akademická počítačová síť. Vzhledem k omezeným finančním možnostem a vysoké cenové i časové dani kabelů uložených v zemi se začala síť budovat s pomocí samonosného optického kabelu vedeného po brněnských střeších. Velmi nákladná jsou také koncová zařízení sítě a s ohledem na tyto ceny se vybralo gradientní vlákno 62.5/125, samonosné, bez metalického prvku. Samonosný kabel obsahoval celkem 8 optických vláken. Kabely pro vnitřní vedení jsou 4 vláknové. Vnější a vnitřní vlákna jsou svařena a uložena do spojky. Tyto spojky jsou, z důvodů omezení přístupu k nim, umístěny v uzamykatelných skříních. V každé lokalitě, kde je umístěn router, byla vnitřní vlákna vyvedena do rozvodné skřínky. Celá síť byla provozována na ETHERNETU s rychlostí 10 Mb/s.

Druhá etapa vytváření sítě BAPS je zahájena na přelomu roků 1995 / 1996 realizací "Projektu rozvoje metropolitní akademické počítačové sítě v Brně" a jejího přechodu na kvalitativně vyšší technologii". Cílem projektu bylo rozšířit BAPS do dalších lokalit a tak umožnit připojení do páteřní optické sítě dalším institucím. Finanční prostředky byly na tento

projekt přiděleny z fondu Dynamického rozvoje. Lokality byly propojovány 8 jednovidovými vlákny a 4 gradientními vlákny .

V dalších letech výstavby BAPS se budovaly především zemní trasy a to jak výstavbou nových tras do univerzitních lokalit (vzhledem k jejich důležitosti) tak i tzv. přípoložní kabelů do výkopů, které budovaly jiné organizace budující privátní kabelové sítě. Vzhledem k posunu v potřebách používaných síťových technologiích se nadále pokládají kabely s pouze jednovidovými vlákny a to povětšinou kabely obsahující 48 nebo 96 vláken.

V začátcích budování sítě se kladl zejména důraz na co největší rozšiřování sítě. S postupem doby se začínaly objevovat větší požadavky na zkvalitnění sítě a šířku pásma. V této době se jevilo výhodné vytvořit novou páteř sítě (ATM), která s možností vysokorychlostních přenosů přináší celou řadu dalších služeb. Hlavně možnost vytváření virtuálních sítí, které jsou bezpodmínečně potřeba u lékařských aplikací. Tyto změny byly provedeny v lokalitách Botanická (ÚVT MU), Obilní trh (pracoviště LF MU) a Kotlářská (PřF MU). Díky těmto změnám a snaze o pokud možno co největší využití jejich možností vedla k následným úpravám zapojení rozvodů v síti, a to jak v Metropolitní síti, tak i v některých lokalitách. Nejdramatičtější byla tato změna v lokalitě Kotlářská, (z hlediska provozu sítě nejvýznamnější lokalita), kde došlo ke změně celé topologie sítě. Zavedení těchto změn zvýšilo rychlost dosavadního ETHERNETU z 10 Mb/s na 155 Mb/s.

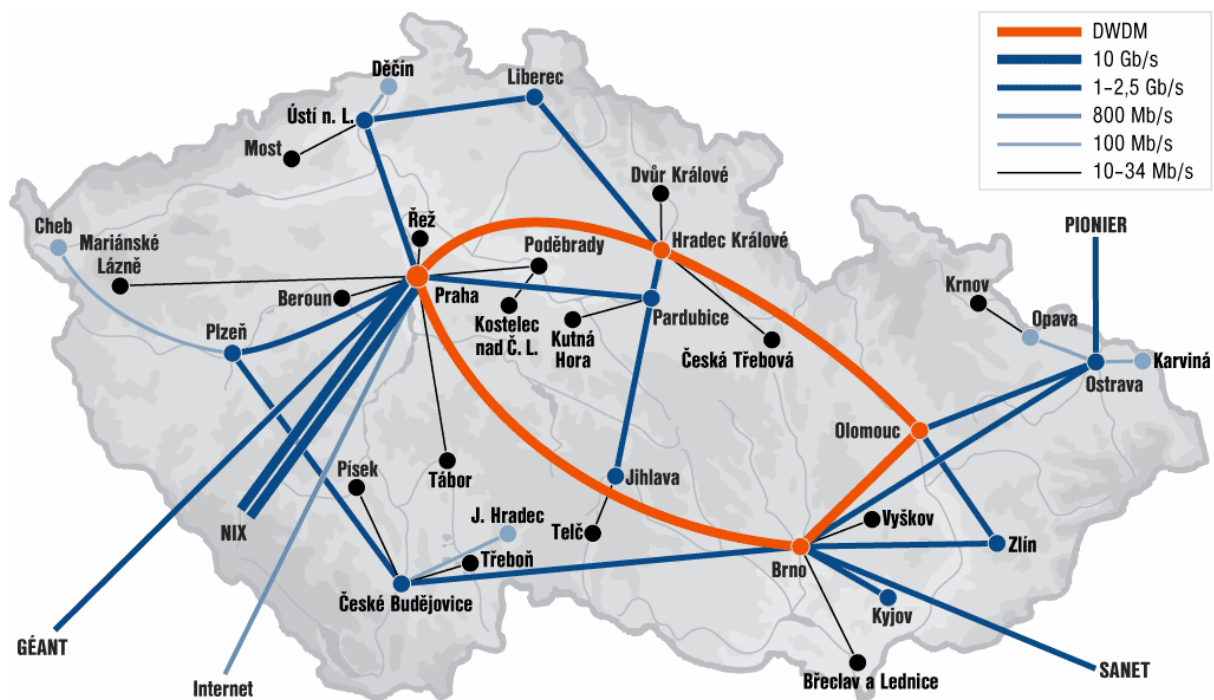
Provedení a využití těchto změn vedlo k vzniku nových aplikací v lékařské oblasti a k prvním krůčkům k realizaci rozsáhlejších systémů, které umožní studentům a přednášejícím přístup do databází, obsahující např. rentgenové snímky pacientů z různých časových období, výsledky tomografických vyšetření, angio vyšetření atd. Realizace uzlu Obilní trh umožnila nasazení této technologie přímo ke zdroji dat.

Další etapa budování sítě BAPS začíná až v roce 2001, protože díky velmi výhodným předešlým změnám v páteřní síti nebyla reálná potřeba tuto síť nijak zvlášť rozpracovávat. V tuto dobu se již naskytla velmi výhodná alternativa pro konstrukci nové páteřní sítě postavené na technologii gigabit ethernet. V roce 2002 byla vybudována nová gigabitová páteř sítě Masarykovy univerzity. S tímto budováním došlo k zásadní změně: až do konce minulého tisíciletí probíhalo budování sítě metodou vlašťovčího hnízda, tj. tak jak se postupně profilovaly požadavky na spojení a získávaly se finanční zdroje, tak se postupně definovala i

topologie sítě. Nová gigabitová páteřní síť byla budována metodou velkého třesku tj. struktura a topologie sítě je definována hned na začátku a postup výstavby mohl být ovlivňován již jen přísunem financí. Síť v současné době obsahuje více než 90 významných a základních uzlů. Celková délka optických vláken a kabelů dnes činí více než 100 km. V nynější době je tato síť napojena přes uzel Masarykovy univerzity 2.5 Gb/s spojem s Prahou. Z Prahy je spojena s ostatním světem.

Návaznost sítě BAPS na další sítě

Brněnská akademická počítačová síť spojující instituce po celém Brně je spojena s ostatními lokalitami v České republice pomocí sítě CESNET. Respektive v nynější době, už pomocí sítě CESNET 2, protože projekt CESNET vstoupil do další generace svého vývoje. Tato síť je národní vysokorychlostní počítačová síť určená pro vědu, výzkum, vývoj a vzdělávání. Její páteř propojuje největší univerzitní města České republiky okruhy s vysokými přenosovými rychlostmi. Uživateli sítě jsou především vysoké školy, Akademie věd České republiky, ale i některé střední školy, nemocnice či knihovny. Projekt CESNET je nyní členem několika dalších projektů jako jsou např.: TERENA, GEANT, DANTE, CEENet, GLIF. Také sám projekt CESNET se zapojuje do rozvoje medicínských aplikací s dalšími státy Evropské unie (např.: univerzita v Boloni), které se snaží navrhnout pilotní projekty pro Evropskou unii .



Obr. 2 Schéma vysokorychlostní počítačové sítě pro vědu, výzkum, vývoj a vzdělávání CESNET2

V další návaznosti se síť CESNET2 napojuje na celoevropskou síť GEANT která sdružuje 30 provozovatelů národních akademických sítí v Evropě. V polovině roku 2004 se projekt GEANT zaměřil na další rozvoj evropské akademické páteřní sítě pod názvem

GÉANT2. Doba jeho trvání byla stanovena na čtyři roky. V nynější době dosahuje rychlost sítě GEANT rychlosti až 10Gb/s.



Obr. 3 Schéma rozložení sítě GEANT sdružující národní akademické sítě.

MEDIMED - Metropolitan Digital Imaging System in Medicine

Projekt MeDiMed navazuje na výsledky předchozích aktivit a projektů:

- První projekt „Využití vysokorychlostních přenosů k integraci heterogenních multimediálních medicínských dat, byl podán již v roce 1995. Vzhledem k finanční náročnosti nebyl přijat.
- V roce 1997 byl podán projekt s názvem „Rozvoj brněnské akademické sítě pro potřeby vědy a výzkumu“. Tento projekt byl schválen jako tříletý projekt 1998 – 2000. Řešil otázku spojení lokalit i vlastní realizaci řešení PACS. Řešení bylo dodáno a zprovozněno v roce 1999.

Interdisciplinární projekt MeDiMed řeší otázky medicínské využitelnosti, právní aspekty a problematiku vlastního technického zabezpečení.

Zabývá se vybudováním metropolitního archivu tzv. PACS, propojení nemocničních modalit (diagnostických zařízení) jako je ultrazvuk (US), digitální mamograf (DMG), počítačový tomograf (CT), magnetická rezonance (MR) a další.

Cílem je využití lékařské informatiky pro zvýšení kvality medicínské operativy, obecné zvýšení lékařské péče, zlepšení podmínek pro medicínský výzkum a výuku absolventů medicíny.

Řešení předešlých problémů zahrnuje archivaci obrazových dat, přenos obrazových informací o velké kvalitě mezi jednotlivými pracovišti (nemocnicemi) která pacient v průběhu léčby navštíví, možnost vzdálených konzultací se vzdálenými odborníky či vytvoření budoucího plánu a simulace léčby.

Výsledkem je usnadnění a urychlení formulace správné diagnózy, vyloučení opakovaných vyšetření, úspora času pacienta i lékaře a tím i finančních prostředků.

PACS - Picture Archiving and Communication System

Tento systém, který patří do projektu MeDiMed, byl pořízen pro zpracování, přenos a archivaci medicínských informací a dat v roce 1999. V tomto roce také byli připojeni první modality do systému (lokalita Obilní trh - porodnice a Černopolní - dětská nemocnice). Jedním z prvních úkolů tohoto systému bylo zařídit převod dat do formátu DICOM (Digital Imaging Communications in Medicine). V roce 2000 už po základní zkušební lhůtě systému získali řešitelé řadu konkrétních informací týkajících se možností a omezení instalovaného systému PACS.

Důležitým krokem bylo také vybudování centrálního serverového pracoviště archivu v zajištěné části počítačového sálu ÚVT na Botanické 68a. V roce 2002 byl na Ústavu výpočetní techniky Masarykovy univerzity zahájen rutinní provoz metropolitního archivu medicínských obrazových informací PACS (Picture Archiving and Communication System). V dalším roce už byla do systému PACS připojena většina brněnských nemocnic. Současně se do projektu začaly připojovat další nebrněnské nemocnice (např. IKEM, Fakultní Thomayerova nemocnice, nebo nemocnice v Kyjově).



Obr. 4 Náhled na pracoviště PACSu

Lokality dodávající informace do systému PACS

Ultrazvuk – vyšetření za pomoci zvukových vln, kterým lze zkoumat jednotlivé orgány v těle člověka, ultrazvukem se hojně využívá pro sledování plodu v těle matek. Přístroj, který provádí tato vyšetření se nazývá ultrasonograf.

Digitální mamograf (MG) – přístroj který je určen na zjišťování nálezu karcinogenu prsu.

Magnetická rezonance - Magnetická rezonance je moderní "tunelová" vyšetřovací metoda, která velmi přesně zobrazí požadované oblasti. Poskytuje lékařům důležité informace prakticky o všech orgánech v těle. Zvláště vhodná je pak tato metoda k zobrazení mozku a míchy.

Rentgen – vyšetření za pomoci rentgenového záření, které se používá především k zobrazení kostí (při zlomeninách, vykloubených ramenech atd.).

CT (computer tomography) – vyšetření které pomocí rentgenového záření a složitého matematického principu výpočtu vytvoří obraz. Lze jím zkoumat celé tělo, ale pro co největší přesnost a díky škodlivému rentgenovému záření je vždy požadována co nejbližší míra určení vyšetření. (Např. při podezření na akutní pankreatitis, požadavek na CT pankreatu místo požadavku CT břicha a pánve.)

Formát používaný v projektu MEDIMED a PACS

DICOM (Digital Imaging Communications in Medicine) je celosvětově uznávaný formát pro ukládání medicínských dat. Tento formát využívá pro svoji archivaci a přenos dat také projekt MeDiMed s centrálním archivem PACS. Tento formát musí obsahovat všechna potřebná data k věrohodné výpovědní hodnotě ukládaných studií. Tzn. základní klíčová slova studie pro její lehké vyhledání, popis studie popřípadě s postupem při léčení pacienta, obrazovou dokumentaci.

Problematika vlastního přenosu

Vlastní přenos dat po síti BAPS si klade dva nejdůležitější cíle. První se zabývá dostatečnou rychlostí sítě a druhý spolehlivostí.

Projekt Medimed pro své úspěšné fungování potřebuje velkou rychlost pro přenos dat. Obrazové studie, které jsou realizovány pomocí sítě BAPS jsou velice paměťově obsáhlá (až 80 Mb), protože musí být na nich zahrnut každý detail. Rychlost musí být co největší, protože při posílání obrazových studií za cílem konzultace může jít i o zdraví pacienta (např.: Fakultní Thomayerova nemocnice, která potřebuje neurochirurgické konzultace v Ústřední vojenské nemocnici ve Střešovicích, protože ošetřuje komplikovaná polytraumata (nejčastěji oběti dopravních nehod) a nemá svůj neurochirurgický tým. Často stojí před rozhodnutím, zda pokračovat v léčbě v rámci úrazové chirurgie, nebo předat pacienta na neurochirurgické oddělení k neodkladné operaci). Síť BAPS musí také zvládat přenášet na špičkové úrovni digitální konference a IP telefonii. Při podezřelém zakolísání spojení mezi jednotlivými lokalitami nebo pokud je technika spojení nespolehlivá nebo pomalá, snímek se pro jistotu posílá sanitkou rychlé záchranné služby, protože se jedná i o život ohrožující stavy, což představuje zpoždění vyhodnocení snímků o 30 až 45 minut dle hustoty silničního provozu.

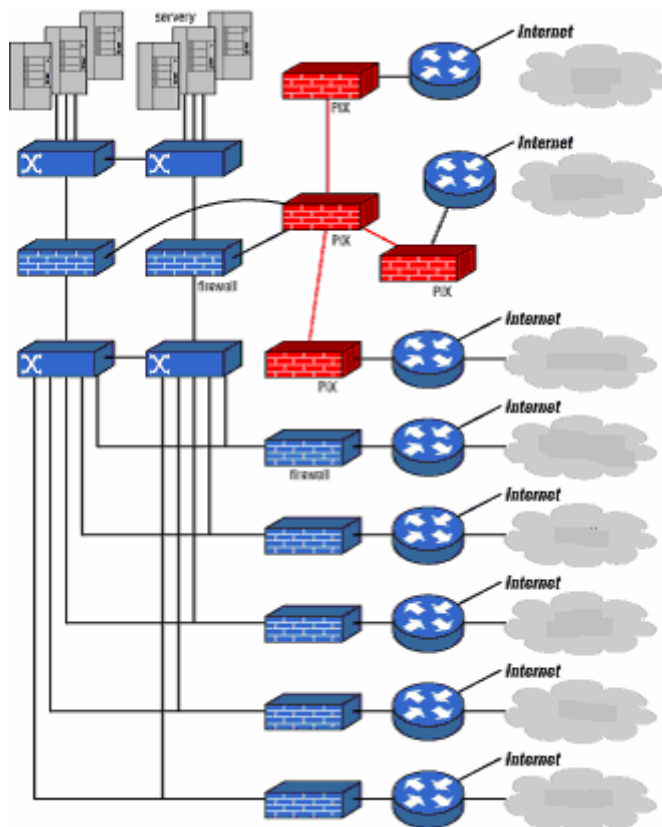
Spolehlivost sítě musí být na nejvyšší úrovni, protože jak už bylo zmíněno výše v nejhrošším případě může jít i o zdraví pacienta. Masarykův onkologický ústav v Brně, který jako první přešel plně na systém PACS a odložil filmové pásky za digitální technologii potřeboval s velkou nutností vysokou spolehlivost. Díky finanční dostupnosti je nyní vybudován robustní systém postavený na nezávislé dvojici PACS serverů (různých dodavatelských firem)

Obrazové databáze uložené na obou serverech se budou vzájemně synchronizovat. Servery jsou uloženy na dvou vzdálených lokalitách. Spolupracující zdravotnická zařízení jsou připojena k oběma lokalitám pomocí datových tras (nyní se jedná o významné nemocnice v Brně). Aplikace na obou PACS serverech jsou konfigurovány tak, aby přistupovaly k datům uloženým na diskovém poli. DVD jukebox z kterého trvá načítání dat ze sítě PACS déle, je stále používán, jako spolehlivá záloha diskových polí.

Zvýšení spolehlivosti

S ohledem na stále narůstající využití centrálního systému PACS a předpokladu zapojení dalších zdravotnických zařízení, lokalit a dalších nemocnic v městě Brně i mimo region je nutné stále zvyšovat spolehlivost systému PACS. Spolehlivost systému se musí primárně zvyšovat u nemocnic, které jsou plně odkázány na systém PACS, jako byla lokalita Masarykův onkologický ústav v Brně, který se svým celostátním významem přešel z filmové formy záznamu na plně digitální.

Důležitým krokem pro zvýšení spolehlivosti systému PACS bylo vytvoření druhého záložního serveru (centra). Toto záložní centrum bylo umístěno v lokalitě Komenského náměstí, kde je umístěna centrální počítačová učebna MU s nepřetržitým provozem. Pro zamezení možného výpadku softwarového vybavení, bylo záložní PACS centrum realizováno na softwaru jiného výrobce (data mezi primárním a záložním centrem jsou vyměňována standardně pomocí protokolu DICOM). Pro další zvýšení spolehlivosti byli do hlavního i záložního centra umístěny nezávislé datové okruhy. Vytvoření dvou center (hlavního a záložního) nám nabízí další možnost využití tj. možnost rozložení zátěže mezi oba PACS systémy při běžném provozu.

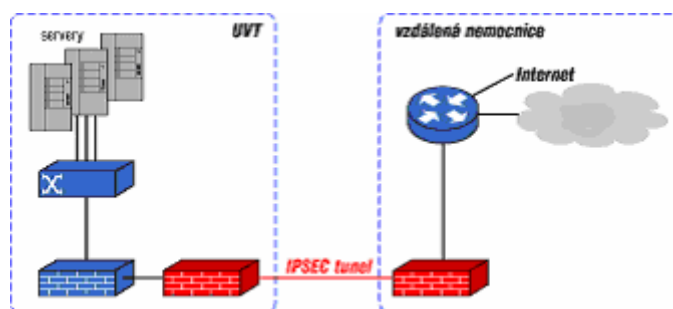


Obr. 5 Spojení nemocnic s oběma centry (hlavního a záložního) systému PACS

Rozšiřování mimo brněnský region

Rozšiřování mimo brněnský region se setkává z množstvím nových problémů, které již pro brněnské nemocnice vyřešeny byly. Jedním z nich je nalezení vhodného a dostatečně širokého datového kanálu pro komunikaci s PACS servery umístěnými v Brně. Díky velmi výhodnému použití sítě národního výzkumu CESNET2 (Tato síť poskytuje dostatečnou přenosovou kapacitu pro aplikace přenosu medicínských obrazových dat.). Nyní jediným závažným problémem je vyřešení bezpečnosti přenášených dat.

Jako řešení jsme zvolili použití IPSEC tunelu. Tento tunel je realizován na zařízení Cisco PIX Firewall. Na straně ÚVT MU v Brně je použit PIX 525, který slouží pouze pro zakončení IPSEC tunelů ze vzdálených nemocnic. Tento PIX je připojen na firewall oddělující PACS servery od zbytku sítě. Na straně vzdálené nemocnice je použit PIX 515E. Slouží jak pro zakončení IPSEC tunelu, tak i pro překlad adres a filtrování provozu mezi nemocnicí a PACSem. Pro šifrování IPSEC tunelu se v současnosti používá algoritmus 3DES, připravujeme přechod na algoritmus AES.



Obr. 6 Znárodnění spojení mimo brněnské nemocnice pomocí IPEC tunelu

Po zavedení záložního centra pro brněnské nemocnice napojené na systém PACS se vyskytl problém jak na toto záložní centrum napojit mimo brněnské nemocnice. Ke zdárnému zdoání problému se nabízelo několik řešení (např.: pevné duální připojení nemocnice do veřejné sítě s dvěma zásadními nevýhodami - výpadku internetové konektivity na straně Ústavu výpočetní techniky a nákladnost tohoto řešení kvůli potřebě mít konektivitu ke dvěma

různým operátorům pro potřebu mít dva nezávislé datové okruhy). Nakonec bylo zvoleno řešení komutovaného datového okruhu “nemocnice – Ústav výpočetní techniky“, které má dostatečnou přenosovou kapacitu a je ekonomicky schůdné. Snad jediným problémem bylo nalezení vhodného zařízení s dostatečným výkonem CPU s ohledem na cenu.

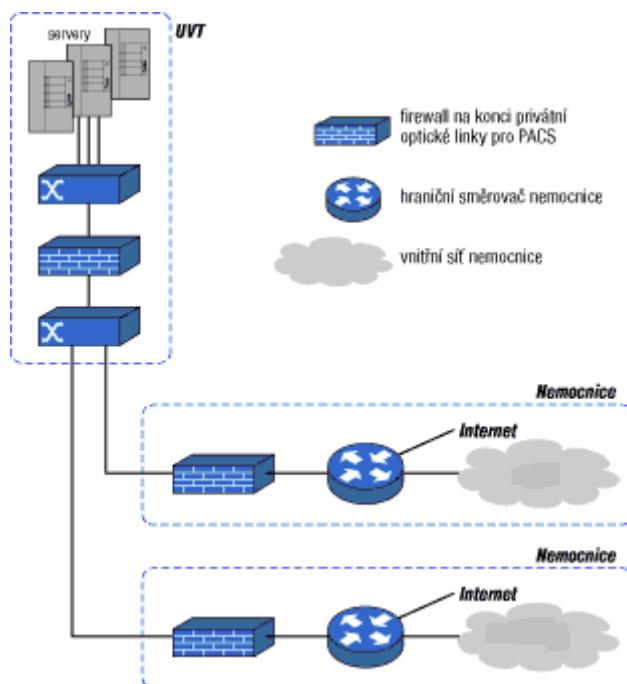
Zabezpečení zdravotnických informací

Informace přenášené pro projekt MeDiMed jsou velmi choulostivá záležitost, protože se jedná o osobní informace pacientů, kterých se nesmí zmocnit nikdo neoprávněný. Na bezpečnost přenášených dat si kladou velké požadavky nemocnice. Proto se také odborníci zaměřují na dvě důležité skutečnosti.

Zabezpečení sítě BAPS před fyzickým poškozením či zmocněním se důležitých informací. Kvůli dostatečné bezpečnosti citlivých dat na serverech a archivačních zařízeních byly hlavní servery umístěny do samostatné speciálně fyzicky oddělené a uzamčené sekce řídicího sálu na UVT na Botanické 68a. Podobně je tomu učiněno i v lokalitě záložního centra Lékařské fakulty Masarykovy univerzity, Komenského náměstí 2.

Zmocnění se informací o pacientech přes síť. Tento způsob ohrožení pacientových informací je při přenosu dat optickými vlákny chráněn tajným způsobem šifrování dat. Samotná archivovaná data jsou chráněna množstvím přístupových a ochranných hesel. Archivační systém je také rozdělen do několika úrovní které zabezpečují celý systém. Další ochrana dat a systému je zabezpečena autentizovaným přístupem. Velmi důležitou formou ochrany dat před zneužitím je použití firewallů. Centrální PACSové servery jsou zakončeny před vstupem do přenosové sítě firewalllem, který zajišťuje filtraci provozu. Na straně nemocnice je také umístěn překladový firewall (který je pod správou PACS systému), který je dále připojen do hraničního směrovače nemocnice. Tímto způsobem je jak zajištěna bezpečnost PACS systému, tak i bezpečnost vnitřní sítě nemocnice při případné chybě na straně ÚVT, protože veškerý provoz prochází směrovačem, který je pod správou nemocnice.

V praxi toto zabezpečení funguje tak, že je možné provozovat na jedné koncové stanici, jak linku do PACS, tak linku pro internet.



Obr. 7 Zabezpečení sítě pomocí firewallů

Autentizovaný přístup

V současnosti je k metropolitnímu PACS serveru připojena rozličná škála pracovišť jednotlivých nemocnic. Pro rozlišení jednotlivých pracovišť je v současnosti rozhodující IP adresa pracovních stanic tohoto pracoviště. Toto řešení je plně dostačující pouze pro zdroje obrazových dat či prohlížečích stanic pouze využívané jediným uživatelem. Alternativa autentizovaného přístupu je zcela logickým požadavkem lékařů (služby v jiných nemocnicích, mobilní pracoviště, domácí pracovní lékaři,...). Tento problém se podařilo vyřešit díky přidělení privátních unikátních IP adres jednotlivým uživatelům. Dalším krokem bylo určení zařízení, které by určilo vaši privátní IP adresu pomocí PKI (Private Key Infrastructure). Jako řešení bylo zvoleno použití USB klíčů.

Anonymizace dat

Část dat projektu PACS jsou používány pro pregraduální i postgraduální vzdělávání mediků. Pro tyto účely je potřeba studie anonymizovat. Za tímto účelem byl vytvořen Anonymizační program pro PACS za spolupráce sdružení CESNET, MU Brno, Masarykova onkologického ústavu a firmy TATRAMED s. r. o. V počátcích zavádění tohoto programu se v první řadě ověřovala základní funkčnost anonymizačního modulu, obecná verze editoru pro popis a modulu pro správu případových studií.

Problematika archivace

Pro obrovské množství archivovaných dat a pro jejich samotnou velikost (díky snaze o co největší kvalitu) jsou potřeba pro dostačující fungování systému PACS a celého Medimedu potřeba velmi obsáhlé paměti. Studie ukládané na server PACS se pohybují ve velikostech od 50 po 80 Mb. Nemocnice napojené na projekt PACS vyprodukuje skoro celý jeden Terab ročně. Důležité je vybrání a vhodné určení ukládaného formátu. Do budoucna je potřeba pomýšlet a studovat problematiku možné komprimace archivovaných dat, s cílem zmenšit jejich datový objem na co nejmenší možný s ohledem na dostačující efektivitu archivovaných dat. Také je potřeba pomýšlet na distribuované řešení. Archivovat data lze nyní jak ve statickém tak i dynamickém formátu.

Výpovědní věrohodnost dat

Jednou z částí projektu byl výzkum týkající se získání věrohodných dat o nutných přenosových kapacitách, objemech ukládaných dat. Tato problematika se týká hlavně vybraní dostačujícího rozlišení přenášených informací pro co nejlepší zobrazení dat. Také zvolení vhodného přenosového a úložního formátu. Další určení povinného a doporučeného obsahu dat se souborem klíčových slov pro jejich lehké vyhledání.

Problematika financí

Jedním z problému s kterým se řešitelé projektu MeDiMed zabývají, je získání dostatečného množství financí. Vybavení technické oblasti projektu je velmi náročné na kvalitu technického vybavení. Velkým problémem je jak výběr archivačního serveru, archivačních medií tak i zobrazovacích jednotek. Jediným možným řešením je hledat optimální rovnováhu mezi požadavky, technickými možnostmi a cenou daného přístroje v jednotlivých oblastech nasazení. K nalezení tohoto řešení je nezbytná úzká spolupráce specialistů. Jak ze strany specialistů na technické přístroje a vybavení tak i specialistů ze strany jednotlivých oblastí medicíny, neboť jen ti jsou schopni určit, jaké zobrazovací jednotky jsou ještě vhodné a dostatečné pro daný účel a danou modalitu (např.: pro zobrazení ultrazvuků není kladený tak vysoký požadavek na kvalitu monitorů jako u magnetické rezonance, kde jsou natolik vysoké požadavky, že se pohybují na hranici (a občas i za ní) možností dostupných zobrazovacích jednotek.). Podobný problém a řešení je k nalezení i u optimálního způsobu archivace umožňující okamžitý přístup k datům.

Vzhledem k výše zmíněné velké finanční zátěži při budování systému byli vždy přidělené prostředky plně využity. Bohužel se i na některých místech povedlo přidělené finanční částky přesáhnout. Naštěstí v celkovém výkonu systému PACS, který povede k úspoře finančních materiálů se přesáhnutí finančních částek vyplatí.

Právní aspekty

Další choulostivou záležitostí je vyřešení skloubení archivovaných dat s právním systémem. Hlavně se jedná o problém týkající se zákona O péči o zdraví lidu, Zákona o elektronickém podpisu a Zákona o ochraně osobních údajů. Pro vyřešení tohoto problému proběhlo za účasti zástupců ředitelských pracovišť jednání v parlamentu ČR, kde byli předloženy a diskutovány návrhy řešení. Další řešení se bude také zabývat skloubením s předpisy EU upravující tyto problémy, kde se jedná o možnost předávání osobních údajů (potazmo informací ze zdravotnické dokumentace) mezi členskými státy.

Na základě spolupráce s pracovištěm EuroMISE , centra Ústavu informatiky AV ČR se vytvořilo základní interní materiál: "Vybrané právní aspekty vedení zdravotnické dokumentace a telemedicíny z českého a evropského pohledu". Při dalším pokračování řešení tohoto úkolu bylo vytvořeno formou doktorandské práce dílo "Právní aspekty elektronické komunikace v telemedicině", v oboru Biomedicínská informatika.

Přínosy, výhody a možnosti

Využití pro studenty

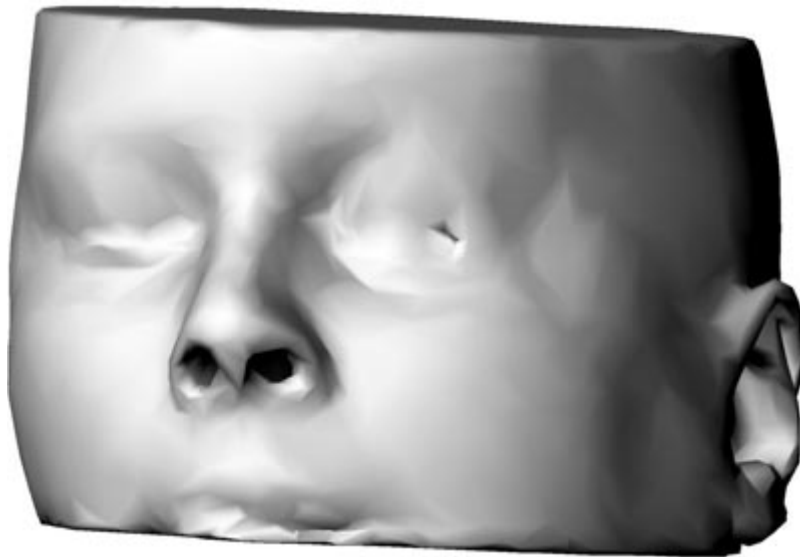
Velmi významnou výhodou projektu je jeho velká podpora technologií výukového a výzkumného podsystému, od kterého se očekává významné zlepšení úrovně výuky pregraduálních i postgraduálních studentů medicíny. Řešení je koncipováno tak, aby plně vyhovovalo požadavkům kompatibility se systémy pracujícími v reálném provozu, s cílem vytvořit pro uživatele prostředí, které se v zásadních aspektech neliší od reálných provozních systémů.

S tímto využitím taky velmi blízce souvisí problematika zabezpečení a zajištění např.: obrazové studie vhodné pro potřeby výuky a výzkumu do výukového systému. Jsou odstraněny (modifikovány) všechny informace, které by v budoucnu mohly vést k odhalení identity pacienta s ohledem na zachování maximální vypovídací schopnosti studií. V roce 2004 byl dokončen vývoj anonymizačního modulu, který umožnil zahájit přenos vybraných anonymizovaných studií do databáze výukového a výzkumného systému.

Obrazová studie, která byla zařazena do výukového systému musí být opatřena standardním popisem problému pacienta s příložením postupu léčby pacienta. Také musí být opatřena sadou klíčových slov, které pomohou provádět jednoduché vyhledávání studijních materiálů.

Další využití archivovaných obrazových informací

Vzhledem k obrovským pokrokům ve vývoji medicíny a díky nejrůznějším technickým zařízením, přístrojích a rozsáhlých možnostech diagnostiky a vyšetření pacientů, se naskytá další nová možnost ve využití obrazového systému PACS. Dosud tomu bylo tak, že využití těchto informací zůstávalo jen na úrovni subjektivního posouzení lékaře. Nyní podstoupením řady vyšetření (nejčastěji CT a MR, protože tyto metody dokáží získat prostorovou (3D) informaci o vnitřních strukturách pacienta) a jejich vzájemným vyhodnocením je možnost vytvoření 3D modelů (kostí, modelování tkání na základě výše zmíněných vyšetření CT a MR), plánování chirurgických a rekonstrukčních operací, simulací průběhu operací, navigaci a zaměřování nástrojů a v neposlední řadě realistický trénink operací pro lékaře na simulátoru apod.. Tato nová možnost se začala rozvíjet nad rámec původního plánu aktivity v projektu MEDIMED modelováním 3D tkání na základě CT/MR dat. Projekt probíhá s využitím centrálního komunikačního serveru PACS, infrastruktury sdružení CESNET, za účasti FN u sv. Anny v Brně a Ústavu počítačové grafiky a multimédií FIT VUT v Brně. Na základě prvních experimentů ve spolupráci Ústavu počítačové grafiky a multimédií na Fakultě informačních technologií VUT v Brně, Kliniky zobrazovacích metod Fakultní nemocnice u sv. Anny v Brně a sdružení CESNET byl v tomto týmu navržen klinicky použitelný systém zpracování CT/MR dat pro tvorbu 3D počítačových modelů lidských tkání. Zároveň se začala hledat a připravovat aplikace a použitelnost těchto modelů v klinické praxi řady zaměření (např.: ortopedie, plastická chirurgie, stomatologie). Na základě návrhu klinicky použitelného systému zpracování CT a MR dat pro tvorbu 3D počítačových modelů lidských tkání, bylo vybudováno tzv. "Virtuální vývojové a aplikační pracoviště". Virtuální pouze proto, že se jedná a vysoce interdisciplinární spolupráci mnoha zaměření, jako jsou moderní poznatky medicíny, strojírenství, informační technologie. Vybudování jednotného pracoviště obsahující všechny potřebné obory by bylo velmi finančně, personálně i technicky náročné. Proto zapojení pracovníci do tohoto programu zůstávají na svých dosavadních pracovištích a komunikují pomocí sítě CESNET2. Toto řešení virtuálního pracoviště je velmi výhodné, protože šetří čas pracovníků (lékařů, techniků) a kapacity speciálního a drahého vybavení (CT, MR, 3D tiskárny, programy atd.) pro tvorbu 3D počítačových modelů. Vzhledem k plánování budoucího rozšiřování tohoto využití obrazových informací je založení "pouze" "virtuálního pracoviště" také výhodné vzhledem k lehkému zapojení dalších lokalit do projektu.



Obr. 8 3D model počátečního tvaru obličeje s viditelným poškozením tkání



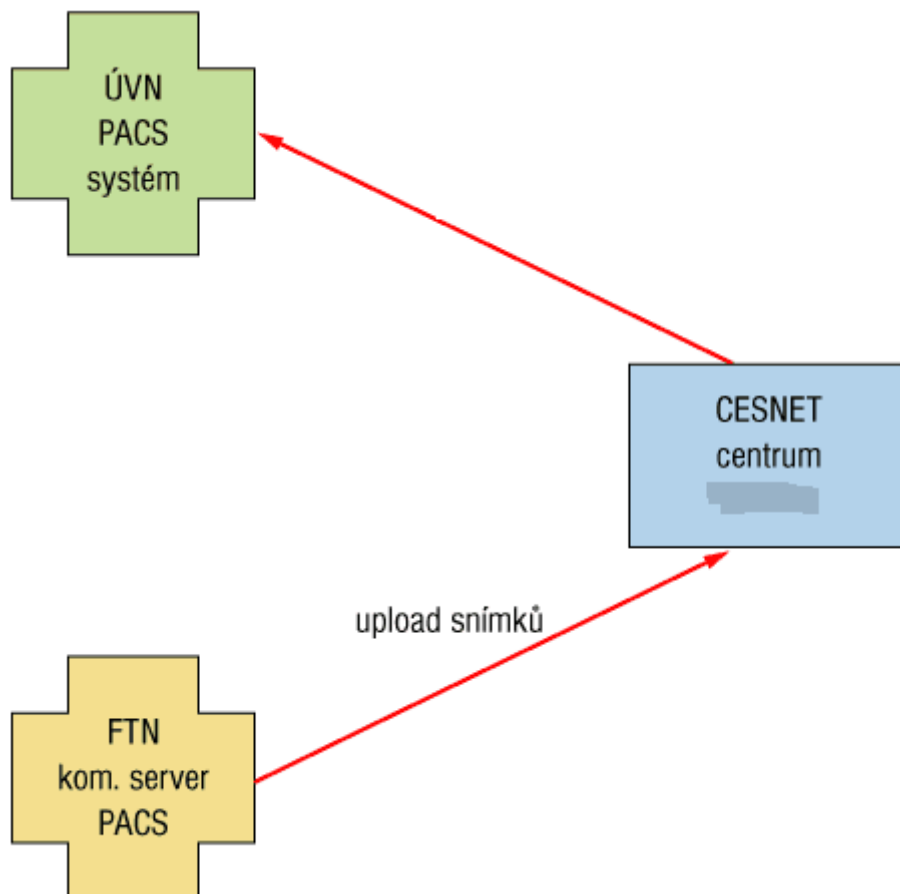
Obr. 9 Doplnění deformované části ze zdravé strany s využitím symetrie



Obr. 10 Vytvořený doplněk pro korekci deformace, který je v závěrečné fázi převeden do trojrozměrného modelu pomocí 3D tiskárny

Vzdálené konzultace a digitální konference

Dalším velmi výhodným využitím vzájemného propojení nemocničních modalit je možnost konzultace s odborníky v tom či jiném oboru. Např.: velký zájem v této oblasti projevila Fakultní Thomayerova nemocnice (FTN), která potřebuje neurochirurgické konzultace v Ústřední vojenské nemocnici ve Střešovicích (ÚVN), protože ošetřuje komplikovaná polytraumata (nejčastěji oběti dopravních nehod) a nemá svůj neurochirurgický tým. Často stojí před rozhodnutím, zda pokračovat v léčbě v rámci úrazové chirurgie, nebo předat pacienta na neurochirurgické oddělení k neodkladné operaci. Jeden z nekompromisních požadavků specialistů v tomto případě z ÚVN je, že konzultace pro FTN je nebude příliš zatěžovat. Lékaři proto požadují, aby konzultovaný snímek mohli zpracovávat ve svém standardním prostředí. V praxi se jedná vlastně o zařazení konzultovaných snímků z FTN do systému ÚVN, jako by se jednalo o snímky z jejich specializovaného pracoviště (schématicky je to načrtnuto pod textem).



Obr. 11 Přenosu dat pro konzultaci z FTN do UVN

Diagnóza v pohyblivých vozech

Další velmi zajímavou a užitečnou kapitolou je problematika přenosu aktuálních dat z pohyblivých vozů (sanitních vozů = sanitek, záchranných vrtulníků). V těchto vozech se již nyní mohou provést základní vyšetření o stavu pacienta, který je převážen do nemocnice. Po základním vyšetření pacienta, by se naskýkala možnost poslat tyto informace do cílové nemocnice ještě při převozu. Tyto data by se v nemocnici předem vyhodnotili a personál nemocnice by se dále mohl připravit na přijetí tohoto pacienta a jeho další hospitalizaci.

Toto řešení přináší ohromnou úsporu času, která by se mohla projevit významně na včasné léčbě pacienta, v nejkrajnějším případě i záchrany jeho života. Jediný problém, proč nevybavit záchranné vozy touto technikou je finanční stránka projektu, která je velmi nákladná. Povinné vybavení záchranného vozu je již nyní velmi finančně náročné.

Tento přenos by byl pravděpodobně řešen pomocí bezdrátové sítě s využitím kanálů GSM.

Další rozvíjení tohoto oboru by se mohlo uplatnit při spojení s dálkovými letadly. Na palubě takového letadla může nastat zdravotní problém (porod, potíže starších lidí, infarkt). I když jsou letušky a základní posádka letadla vycvičeni v podávání první pomoci s napojením letadel na zdravotnickou síť by se zvýšila spolehlivost případné pomoci. V několika chvílích by při takovém problému mohlo být letadlo spojeno s lékařem, který by mohl poskytnout jak svoji radu, tak pomocí zdravotnické sítě dokumentaci s ukázkami pomoci.

Úspora financí a úložního prostoru

Bezproblémově fungující systém MeDiMed kromě zkvalitnění možností ošetření pacienta přináší také úsporu financí a úložního prostoru. Dříve bylo na informace které nyní archivuje PACS potřeba mnoho papírů, filmových pásek a dalšího materiálu, který v množství které bylo potřeba, neměl nejlevnější pořizovací cenu. Nyní s projektem MeDiMed který funguje prakticky bez velkých finančních nároků jsou ušetřeny finance, tak i úložní prostor který byl v minulosti potřeba pro velké množství materiálů.

Aktuální stav a výhledy do budoucna

Nemocnice spolupracující v rámci projektu MeDiMed

FN Brno Bohunice – lokalita Obilný trh (porodnice) a Černopolní (dětská nemocnice) rok 1999 – přenos obrazů bez identifikace pacienta

Fakultní nemocnice U sv. Anny – rok 2000

Masarykův onkologický ústav – zapojen od roku 2001

Bakešova nemocnice – rok 2002

Nemocnice Milosrdných bratří – rok 2002, využívání dat a dodávání dat do projektu PACS začíná probíhat až nyní

Okresní nemocnice Kyjov – rok 2002

Nemocnice Jihlava – rok 2003, později z projektu odstoupil díky špatnému spojení se serverem PACS

Úrazová nemocnice v Brně – rok 2003

Thomayerova nemocnice

Nemocnice Uherské hradiště

Nemocnice Hodonín

Revmatologický ústav v Praze – nyní se připojuje

Výhledy do budoucna

I když Nemocnice Milosrdných bratří je už delší dobu napojena na síť BAPS, teprve před 14 dny začala využívat program PACS. V nejbližší době se plánuje její plnohodnotné zavedení do systému. Vzhledem ke stěhování důležitých lokalit pro PACS do nového pavilonu nemocnice (nyní se špičkovým vybavením a jedním z nejmodernějších v ČR) je odhadována doba rutinního zavedení do systému PACS do jednoho měsíce. V tuto dobu také projevil zájem o začlenění do systému Revmatologický ústav v Praze, který se nyní připojuje.

Z technických věcí je nyní zaváděna autorizace pomocí USB klíčů, které pomohou lehké autorizování jednotlivým pracovníkům ve svých i jiných lokalitách.

Závěr

Vzhledem k velmi dobrým základům předešlých projektů na podobné bázi má projekt MeDiMed dobré vyhlídky do budoucna. Během budování fungujícího systému se projekt MeDiMed střetl s několika problémy, které byly:

- Zajištění vysokorychlostní počítačové sítě pro přenos medicínských dat a informací. – Tento problém se podařilo vyřešit výborně díky skvělé příležitosti využít BAPS.
- Zvýšení spolehlivosti sítě proti různým výpadkům a poruchám. – Problém se podařilo vyřešit pomocí druhého záložního centra archivačního programu PACS.
- Rozšiřování mimo brněnský region. Zahrnuje problémy jako nalezení vhodného spojení s PACSem, dostatečné zabezpečení dat, zajištění spojení chráněného proti výpadkům. – Zabezpečení dat je vyřešené pomocí šifrování. Ostatní řešení je u každé mimo brněnské nemocnice individuální, ale většinou probíhá s pomocí sítě CESNE2.
- Zabezpečení informací. – Před fyzickým odcizením informací je problém vyřešen pomocí uzamykatelných skříněk. Před napadením přes síť je server PACS množstvím firewallů a oddělenou datovou linkou. Přenášená data jsou také šifrována.
- Autentizovaný přístup. – Vyřešeno pomocí privátních IP adres jednotlivých uživatelů.
- Anonymizace dat pro studijní účely. – Vyřešeno pomocí anonymizačního modulu.
- Problematika archivace. – Problém by měl být vyřešen pomocí komprimace dat.

- Výpovědní věrohodnost dat . – Vyřešeno určením povinného obsahu každé studie.
- Problematika financí. – Řešeno podle aktuálních potřeb projektu hledáním optimální cesty mezi výkonem a cenou.
- Právní aspekty. – Proběhlo jednání v Parlamentu ČR a byli vytvořeny odborné studie

Všechny tyto potřeby a problémy při budování spolehlivého systému MeDiMed však přináší mnohé výhody:

- Archivace dat pro pozdější využití.
- Využití archivu pro studenty.
- Další zpracovávání archivovaných dat.
- Vzdálené konzultace, dálkové konference.
- Možnost diagnózy v pohyblivém voze a přenos dat.
- Úspora financí a úložního prostoru.

V nynější době se projekt MeDiMed hlavně zaměřuje na svoje rozšíření, které ovšem probíhá v závislosti na zájmu a ochotě nových nemocnic.

Literatura:

- [1] KOČ, Z. *Optická vlákna v telekomunikacích*. Sdělovací technika, 1999, č. 3.
- [2] DOSTÁL, O., FILKA, M., PETRENKO, M., . *First Experiences with Picture Archiving and Communication Systese in Mdiicine*. In. Proceedings VIProm. ELMAR, Zadar, Croatia, 2002, ISBN 953-7044-01-7.
- [3] *Medicínské aplikace. Závěrečné výzkumné zprávy* . Brno, ÚVT MU 2001-.
- [4] www.cesnet.cz
- [5] SIEGMUND, D.G., PRAGER, E. *ATM technika širokopásmové sítě ISDN*. H.& B, Praha 1997.
- [6] SHMIDT, M., DOSTÁL, O., JAVORNÍK, M.. *MEDIMED - Regional PACS Centre in Brno*. In **EuroPACS - MIR 2004**. Trieste-Italy : University of Trieste, 2004. od s. 463 - 465, 3 s. ISBN 88-8303-150-4.