

Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní

Využití informačních technologií v radiodiagnostice

Kamil Hrabal

Bakalářská práce

2010

Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní
Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Kamil HRABAL**
Osobní číslo: **E070177**
Studijní program: **B6209 Systémové inženýrství a informatika**
Studijní obor: **Informatika ve veřejné správě**
Název tématu: **Využití informačních technologií v radiodiagnostice**
Zadávací katedra: **Ústav systémového inženýrství a informatiky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Vývoj oboru radiodiagnostika.
2. Porovnání analogového a digitálního provozu na pracovišti.
3. Požadavky na vybudování lokální datové sítě a její propojení s okolím.
4. Požadavky na vhodný HW a jeho zabezpečení před výpadky a ztrátou dat.
5. Rozbor stávající situace na vybraném pracovišti a návrh vhodného řešení.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

- [1] DOSTÁL, O., JAVORNÍK, M., SLAVÍČEK, K. Opportunity of Current ICT in the Processing of Medical Image Information. In Proceedings of the International Conference International Association of Science and Technology for Development, 2006, s. 193-195. ISBN 0-88986-54.
- [2] CHUDÁČEK, Z. Radiodiagnostika I. část. Brno: IPVZ, 1995, 293 s. ISBN 80-7013-114-4.
- [3] KRUPA, P., KŘÍSTEK, J. Přenos obrazu a jeho archivace ve zdravotnických zařízeních. In RITM Report, 2005, s. 55-57. ISBN 80-210-3924-8.
- [4] NEKULA J. Radiologie. 3. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 2005. 205 s. ISBN 80-244-1011-7.
- [5] ŠMORANC, P. Rentgenová technika v lékařství. Pardubice: SPŠE a VOŠ, 2004. 264 s. ISBN 80-85438-19-4.

Vedoucí bakalářské práce:



Ing. Tomáš Kořínek

Ústav systémového inženýrství a informatiky

Datum zadání bakalářské práce: **5. října 2009**

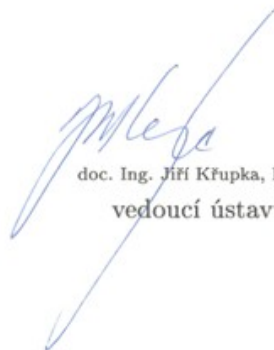
Termín odevzdání bakalářské práce: **30. dubna 2010**



doc. Ing. Renáta Myšková, Ph.D.

děkanka

L.S.



doc. Ing. Jiří Křupka, Ph.D.

vedoucí ústavu

V Pardubicích dne 5. října 2009

SOUHRN

Tato bakalářská práce pojednává o využití informačních technologií v radiodiagnostice. Úvodní část se zabývá vývojem oboru radiodiagnostika, porovnáním analogového a digitálního provozu a procesem přechodu na provoz digitální. V praktické části je popsán provoz na stávajícím oddělení a navrženo možné řešení přechodu na digitální provoz s ohledem na potřeby zákazníka.

KLÍČOVÁ SLOVA

Radiodiagnostika, informační technologie, digitální radiografie, PACS, DICOM

TITLE

The Usage of Information Technologies in Radiodiagnostic

ABSTRACT

This bachelor's work deals with the using of information technologies in radiodiagnostic. In the first part of this bachelor's work is described the historical evolution of the radiodiagnostic, analog and digital workflow comparison and the process of the digital systems implementation in the radiology departments. The second part analyzes the situation in the selected radiology department and suggests possible solution for the digital system implementation with respect to customer's needs.

KEYWORDS

Radiodiagnostic, information technologies, digital radiography, PACS, DICOM

Prohlášení autora

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 10. 06. 2010



Kamil Hrabal

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Tomáši Kořínkovi, za jeho odborné rady a připomínky, které jsem využil při tvorbě této práce. Stejně tak děkuji paní Martině Jelínkové, vedoucí laborantce v Nemocnici Milosrdných Bratří v Letovicích za její odborné konzultace. Rád bych také poděkoval Ing. Luboši Seidlovi a panu Jiřímu Linhartovi ze společnosti FOMEI a.s., za zapůjčení odborných materiálů a za poskytnutí potřebných informací.

Především bych však chtěl poděkovat celé své rodině za podporu, kterou mi při mém studiu a psaní této práce věnovali.

OBSAH

ÚVOD.....	9
1. VÝVOJ OBORU RADIODIAGNOSTIKA.....	11
1.1. VZNIK RENTGENOVÉHO ZÁŘENÍ.....	11
1.1.1. Zdroj záření - rentgenka.....	12
1.1.2. Vysokonapětový generátor.....	13
1.2. ZÁZNAM A ZOBRAZENÍ RENTGENOVÉHO ZÁŘENÍ.....	14
1.2.1. Záznamový materiál.....	14
1.2.2. Vyvolávací proces.....	15
1.2.3. Úprava snímků – „Post-processing”.....	16
1.2.4. Prezentace snímků.....	17
1.2.5. Archivace snímků.....	18
1.2.6. Organizace provozu na pracovišti.....	20
2. SOUČASNÝ STAV V RADIODIAGNOSTICE.....	21
2.1. TECHNOLOGIE ZÁZNAMU OBRAZU.....	23
2.1.1. Technologie CR.....	24
2.1.2. Technologie DR.....	27
2.2. DICOM STANDARD.....	28
2.3. PACS SYSTÉM.....	29
2.4. DATOVÁ SÍŤ.....	31
2.5. ZABEZPEČENÍ SYSTÉMŮ PŘED VÝPADKY A ZTRÁTOU DAT.....	34
3. POROVNÁNÍ ANALOGOVÉHO A DIGITÁLNÍHO PROVOZU.....	37
4. DIGITALIZACE VYBRANÉHO PRACOVIŠTĚ.....	39
4.1. CHARAKTERISTIKA VYBRANÉHO PRACOVIŠTĚ.....	39
4.2. POŽADAVKY ZÁKAZNÍKA.....	41
4.2.1. Požadavky na CR systém.....	41
4.2.2. Požadavky na PACS systém.....	41
4.3. NÁVRH ŘEŠENÍ.....	43
4.3.1. Technologie záznamu obrazu.....	43
4.3.2. PACS systém.....	44
4.3.3. Zobrazení snímků.....	45
4.3.4. Archivace dat.....	46
4.3.5. Datová síť a její propojení s okolím.....	46
4.3.6. Zabezpečení systému před výpadky a ztrátou dat.....	47
4.3.7. Postup vyšetření na digitalizovaném pracovišti.....	48
5. ZÁVĚR.....	48

6.	JMENNÝ REJSTRÍK	51
7.	SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	52
8.	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	53
9.	SEZNAM OBRÁZKŮ	54
10.	SEZNAM TABULEK	54
11.	SEZNAM PŘÍLOH	54

Úvod

Radiodiagnostika patří mezi diagnostické zobrazovací metody a využívá pro diagnostiku pacientů zejména ionizujícího záření. V dnešní době se ovšem pojmem radiodiagnostika souhrnně označují také další diagnostické zobrazovací metody jako například sonografie či magnetická rezonance.

Vzhledem k tomu, že tato bakalářská práce vznikala výhradně pro potřeby akciové společnosti FOMEI a.s., budeme se v dalším textu zabývat částí oboru radiodiagnostika, který se nazývá radiografie a kterému se tato společnost věnuje. Radiografie využívá k diagnostice pacientů výhradně rentgenového záření a umožňuje zobrazit jak statické snímky (skiografie), tak i reálný obraz (skiaskopie). V této bakalářské práci a zejména v její praktické části se budeme zabývat výhradně skiagrafickými metodami zachycení obrazu, jeho následným zpracováním a způsoby archivace získaných dat.

Přestože začátky radiografie sahají až do roku 1895, zůstává jednou z nejdůležitějších diagnostických metod, která má i v současné době svoje nezastupitelné místo na poli diagnostických zobrazovacích metod používaných v lékařské medicíně. I když v minulosti došlo k prudkému rozvoji ostatních zobrazovacích metod, například vyšetření pacientů pomocí metod nukleární medicíny, magnetické rezonance nebo pomocí sonografie, je radiografie stále jedním z oborů, jehož diagnostický přínos je pro léčbu pacienta nepostradatelný.

Účinnost této diagnostické metody ovšem závisí na mnoha aspektech. Aby bylo docíleno maximálního přínosu této metody, je potřeba mít nejen kvalitní přístrojové vybavení pro pořízení snímků a jeho následné zpracování, ale i kvalifikovaný personál jak na straně laborantů, kteří provádějí samotné skiagrafické vyšetření, tak i na straně lékařů, kteří snímky vyhodnocují. Důležitým prvkem, který významně ovlivňuje výsledný efekt radiografie je ovšem také rychlá dostupnost získaných informací a snadná prezentace provedených vyšetření.

Jelikož je rentgenové záření klasifikováno jako zdraví nebezpečné a neviditelné, je nutno podniknout všechna opatření k tomu, aby se eliminovala nutnost provádět opakovaná vyšetření a vždy zvážit přínos použití této diagnostické zobrazovací metody. Proto je velmi důležité nejenom dodržovat během vyšetření všechna bezpečnostní opatření, ale také zajistit bezpečnou archivaci již provedených vyšetření. V opačném případě může docházet ke ztrátě pořízených snímků a v případě potřeby kontroly se musí již provedená vyšetření znovu opakovat, což vede k nadměrné radiační zátěži¹ pacienta.

¹ Radiační zátěž – souhrn absorbovaných dávek záření, kterému byl pacient vystaven během vyšetření

S nástupem výpočetní techniky a zaváděním informačních systémů do lékařských zařízení se zásadně změnil zaběhnutý způsob prováděných vyšetření, následná úprava zhotovených snímků, jejich zhodnocení lékaři, prezentace zjištěných skutečností a následná archivace pořízené dokumentace. Stejně tak jako v ostatních oborech lidské činnosti dochází v radiodiagnostice v posledních letech k rychlému rozvoji moderních metod práce a zavádění nejnovějších technologií do praxe.

V radiografii se na straně pořízení snímků jedná zejména o počítačovou a digitální radiografii. Na straně prezentace a archivace dat se jedná o budování počítačových sítí a jejich vzájemného propojování, vývoj potřebného aplikačního vybavení pro zobrazení snímků a jejich úpravu a o vytvoření archivu, který bude zajišťovat bezpečné a snadno dostupné úložiště dat. Tato spojení hardwaru a softwaru se v moderních diagnostických zobrazovacích metodách označují jako PACS systémy.

Cílem této bakalářské práce je poskytnout široké odborné veřejnosti, stávajícím a potenciálním zákazníkům, ale i laikům se zájmem o tento obor přehled o současných technologiích využívaných v radiografii a jejich porovnání s běžným analogovým provozem ve zdravotnických zařízeních. Na základě požadavků společnosti FOMEI a.s., pro jejíž potřeby byla tato práce vypracována, se zde zaměříme na menší zdravotnická zařízení a privátní sektor, kterým by měla poskytnout potřebné informace při rozhodování o modernizaci radiodiagnostických oddělení.

V praktické části je proveden rozbor stávající situace na radiodiagnostickém oddělení v Nemocnici Milosrdných Bratří v Letovicích a je navrženo možné řešení přechodu tohoto oddělení z analogového provozu na provoz plně digitální. Návrh řešení bude použit společností FOMEI a.s. jako podklad pro přípravu modernizace radiodiagnostického oddělení ve výše uvedené nemocnici.

1. Vývoj oboru radiodiagnostika

Z historického hlediska se začíná o oboru radiodiagnostika hovořit v roce 1895, kdy Wilhelm Conrad Röntgen (1845–1923), profesor na Univerzitě ve Würzburgu, viz obrázek 1, objevil během svých pokusů s elektrickým proudem a katodovou trubicí neznámé záření, které



Obrázek 1 – Wilhelm Conrad Röntgen,
zdroj: (VANĚRKA, a další, 1989)

nazval paprsky X. Tento víceméně náhodný objev způsobil v pozdějších letech revoluci v diagnostických zobrazovacích metodách a je dodnes považován za jeden z nejdůležitějších objevů. Následným zkoumáním a pokusy Röntgen definoval základní vlastnosti tohoto záření a poukázal na jeho praktické využití v lékařství. Po zdařilých ukázkách vzniku záření a přijutím objevu odbornou veřejností bylo navrženo, aby toto záření neslo jméno svého vynálezce. Za tento objev mu byla v roce 1901 udělena Nobelova cena za fyziku.

Protože se Röntgen rozhodl nezištně věnovat svůj objev ve prospěch lidstva, mohlo dojít k rychlému vývoji prvních radiografických přístrojů a jejich nasazení v praxi. V následujících letech pokračoval vývoj těchto přístrojů a také se zdokonalovaly vyšetřovací techniky používané v lékařské praxi. To vedlo ke snižování radiační zátěže pacientů² a k většímu rozšíření radiografie jako diagnostické metody. Jak uvádí (BLAŽEK, 1980 str. 20), tak v tomto období vznikala řada snímkovacích standardů, které jsou platné i v nynější době a jsou považovány za základ při vyšetření pacientů a stanovení jejich správné diagnózy.

K dalšímu rozvoji tohoto oboru došlo po druhé světové válce, když byly zavedeny do praxe nové technologie umožňující zachycení a zobrazení záření pomocí zesilovačů a jejich následné převedení na televizní obraz. Odtud byl už pouhý krok k pokusům se záznamem obrazu a jeho archivaci pro pozdější použití.

1.1. Vznik rentgenového záření

Od začátku objevu rentgenového záření a jeho využívání v lékařské medicíně pro stanovení diagnóz pacientů, docházelo k neustálému zdokonalování a zvyšování účinnosti jednotlivých částí zobrazovacího řetězce. Tento se skládá z několika základních prvků, které jsou používány do jisté míry i v současnosti, ovšem za využití současných znalostí a možností

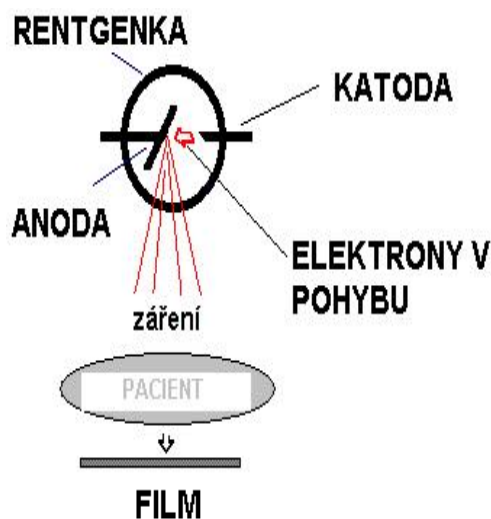
² Zobrazovací řetězec – označení pro skupinu přístrojů a procesů, které se podílejí na vzniku, editaci, archivaci a prezentaci prováděných radiodiagnostických vyšetření.

technologického vývoje. Nutno podotknout, že jedním z hlavních důvodů pro zvyšování technologické úrovně jednotlivých částí, byla také skutečnost, která nebyla při objevu rentgenového záření známa, a sice ta, že samotné rentgenové záření je pro lidský organismus škodlivé a způsobuje při nadměrném používání nevratnou změnu buněk v tkáních. Proto je tedy vždy nutno zvážit diagnostický přínos prováděného vyšetření a zajistit všemi možnými prostředky dosažení co nejmenší radiační zátěže pacienta.

Vzhledem k zaměření této bakalářské práce, není nutné zacházet do podrobnějších technických detailů, ale pro pochopení pracovního procesu na radiodiagnostickém oddělení, považuji za velmi důležité seznámit čtenáře alespoň se základními prvky tohoto procesu. Jak vyplývá z dalšího textu, tak vycházejí moderní přístroje ve velké míře z původních zařízení a některé zařízení mají dodnes v zobrazovacím řetězci své nezastupitelné místo.

1.1.1. Zdroj záření - rentgenka

Rentgenové záření je tvořené elektromagnetickým vlněním, které se šíří konstantní rychlostí přibližně 300 000 km/s o vlnové délce 1-50nm (BLAŽEK, 1980). V rentgence vzniká toto záření při nárazu velmi rychle letících elektronů do anody, která je ve většině případů tvořena wolframem, viz obrázek 2. Jak se uvádí v (SPRAWLS, 1990 str. 71), při tomto nárazu se energie elektronů přemění z 1 % v rentgenové záření a z 99 % v teplo. Jedná se tedy o velmi neefektivní přeměnu energie a je nutno zajistit odvádění vzniklého tepla z rentgenky. Obal rentgenky je v podstatě skleněná trubice a společně s připojovacími konektory je umístěna v ochranném kovovém krytu, který jí chrání před poškozením a umožňuje připojení napěťových kabelů.



Obrázek 2 - Rentgenka princip, zdroj: autor

Princip vzniku rentgenového záření v rentgence je i přes technologický vývoj stále stejný. Dochází ovšem k používání kvalitnějších materiálů a ke zvyšování výkonu rentgenek, což následně vede ke zkracování expozičních časů a tímto se výrazně přispívá k eliminaci pohybové neostrosti, která je způsobena pohybem pacienta při dlouhotrvajících expozicích. Standardem se také stala rotační anoda, která umožňuje zvýšení výkonu zářiče, neboť dopadající elektrony jsou postupně odráženy pod určitým úhlem po celém obvodu anody.

1.1.2. Vysokonapět'ový generátor

Proto, aby se elektrony v rentgence uvedly do pohybu, je zapotřebí do ní přivést velmi vysoké napětí v řádech desítek kilovoltů a také zavést žhavicí napětí, které umožňuje nažhavení katody pro emisi elektronů. V lékařské medicíně se dnes běžně používá velmi vysoké napětí v rozsahu 40 – 150 kilovoltů. Vysokonapět'ový generátor sám o sobě žádnou energii nevyrábí, ale pouze transformuje vstupní napětí na potřebná napětí výstupní. Nevýhodou starších generátorů byl mimo jiného také způsob transformace napětí, který poskytoval pouze malý výkon přístrojů a také poměrně nestabilní výstupní napětí. Toto velmi výrazně zhoršovalo kvalitu výsledných snímků, a proto byly diagnostické možnosti v tehdejší době značně omezené. Dnešní generátory používají vysokofrekvenční technologii pro transformaci vstupního napětí na napětí výstupní. Lze tedy dosahovat vyšších výkonů oproti starším generátorům a dosáhnout lepšího průběhu výstupního napětí. Tato skutečnost přispívá ke zkrácení expozičních časů, potlačení pohybové neostrosti a tím ke zvýšení kvality snímků.

Důležitou součástí generátorů je ovládací panel, pomocí něhož lze nastavovat expoziční parametry, jako jsou napětí (kV), proud (mA) a expoziční čas (ms) a jiné. Ovládací panel prošel během vývoje výraznou proměnou vzhledu a zvýšením jeho funkčnosti, viz obrázek 3. Na rozdíl od dnešních přístrojů nebylo možné ukládat hodnoty pro jednotlivá vyšetření a využívat expoziční automatiku, která sama řídí výslednou dobu expozice a tím významně ovlivňuje výslednou densitu³ a kontrast⁴ snímků. U dnešních generátorů lze uložit desítky přednastavených hodnot do paměti a při opakovaných expozicích může jednoduše vybrat požadované vyšetření ze seznamu a ovládací panel sám nastaví potřebné expoziční parametry.



Obrázek 3 - Dotykový ovladač CPI - 2010,
zdroj: autor

Zobrazovací řetězec obsahuje další velmi důležité části, které výrazně ovlivňují kvalitu výsledného snímku.

Jedná o primární a sekundární clony, přídavné filtry, zesilovací fólie a jiné. Pro účely této práce je ale poskytnutý přehled dostatečný. Nesmíme zapomínat na samostatné vyšetřovací stoly a vertikální stativy, které taktéž prošly za léta používání výraznou obměnou, ať už se jedná o elevaci stolu, automatickou synchronizaci pohybu či automatickou detekci formátu použité záznamové kazety.

³ Densita – stupně šedi, které představují rozdílnou strukturu zobrazovaného předmětu

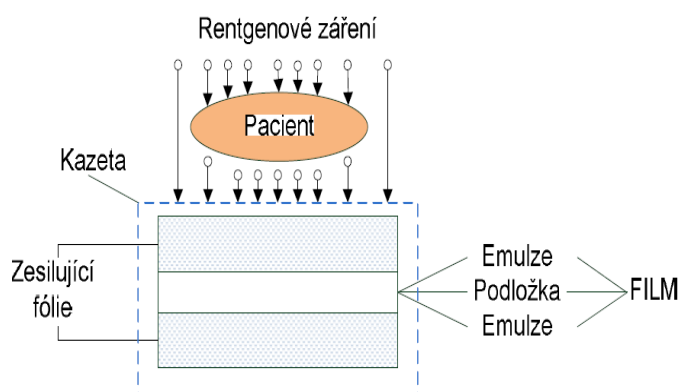
⁴ Kontrast – rozdíl mezi jednotlivými stupni šedi na zhotoveném snímku

1.2. Záznam a zobrazení rentgenového záření

Na rozdíl od předchozí kapitoly se zde budeme věnovat záznamu a zobrazení rentgenového záření, respektive výsledného snímku. Také v této části se zaměříme na možné způsoby zobrazení, zpracování a následné prezentace zhotovených snímků, které jsou dodnes používané na velkém množství radiodiagnostických oddělení. Právě z tohoto stavů budeme vycházet v dalších kapitolách, při popisování přechodu z analogového provozu na provoz plně digitální. Jak je z dalšího textu patrné, tak právě využívání moderních technologií v oblasti záznamu a zobrazení dat umožnilo, ve spolupráci s rozvojem výpočetní techniky a zaváděním informačních systému do zdravotnictví, revoluční změnu v dosavadním způsobu nejen samotného získávání dat a jejich prezentace, ale celkově vedlo ke změně pracovních procesů a organizace chodu jednotlivých oddělení.

1.2.1. Záznamový materiál

Pokud hovoříme o analogovém provozu, který byl až do sedmdesátých let dvacátého století jediným, hromadně používaným, tak se běžným záznamovým prostředkem v klasické



Obrázek 4 - Kombinace Fólie - Film – Fólie, zdroj: autor

radiografii rozumí kombinace filmu a zesilující fólie. Obě tyto části jsou uloženy ve světlotěsné kazetě, která se využívá pro snímkování i v dnešní době. Vzhledem ke složení záznamového filmu, viz obrázek 4, se v dnešních kazetách umísťují dvě zesilující fólie, každá na jednu stranu filmu. Při dopadu tohoto záření na zesilující fólii, která je tvořena vrstvou fluorescentního materiálu⁵,

dochází k osvětlení filmu takovou intenzitou, které odpovídá složení tkáně zkoumaného objektu.

Hlavním důvodem pro používání zesilujících folií je ta skutečnost, že filmový materiál je mnohem více citlivý na dopad světelného záření než na dopad záření rentgenového. Proto je možné využívat mnohem menšího množství rentgenového záření k získání snímku, než bez použití zesilovací fólie. Při dopadu rentgenového záření na zesilující fólii a následně pak na film, způsobí záření na filmovém materiálu takové změny, které se po vyvolání filmu ve vývojce, projeví jeho zčernáním odpovídajícím složení exponovaného objektu.

⁵ Fluorescentní materiál – materiál, který na jedné straně absorbuje neviditelné rentgenové záření a na straně druhé ho přeměňuje na záření viditelné.

Změny, které proběhnou ve filmovém materiálu po dopadu rentgenového záření, jsou nevratné, a proto není možné použít již jednou exponovaný film pro další záznam. Po vyjmutí filmu z kazety a jeho zpracování během vyvolávacího procesu, je tedy nutno vložit nový film. Toto je zásadní rozdíl oproti digitálnímu zpracování obrazu, kdy je nahrazena kombinace Fólie-Film speciální záznamovou fólií, která má tu vlastnost, že lze provádět její opakované exponování, čímž se velmi výrazně snižují náklady na provoz celého radiodiagnostického oddělení. Nejedná se ovšem jenom o úsporu finančních prostředků za nákup filmového materiálu, spotřebu chemikálií potřebných pro vyvolávací proces, ale i o úsporu místa na oddělení. Ve spojení se zaváděním informačních technologií, dochází k zásadním změnám ve způsobu archivace a prezentace snímků. Odpadají tak požadavky na vybudování archivů pro běžné zakládání snímků a otvírá se cesta k přechodu radiodiagnostického pracoviště z analogového provozu na provoz digitální.

1.2.2. Vyvolávací proces

Po exponování kazety, respektive zesilovací fólie a filmu, musí dojít ke zpracování filmového materiálu během vyvolávacího procesu. Jak již bylo uvedeno v předchozím textu, je filmový materiál velmi citlivý na světelné záření. Pokud tedy neproběhne celý vyvolávací proces, nesmí přijít film do kontaktu se světlem. Z toho důvodu jsou používány pro snímkování speciální světlotěsné kazety a celý vyvolávací proces probíhá v takzvané temné komoře, kde je zajištěno, aby celý proces proběhl bez možnosti osvětlení filmu běžným světlem. Tento problém se podařilo vyřešit společně se zavedením nových technologií zpracování obrazu, neboť nové záznamové fólie již nejsou citlivé na denní světlo, a tedy jejich zpracování nevyžaduje existenci temné komory na radiodiagnostickém oddělení.

V dřívějších dobách byl prostor temné komory rozdělen na „suchou“ část, kde se vyndával exponovaný film z kazety do kovového rámečku a z „mokrě“ části, která byla tvořena zásobníky s chemikáliemi potřebnými pro vyvolávací proces. Standardně zde byly umístěny zásobníky na vývojku, vodu pro první oplach, ustalovač, vodu pro konečný oplach a také zde byl prostor pro odkapávání a sušení. Samotný vyvolávací proces spočíval v postupném vkládání připraveného kovového rámečku s filmem do jednotlivých zásobníků, v odměření stanoveného času, po který byl film ponořen v příslušném zásobníku a vložení filmu do dalšího zásobníku. Kvalita připravených chemikálií a doba, po kterou byl film ponořen v daném zásobníku, byly velmi důležité pro výslednou podobu zhotoveného snímku, jak uvádí (CHUDÁČEK, 1995).

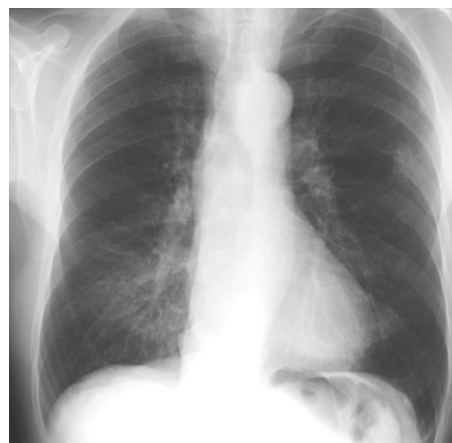
Z předešlého textu je patrné, že tento způsob zpracování filmového materiálu, byl velmi náročný na koordinaci prováděných kroků vyvolávacího procesu a byl významně ovlivněn lidským faktorem. Postupně tedy docházelo k nahrazení původních zásobníků vyvolávacím automatem,

který výrazně celý proces zjednodušil a zajistil stabilní vyvolávací podmínky. Automat měl svoji konstrukcí zajištěnou přesnou dobu, po kterou film procházel jednotlivými sekcemi s chemikáliemi. Zajistil také osušení filmu a automatickou regeneraci obsahu zásobníků s chemikáliemi. Používání vyvolávacího automatu pro zpracování filmového materiálu, je dodnes nejrozšířenějším způsobem zpracování používaným v radiografii.

1.2.3. Úprava snímků – „Post-processing“

Pokud bychom hovořili o úpravě jako o způsobu, jakým zlepšit výslednou kvalitu získaného snímku, tak musíme konstatovat, že v minulosti vzhledem k použité technologii zpracování filmového materiálu, nebyl „post-processing“⁶ možný. Jak už bylo uvedeno v předchozí kapitole, věnované vyvolávacímu procesu, chemické reakce, které proběhnou během tohoto procesu, vedou k nevratným změnám filmového materiálu, a proto tedy není možné, provádět dodatečnou úpravu takto získaných snímků. Pro získání kvalitních snímků bylo tedy nezbytné mít správně optimalizovaný vyvolávací proces⁷ a nastavit správně expoziční parametry, které by co nejlépe odpovídaly požadovanému druhu vyšetření a vlastnostem vyšetřovaného objektu. Teprve se zaváděním nových technologií záznamu a zpracování rentgenového záření, bylo možné v radiografii zavést pojem „post-processing“ ve významu dodatečných úprav snímku z hlediska jeho výsledné kvality.

Dalším možným pohledem na úpravu snímku je jeho identifikace pro další použití. Každý získaný snímek je vždy nutno opatřit základními informacemi, které nám pomohou snímek přiřadit ke konkrétnímu pacientovi a také zapsat tyto údaje do provozních deníků, které se archivují pro pozdější použití a zpětnou kontrolu provozu na radiodiagnostickém oddělení. Pokud by k tomuto nedošlo, hrozí záměna snímků mezi pacienty, což může mít ve finále tragické následky, viz obrázek 5.



Obrázek 5 - Snímek plic bez identifikačních údajů, zdroj: autor

⁶ Post-processing – jedná se o termín převzatý z anglického jazyka, který označuje možnosti dodatečných úprav prováděných na získaných snímcích.

⁷ Optimalizace vyvolávacího procesu - stanovení správné teploty vývojky a rychlosti posunu filmu ve vyvolávacím automatu vzhledem k vlastnostem filmu. Výsledky optimalizace se zaznamenávají pro pozdější porovnání stabilizace vyvolávacího procesu.

V otázce identifikačních parametrů se jedná se zejména o jméno a příjmení pacienta, polohu pacienta při vyšetření, datum a čas pořízení snímku, identifikaci zdravotnického zařízení, které snímek pořídilo a také o záznam expozičních hodnot. S ohledem na minulost a současný stav, kdy se běžně sledují a zaznamenávají desítky údajů, je bohužel patrné, že se počet takto zadávaných a také sledovaných údajů postupně zvyšoval. V příloze 1 je uveden pro porovnání seznam některých položek, které se dnes běžně zaznamenávají do nemocničního informačního systému.

V dřívějších dobách se záznam prováděl přímo na film pomocí tužky nebo vhodného popisovače. Tento způsob záznamu informací byl ovšem pro radiologické pracovníky časově velmi náročný. V pozdějším období došlo k úpravě stávajících kazet tím, že se do jejího rohu vložil pásek z olova, kterým neprošlo rentgenové záření. Tato část filmu poté zůstala neosvícena a následně se pomocí umělého světla a štítku s požadovanými údaji, provedl osvit dané části kazety a tím došlo k záznamu informací na film. Po průchodu filmu vyvolávacím procesem se tyto informace zobrazily přímo na zpracovaném filmu. Novější verze umí provádět osvit i mimo temnou komoru.

Po opatření snímku identifikačními údaji byl tento následně přiřazen k žádance, kterou si pacient donesl od svého ošetřujícího lékaře. Poté byl předán pořízený obrazový materiál lékaři na radiodiagnostickém oddělení – radiologovi, který provedl diagnostiku snímku a sepsal radiologický nález⁸. Pro transportaci a také pro následnou archivaci pořízených snímků se dodnes, na pracovištích s analogovým zpracováním dat, pořízené snímky ukládají do papírových obálek, které jsou opět opatřeny jménem, příjmením a také rodným číslem.

Z předchozího textu je patrné, že ruční úprava snímků byla v minulosti velmi časově náročná a vyžadovala maximální pečlivost zodpovědných pracovníků. Teprve se zaváděním informačních technologií a rychlému rozvoji výpočetní techniky, došlo ke zjednodušení evidence pacientů, nejen na radiologickém oddělení, ale také v rámci celého zdravotnického zařízení. Jak bude ukázáno v dalších kapitolách, rozvoj výpočetní techniky, společně s objevy v oblasti záznamu rentgenového záření, vedl k naprosto odlišnému způsobu úprav radiografických snímků.

1.2.4. Prezentace snímků

Protože byl pořízený snímek tvořen pouze stupnicí šedých barevných odstínů, bylo nutné jej pro správné zobrazení takto zhotovených snímků v přiměřené míře prosvětlit. V opačném případě docházelo ke ztrátě informace, protože byly snímky příliš tmavé a málo kontrastní.

⁸ Radiologický Nález – slovní popis provedeného vyšetření a odborné zhodnocení pořízeného snímku. Skládá se z popisu současného pacientova stavu, rozboru pořízené dokumentace a stanovení diagnózy. Výsledek nálezu je buď negativní (kladný) nebo pozitivní (záporný)

Nadměrné osvětlení ovšem potlačovalo jednotlivé stupně šedi a rozdíly mezi oblastmi na snímku se tak potlačovaly. V minulosti se používala pro osvětlení snímku běžná žárovková svítidla, ale ta nezaručovala vznik homogenního pole⁹ v celé ploše snímku. Na filmech tak vznikaly oblasti s různou intenzitou osvětlení, ve kterých se mohly lehce ztratit důležité obrazové informace. Také nebylo možno na velkých formátech filmu prosvětlit pouze malou část snímku, kterou se radiolog v daný okamžik snažil zhodnotit. Tato skutečnost a fakt, že nebylo tehdy možné regulovat intenzitu světla, vedly k nadměrné únavě zraku lékaře a při delším používání také k jeho zhoršení.

Postupně docházelo k vývoji regulovatelných zdrojů osvětlení a využívání zářivkových zdrojů s elektronickou regulací, což vedlo ke kvalitnějšímu zobrazení homogenního pole a šetrnějšímu přístupu ke zraku lékaře. Tyto systémy se označují pojmem negatoskop a mají ve světě analogového radiografie dodnes nezaměnitelné místo. Negatoskopy jsou osazeny matnou čelní deskou, přes kterou prochází světlo přímo na zobrazované snímky, které jsou uchyceny v držácích. Součástí moderních negatoskopů je systém na vymezení zobrazované oblasti a zvětšovací zařízení. V dřívější době se vyráběly negatoskopy pouze pro zobrazení jednoho snímku, ale protože byly požadavky na možnost současného porovnávání více snímků najednou, došlo k postupnému zvětšování zobrazovací plochy negatoskopů a následně také k vývoji rotomatů¹⁰.

Technologický vývoj v oblasti digitálních monitorů, zavádění IT technologií NIS a PACS a digitalizace radiodiagnostického oddělení, umožnila nahrazení klasických negatoskopů těmito monitory a poli monitorů, na které je možné přenášet snímky uložené v PACS systému.

1.2.5. Archivace snímků

Archivace pořízeného snímku je po zachycení rentgenového záření a prezentaci pořízeného snímku poslední funkcí filmového materiálu, o které můžeme v radiodiagnostice hovořit. Jak uvádí (ČLK - okresní sdružení Děčín, 2005), je stanovena běžná doba archivace obrazové dokumentace na dobu pěti let. Pokud budeme vycházet ze zprávy Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR (ÚZIS ČR, 2009), můžeme vypočítat, že bylo v roce 2008 provedeno 13 850 000 radiologických vyšetření. Z tohoto počtu připadá 61 % na konvenční radiografii, což představuje 8 448 500 vyšetření na 542 zdravotnických zařízení, které jsou do zprávy zahrnuty. V průměru se tedy jedná o 15 588 snímků na jednotlivé zdravotnické zařízení.

⁹ Homogenní pole – pole se stejnou intenzitou osvětlení, ve kterém nedochází ke ztrátě obrazové informace způsobené nerovnoměrným osvětlením sledovaného snímku.

¹⁰ Rotomat – automatický negatoskop, který umožňuje vložit až 400 snímků formátu 35x43 cm (podle modelu) a jejich následnou prezentaci. Přístroj je vybaven elektromechanickým systémem zajišťujícím jednoduchý posun snímků

Přestože je tento výsledek celorepublikovým průměrem, zahrnuje v sobě i skiaskopická vyšetření a nevypovídá o situaci na konkrétním pracovišti, je z celkového počtu vyšetření patrné, jak velké množství pořízeného obrazového materiálu se každý rok musí archivovat. To sebou nese obrovské náklady na budování archivu, jeho údržbu a provoz. Pokud teoreticky uvažujeme, že průměrný snímek má rozměry 24 x 30 cm, jedná se v tomto počtu snímků o plochu 608 292 m² a při největším formátu filmu 35 x 43 cm dokonce o plochu 1 271 499 m². Toto představuje nejen nesmírnou fyzickou zátěž na laboranty, kteří musí všechny snímky po jejich zpracování do archivu zařadit, a v případě potřeby jej zase vyhledat, ale také velké nároky na organizaci archivu. Nesmíme také zapomenout, na obrovskou zátěž pro životní prostředí, jakou bezesporu je likvidace tak obrovského množství filmového materiálu, který se po pěti letech uskladnění vyřazuje z archivu.

Zhotovené snímky se po zpracování a popisu umístili do standardizovaných obálek, opatřených identifikačními údaji pacienta, které se následně ukládaly do archivu. V dřívějších



Obrázek 6 - Moderní posuvný archiv, zdroj: autor

dobách se pořízená dokumentace ukládala do dřevěných regálů, jejichž jednotlivé sekce byly označovány buď obdobím, kdy snímky vznikaly, nebo abecedními písmeny podle příjmení pacienta. V pozdějších dobách se využívaly kovové regály a skříně s výsuvnými boxy, které se opět označovaly výše uvedeným způsobem. V dnešní době se používají posuvné regálové pole, viz obrázek 6, které do jisté míry usnadňují manipulaci se snímky a také zmenšují potřebný prostor pro archivace.

S rozvojem výpočetní techniky a vývojem skenerů¹¹, docházelo k pokusům o digitalizování filmového materiálu. Tato technika se používá i v dnešní době, ovšem s ohledem na současný vývoj technologií záznamu a zpracování snímků, pouze pro digitalizaci starších snímků. Pro pořízení nových snímků se vývoj vydal jednoznačně směrem k CR a DR systémům¹².

Jednou z největších nevýhod analogového provozu je právě problematický způsob archivace obrovského množství pořízeného záznamu a jeho následná likvidace. Také kvalita obrazové informace na takto získaných snímcích v závislosti na čase klesá. Problematické bylo také půjčování snímku na oddělení nebo do cizích zdravotnických zařízení. Často se také stávalo, že se vypůjčené snímky již nikdy nevrátily zpět na původní oddělení, a nebylo možné je tak dohledat.

¹¹ Skener – elektronické zařízení, které umožňuje převádět analogové záznamy obrazu či textu do digitální podoby.

¹² CR a DR systémy – moderní technologie pro pořízení a úpravu rentgenového snímku.

Docházelo také často k porušování autorských práv ke snímkům. Společně s nemožností dodatečných úprav na analogově získaných snímcích a rozvojem výpočetní techniky a informačních technologií, to byly hlavní důvody pro rozvoj digitálních technologií v radiodiagnostice.

1.2.6. Organizace provozu na pracovišti

Organizace provozu na radiodiagnostickém oddělení se vyvíjela společně se zaváděním nových vyšetřovacích metod, s vývojem výpočetní techniky a s aplikací objevů v oblasti záznamu rentgenového záření. Z hlediska počtů zaměstnanců se u zdravotnického zařízení typu nemocnice, vyžaduje velký počet laborantů a lékařů na rozdíl od malých ambulancí, kde často pracuje pouze jeden laborant a lékař. Zatímco v soukromých ambulancích je ve většině případů pouze jedna vyšetřovací místnost a popisovna pro lékaře, tak je v nemocnicích běžně provozováno několik rentgenových vyšetřoven a popisoven pro lékaře. Často je také v nemocnicích zřízeno detašované rentgenové pracoviště¹³, které má zajistit větší komfort pro pacienty a také zabránit kontaktu některých pacientů s okolím (například na infekčním oddělení). Pracovní postupy neboli workflow¹⁴, viz obrázek 7, jsou ovšem založeny na stejných základech a proto se budeme věnovat dále situace na malém pracovišti. Velké nemocnice mají také zřizovány svá vlastní IT oddělení, jejichž součinnost je při procesu přechodu z analogového na digitální provoz a přípravě workflow naprosto nezbytná. U malých zařízení je tato situace opačná a ve většině

případu lokální datová síť neexistuje a s příchodem digitalizace se buduje vše od začátku.

S rozvojem IT technologií a digitalizací radiodiagnostických oddělení, se způsob provádění jednotlivých částí workflow radikálně změnil, ale ve své podstatě zůstaly tyto základní body nezměněny.



Obrázek 7 - Běžný workflow v radiografii, zdroj: autor

¹³ Detašované pracoviště – odloučené pracoviště, kde je často prováděno pouze samotné pořízení snímků. Vyvolávací proces a další činnosti jsou pak soustředěny do jednoho centrálního provozu, čím dochází k uspoře nákladů.

¹⁴ Workflow – termín převzatý z anglického jazyka, který vyjadřuje sled činností během pracovního procesu. Při nedodržování tohoto pracovního postupu dochází k neefektivnímu provozu oddělení.

2. Současný stav v radiodiagnostice

Stejně jako v ostatních oborech, tak i v radiodiagnostice, je v posledních letech patrný rozvoj ve využívání výpočetní techniky a informačních technologií. Společně s technologickým vývojem v oblasti záznamu a zpracování rentgenového záření, tak mohl úspěšně začít proces digitalizace radiodiagnostických oddělení. Během tohoto procesu dochází nejen k výměně analogových systémů záznamu a zpracování rentgenového záření za digitální systémy typu CR¹⁵ a DR¹⁶, ale také ke změnám ve způsobů provádění jednotlivých kroků během pracovních postupů na radiologickém oddělení. V rámci zdravotnického zařízení dochází i ke změnám samotného workflow, protože výpočetní technika a moderní informační systémy jsou v dnešní době využívány na všech nemocničních odděleních a významně tak ovlivnily pracovní postupy.

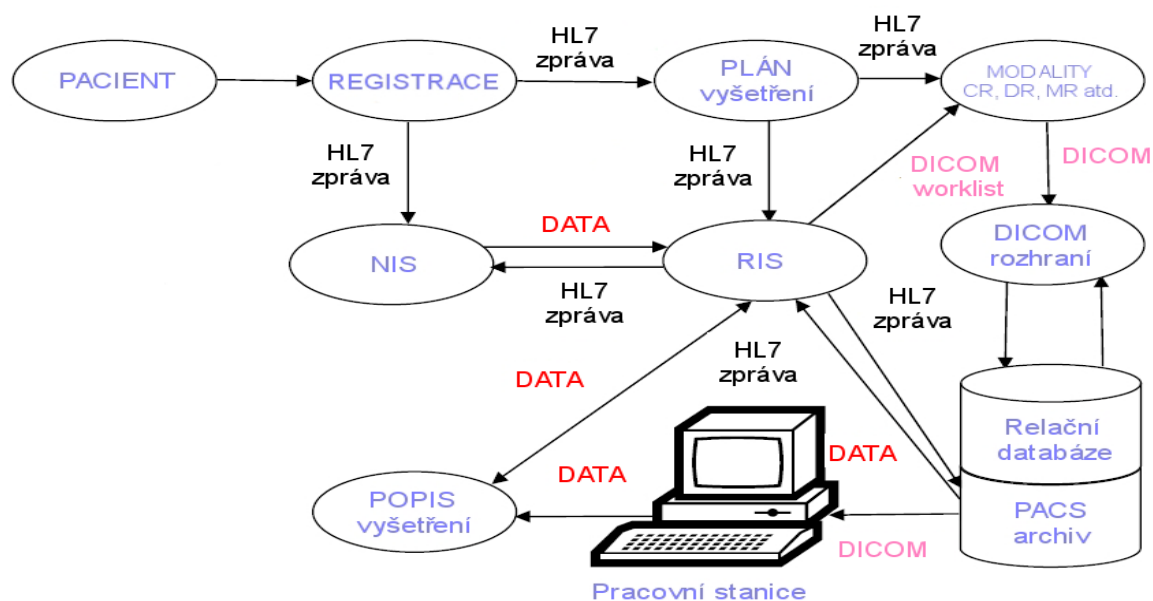
Příkladem využití moderních IS může být již samotná registrace pacientů, kteří se po příchodu hlásí na příjmovém oddělení, kde jsou uloženy jejich identifikační údaje do centrální databáze NIS, a následně jim je předán elektronický identifikační prvek, kterým se pacient během svého pobytu prokazuje. Každé z nemocničních oddělení má do této databáze přístup, takže po příchodu pacienta na konkrétní oddělení není potřebná další registrace a tím odpadá nebezpečí chybných nebo zdvojených záznamů v databázi a vytváření nových požadavků na již provedená vyšetření. Jednotlivé lékařské nálezy jsou po ukončení vyšetření zaznamenány do vytvořeného elektronického účtu pacienta a okamžitě tak dostupné dalším ošetřujícím lékařům využívající NIS. Výrazně se tak urychluje čas potřebný ke stanovení diagnózy pacienta.

Nesmíme ovšem zapomínat na problematiku otázek, které společně se zaváděním těchto moderních technologií souvisí. Jedná se například o vyšší počáteční investice do digitalizace provozu a její návratnost, volbu vhodné datové sítě a propojovacích prvků a zabezpečení dat před jejich poškozením a ztrátou, což sebou přináší další zvýšení jak investičních tak i provozních nákladů. Musíme si také uvědomit, že počáteční investice do nových technologií záznamu obrazu nám sice výrazně ušetří náklady na dosavadní analogový provoz, ale na druhé straně cena náhradních dílů pro tyto systémy, jejich pravidelný servis a cena záznamových kazet pro CR systémy, které mají omezenou životnost, nám zase provozní náklady neúměrně navyšují. Problematikou je také přístup starších lidí k moderním technologiím a jejich ochota se je naučit využívat. Také je důležité digitalizovat celý provoz, neboť jeho kombinování s analogovým provozem je doslovným krokem stranou a význam procesu digitalizace se tak ztrácí.

¹⁵ CR - Computed Radiography – označení pro systémy nepřímé digitalizace rentgenového záření

¹⁶ DR - Digital Radiography – označení pro systémy přímé digitalizace rentgenového záření

Z pohledu této práce je velmi významné propojení dvou informačních systémů a to systémů NIS a RIS. Zatímco první z nich, systém NIS se využívá v rámci celého zdravotnického zařízení a jeho funkce jsou přizpůsobeny evidenci pacienta, spravování jeho dokumentace a vytváření výstupu z provozu jednotlivých oddělení, tak se systémy RIS využívají při organizaci radiodiagnostických oddělení. Jedná se zejména o pořizování, úpravu, prezentaci a archivaci dat získaných při vyšetření na těchto odděleních, viz obrázek 8. Zejména se jedná o obrazový záznam pořízený některou z metod využívaných v radiodiagnostice. Příkladem mohou být vyšetření pomocí skiografie, skiaskopie, magnetické rezonance, ultrazvuku a jiných.



Obrázek 8 - Ukázka využití IT v radiodiagnostice, zdroj: (WEAVER, a další, 2006) a upraveno autorem

RIS systém přejímá údaje pacientů z NIS a požadavky na vyšetření od jednotlivých lékařů. Tyto informace pak pomocí funkce WORKLIST¹⁷ přenáší na jednotlivé modality¹⁸, na kterých se provádějí samotná vyšetření. Po jejich provedení a následné úpravě jsou tyto informace přenášeny pomocí DICOM standardu do PACS archivu. Odtud si je může radiolog zobrazit pomocí pracovní stanice a sepsat k nim diagnostický nález, který se poté uloží do RIS a zpřístupní se v NIS.

Uvedený model je ilustrační a skutečné řešení je závislé na konkrétních požadavcích zákazníka a technických možnostech jednotlivých částí systému. V menších zdravotnických zařízeních a v soukromých praxích často dochází k integraci služeb NIS, RIS a PACS do jednoho centrálního serveru, což umožňuje snížit investiční i provozní náklady.

¹⁷ WORKLIST – jedna z funkcí RIS, která přenáší data z NIS do modalit. Jedná se například o data pacienta a požadovaných vyšetřeních

¹⁸ Modalita – označení po zařízení, které využívá DICOM služby a produkuje data, které se následně ukládají do PACS.

2.1. Technologie záznamu obrazu

Přestože docházelo v minulosti k různým pokusům, jak digitalizovat filmový materiál, tak jejich výsledky byly do značné míry diskutabilní a nedošlo k jejich většímu rozšíření do praxe. V této souvislosti se nejčastěji hovoří o snímání záznamu pomocí skeneru, který dokáže již pořízený záznam z filmového materiálu přenést do digitální podoby. Skenery používané v současnosti mají integrované podavače filmů, jsou vybaveny potřebným programovým vybavením a také podporují využití moderních informačních technologií v podobě možnosti napojení do PACS a RIS systémů. Princip pořizování digitalizovaných snímků se liší podle výrobce, ale běžně se používá technologie zpracování pomocí CCD čipu¹⁹, který převádí světlo procházející přes skenovaný film do digitální podoby.

Vzhledem k rychlému rozvoji CR a DR systémů ovšem nedošlo k významnějšímu rozšíření tohoto způsobu digitalizace obrazu, a v dnešní době se využívá pouze tam, kde ještě neproběhla výměna technologií záznamu rentgenového záření a přesto je potřeba pořízené materiály digitalizovat. Také při digitalizaci archivních snímků, které mají významnou užitnou hodnotu, například pro studijní a prezentační účely, se s úspěchem používá právě těchto zařízení.

Současným standardem v záznamu rentgenového záření v radiografii, jsou dnes ovšem technologie nepřímé (Computed Radiography) a přímé (Direct Radiography) digitalizace obrazu. V obou případech dochází k naprosté revoluci v záznamu a zpracování rentgenového záření. Zatímco u CR systémů došlo k nahrazení filmového materiálu za speciální záznamové IP desky²⁰, které jsou uloženy v kazetách a umísťují se při expozici pod pacienta, tak u DR systému se jednalo o představení bezkontaktního způsobu záznamu záření, kde odpadá manipulace s kazetou i filmem.

Přestože vývoj těchto technologií začal již v minulém století, bránily jejich rozšíření vysoké investiční a provozní náklady. Také kvalita tehdejších snímků se nevyrovnala běžně používanému záznamu rentgenového záření na filmový materiál. Velkým problémem byla především rozlišovací schopnost těchto technologií a složitost obsluhy (KOLÁŘ, a další, 1991). Teprve s rozvojem výpočetní techniky a úspěšným vývojem v oblasti záznamu rentgenového záření, došlo ke snižování cen těchto technologií a k jejich nasazování do běžné praxe.

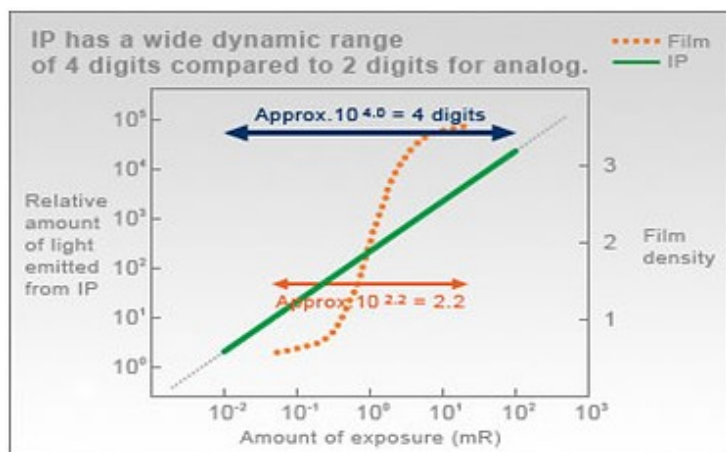
¹⁹ CCD čip – je elektronická součástka používaná pro snímání obrazové informace.

²⁰ IP Deska - Speciální záznamová deska, která nahradila filmový materiál a využívá se u CR systémů pro záznam rentgenového obrazu.

2.1.1. Technologie CR

Technologie CR (Computed Radiography), označovaná jako způsob nepřímé digitalizace obrazu, má své počátky okolo roku 1981. Tehdy japonská firma FUJI představila světu první přístroje pro digitalizaci obrazu. Tento způsob zpracování rentgenového záznamu, se po pětadvaceti letech vývoje a využívání v praxi, stal jedním z klíčových faktorů, které stály u zrodu dnešních procesů digitalizace radiodiagnostického provozu v České republice. Během vývoje, docházelo jednak ke zmenšování jednotlivých komponentů těchto systémů (první CR systémy FUJI zabíraly plochu okolo 200m²), ale také zejména ke zvyšování kvality pořízených snímků a s rozvojem výpočetní techniky ke snižování jak pořizovacích, tak i provozních nákladů na tyto technologie.

Dnešní CR systémy se v porovnání s analogovým provozem prezentují jednak lepším dynamickým rozsahem záznamu než je u filmového materiálu, jak ukazuje obrázek 9, ale také možností dodatečných uprav již zhotovených snímků. V návaznosti na využívání moderních



Obrázek 9 - Porovnání dynamického rozsahu, zdroj: (FUJIFILM, 2009)

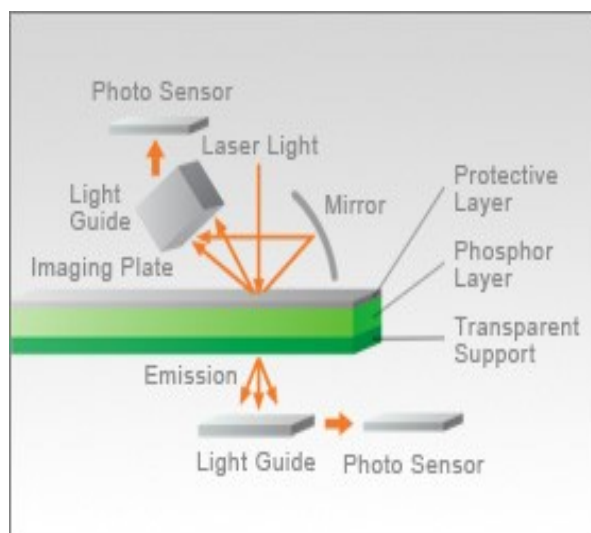
informačních technologiích, používaných ve zdravotnictví, se jako nesporná výhoda jeví možnost přenosu identifikačních údajů pacienta z NIS/RIS a následná archivace takto pořízené dokumentace v systémech PACS. Pomocí již zmiňovaného dynamického rozsahu a aplikačního programu, je také možno částečně eliminovat selhání lidského faktoru při volbě expozičních parametrů na ovladači generátorů. Na rozdíl od filmového provozu se i takto nepodařené snímky dají upravit a získat z nich požadovanou obrazovou informaci. Neopakuje se tedy expozice a tím se významně šetří radiační zátěž u pacienta.

Detailní popis technologie zpracování rentgenového záření pomocí CR systému je nad rámec této bakalářské práce a proto se tedy omezíme na základní fakta, která by měla čtenáři pomoci se zorientovat v dané problematice. V systémech nepřímé digitalizace obrazu je film, jako záznamové médium, nahrazen speciální deskou, která je sensitivní vůči rentgenovému záření. Při expozici se na desce vytvoří latentní obraz²¹ na podobném principu jako v případě klasického filmu,

²¹ Latentní obraz – vzniká tehdy, když je fotografický materiál exponován například rentgenovým zářením. V místech, kde byl tento materiál dostatečně osvětlen, dojde působením vývojky během vyvolávacího procesu ke ztmavnutí

ale rozdíl v optické hustotě jednotlivých částí obrazu není dán chemickou reakcí bromidu stříbrného, nýbrž zvýšením energetické úrovně. Toto zvýšení je lineárně závislé na míře expozice. Z latentního obrazu vznikne viditelný obraz ve speciálním čtecím zařízení, kde je IP deska exponována laserovým paprskem a vyzářené světlo převedeno optickými členy a elektronikou na digitální signál. Takto zhotovený obraz je zaslán do konzole, kde je vhodně upraven pomocí SW. Současně je IP deska intenzivním světelným paprskem „vymazána“ a připravena pro další použití.

Rozlišovací schopnost je udávána v jednotce pixel/mm a určuje nejmenší objekt, který lze na digitálním snímku odlišit od okolí. Velikost tohoto objektu je poté rovna jednomu pixelu. Moderní CR systémy mají velikost pixelu okolo 50 μ m. Technické řešení využívané společností FUJI představuje obrázek 10. Využívá se oboustranného čtení záznamu na IP desce pomocí dvou světlovodů a dvou foto senzorů. V příloze 3 je možno nalézt specifikaci a přehled funkcí CR systému Konica-Minolta. V příloze 5 jsou ukázky uživatelského prostředí CR systému.



Obrázek 10 - Technologie záznamu u CR systému FUJI, zdroj: (FUJIFILM, 2009)

Moderní CR systémy, se dnes skládají téměř vždy z těchto základních komponentů:

➤ **Čtecí zařízení**

- Načtení dat ze záznamové folie
- Převod dat na digitální signál
- Vymazání dat z folie
- Odeslání pořízeného snímku do ovládací konzole
- Nejdůležitější část z hlediska průchodnosti²² oddělení
- Možno zvolit zařízení pro zpracování jedné nebo více kazet
- Plně automatický provoz při zpracování kazety
- Speciálně verze pro mamografie – rozlišení až 43,7 μ m

²² Průchodnost oddělení – udává se, kolik je systém schopen zpracovat kazet za hodinu. Dnešní zařízení mají průchodnost až 103 kazet formátu 35x43 za hodinu.

➤ **Ovladací konzole + Monitor**

- „Srdce“ celého CR systému
- Ovládací a komunikační rozhraní
- Propojení s čtecím zařízením pomocí LAN
- Programové vybavení pro práci se snímkem
- Plná podpora DICOM standardu
- Integrace do RIS
- Integrace s generátorem pro přenos parametrů
- Monitory bývají nejčastěji dotykové

➤ **Zaznamové folie + kazety**

- Životnost přibližně 10 000 snímků, dle výrobce
- Kazeta opatřena čárovým kódem
- Rozsah formátů od 18 x 24 cm do 35 x 43 cm
- Kazety různých výrobců se nedají zaměňovat
- Speciální kazety pro mamografii
- Kompatibilita s běžnými rentgenovými přístroji
- Folie je dle technologie volně uložená v kazetě, nebo je její nedílnou součástí

➤ **Čtečka čárového kódu**

Její význam je především v jednoduché registraci pacienta a také záznamových kazet, respektive fólii. V CR systémech musí být každá kazeta jednoznačně přiřazená ke konkrétnímu vyšetření, tak aby nedocházelo k jeho chybnému uložení k nesprávnému vyšetření. Proto je tedy nezbytné, před vložením kazety do čtecího zařízení, provést její registraci pomocí čárového kódu. Některé systémy nabízejí možnost používat čtecí zařízení bez registrace kazet, ale v tom případě je nezbytné zpracovávat kazety postupně, tak jak bylo zadáno při registraci pacienta. V současné době se také zavádějí nové technologie identifikace pomocí radiové frekvence a čipů RFID²³, které by v budoucnu mohli v některých případech nahradit stávající systémy čárových kódů.

➤ **Záložní zdroj**

Důležitost záložních zdrojů se v dnešní době stále ještě podceňuje a velké množství zákazníků si neuvědomuje, jaká hrozí ztráta v případě výpadku dodávek elektrické energie z rozvodné sítě. Nejedná se jenom o poškození citlivých elektronických zařízení, jako jsou CR a DR systémy, diagnostické stanice, prohlížecí stanice, PACS servery. V případě informačních

²³ RFID čip – elektronické zařízení pro identifikaci pomocí rádiových frekvencí. Dnes se již běžně používá v obchodních řetězcích pro sledování pohybu zboží

technologií také o možnou ztrátu dat, což je kritický faktor celého informačního systému. Proto by měla být otázce volby vhodných záložních zdrojů a záloze dat věnována patřičná pozornost. Vzhledem ke skutečnosti, že běžné CR a DR systémy nejsou určeny pro dlouhodobou archivaci dat, ale slouží převážně jako zdroj dat obrazových, k jejich následnému zpracování a odeslání do systému PACS, který je svojí konstrukcí navržen právě pro ukládání dat, je u těchto systémů potřeba primárně vyřešit instalaci vhodného záložního zdroje. V rámci této bakalářské práce se podrobněji věnuji zabezpečení těchto systémů před výpadky a ztrátou dat v kapitole 2.5.

2.1.2. Technologie DR

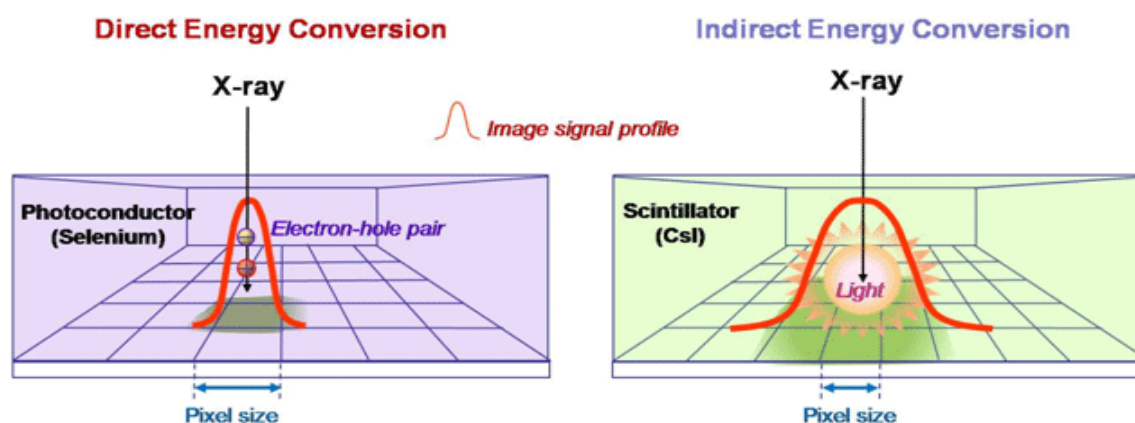
Metoda záznamu a zpracování rentgenového záření pomocí technologie přímé digitalizace obrazu, označované jako DR technologie, je v současné době nejmodernějším způsobem používaným v radiografii, nejen v České republice. Technologie DR překonává dnes běžně používané způsoby záznamu a zpracování rentgenového záření, ať už se jedná o záznam na filmový materiál nebo modernější způsob záznamu pomocí nepřímé digitalizace. Největší nevýhodou této technologie proto stále zůstávají vysoké pořizovací náklady (FOMEI a.s., 2010).

Technologie DR poskytuje uživatelům všechny výhody technologie CR v porovnání s filmovým provozem, jako je například napojení na informační systémy NIS/RIS, archivaci pořizovaných snímků prostřednictvím PACS systémů, plnou podporu DICOM standardu, větší dynamický rozsah záznamu, post-processing, možnost vytvářet z jedné expozice více snímků pomocí aplikačního SW, zvýšení průchodnosti oddělení, snížení radiační zátěže, snížení zátěže životního prostředí a mnoho dalších. U systému DR se můžeme setkat s některými komponenty, které využívají ke svému provozu také CR systémy, které již byly představeny v kapitole 2.1.1. Zejména se jedná o ovládací konzoli, dotykový monitor, záložní zdroj napětí a čtečku čárových kódů, která se ovšem v případě DR systémů využívá pouze pro možnou registraci pacienta. Ostatní komponenty se používají u DR systémů k podobným účelům jako v případě systémů CR. Také zdroje rentgenového záření a skiagrafické komplety mohou zůstat stejné jako u předchozích technologií. Hlavní rozdíl je tedy ten, že technologie DR již nepoužívají čtecí zařízení a kazety se záznamovými foliemi. V DR systémech došlo k nahrazení obou výše zmiňovaných prvků pomocí speciálních detektorů, označovaných jako „flat“ panely²⁴, které kombinují funkce obou zařízení. Tyto detektory převádějí pomocí různých technologií rentgenové záření na digitální signály, které

²⁴ Flat panel – označení převzaté z anglického jazyka, které vyjadřuje plochý tvar detektoru. Dnes se již běžně používají detektory formátu 43x43, které usnadňují provádění vyšetření, protože odpadá nutnost jejich otáčení při různých typech projekcí.

jsou následně přeneseny do ovládací konzole, kde probíhá jejich úprava podobně jako u CR systému. V současné době se používají technologie nepřímé a přímé konverze rentgenového záření na digitální signály. Vzhledem k přenosu velkého objemu takto pořízených dat a poměrně velké vzdálenosti (běžně 15 metrů) mezi detektorem a ovládací konzolí se často využívá k jejich propojování optických kabelů.

Zásadní rozdíl v obou technologiích je ve složení jednotlivých vrstev detektoru a způsobu přeměny rentgenového záření na elektrické signály. U nepřímé konverze se využívá vzniku světelného záření, způsobeného průchodem scintilační vrstvou a následným záznamem pomocí CCD čipu nebo fotodiod, které převedou optický signál na signál elektrický. Naopak u přímé konverze dochází k přeměně rentgenového záření na elektrické signály přímo ve speciální, selenem tvořené, polovodičové vrstvě. Odpadá tak tedy šum, způsobený vznikem světelného záření, viz obrázek 11. Problémy se šumem u nepřímé konverze se částečně podařilo odstranit zavedením strukturované scintilační vrstvy.



Obrázek 11 - Porovnání přímé a nepřímé konverze u DR systémů, zdroj: (FOMEI a.s., 2010)

2.2.DICOM standard

„Digital Imaging and Communication in Medicine“ neboli DICOM je mezinárodní standard používaný pro přenos digitálních obrazových informací a pro komunikaci mezi jednotlivými zařízeními v medicíně. Struktura dnešního souboru, podle aktuální verze DICOM 3.0, obsahuje hlavičku (header), v které jsou základní identifikační údaje (informace o pacientovi, druhu snímku, velikost obrazu a ostatní informace viz příloha 1) a samotná obrazová data. Tento způsob společného ukládání zamezuje ztrátě integrity dat. Oproti předchozím verzím tohoto standardu, kdy se ukládala pouze RAW data²⁵, je v této verzi možné ukládat obrazová data pomocí některé

²⁵ RAW data – zdrojová data. Označení pro data, která nebyla po svém pořízení žádným způsobem upravována.

z metod ztrátové nebo bezztrátové komprese. DICOM standard byl navržen bez možnosti zabezpečit přenášená data, a proto tento úkol nechává na dalších vrstvách modelu, viz obrázek 12.

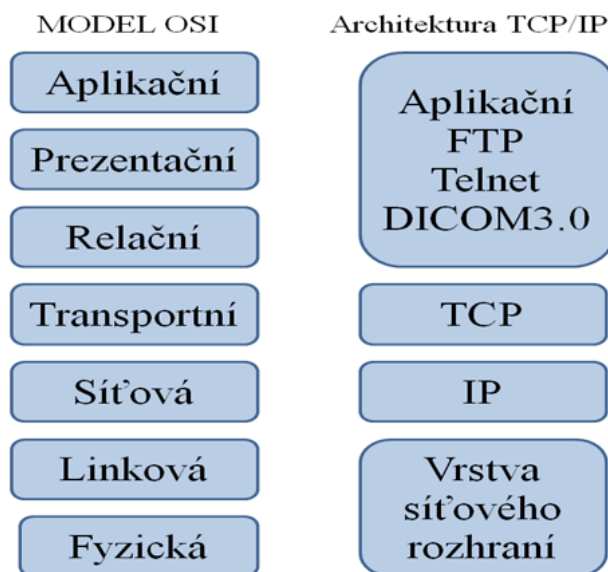
DICOM protokol využívá pro komunikaci modelu klient–server. V tomto modelu se zařízení, které vyžaduje nějakou službu, označuje jako klient a zařízení, které danou službu poskytuje, se označuje jako server. Každé zařízení může pracovat jako server nebo jako klient anebo může vykonávat obě činnosti zároveň. V případě klienta hovoříme v řeči DICOM standardu o SCU (Service Class User), protože je uživatel dané DICOM služby. Server se naopak označuje jako SCP (Service Class Provider), protože danou službu poskytuje. DICOM standard podporuje řadu služeb, jako je

například ukládání (STORE), tisk (PRINT), ověření (VERIFICATION), sledování stavu vyšetření (MPPS), příjem (RETRIEVE) a mnoho dalších. Podrobné informace je možné získat na adrese: <http://medical.nema.org/>.

2.3.PACS systém

Systém PACS (Picture Archiving and Communication System) je v první řadě moderní systém pro archivaci a distribuci digitálních medicínských dat. V druhé řadě se jedná o informační systém, který využívá standardu DICOM pro komunikaci mezi jednotlivými zařízeními, zejména ve zdravotnictví. Bez ohledu na dodavatele PACS systému se tyto skládají ze čtyř základních stavebních prvků celého systému. Jedná se o modality typu CR, DR a další, pracovní stanice, PACS server s archivem a v neposlední řadě o datovou síť, viz obrázek 13. Datová síť zajišťuje propojení těchto komponentů, jak v rámci lokální datové sítě (LAN), tak prostřednictvím internetu s celým světem Toto je velmi důležité pro rozvoje Teleradiologie²⁶.

Modalitám, které nám slouží jako zdroj obrazového materiálu, jsme se věnovali již v kapitole 2.1, a proto se budeme věnovat dalším prvkům PACS systémů.

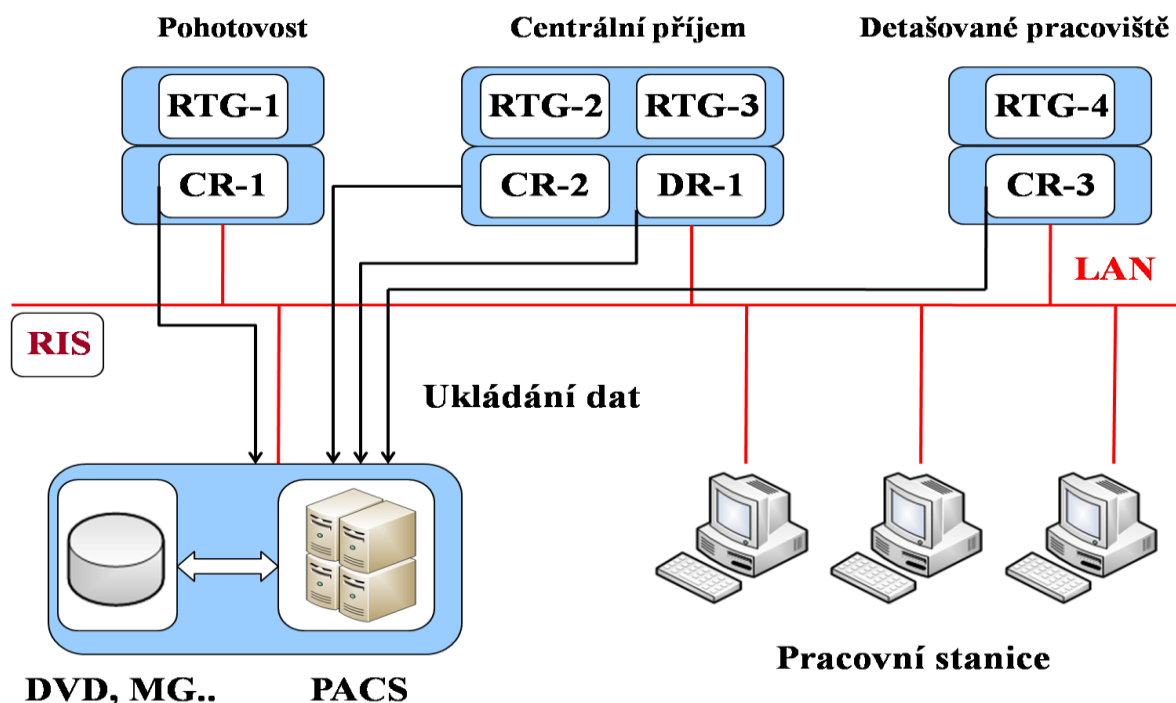


Obrázek 12 - Vrstvy referenčního model OSI a

²⁶ Teleradiologie – spočívá v přenosu rentgenových snímků z jednoho zařízení do druhého. V praxi se využívá pro konzultace mezi lékaři z různých nemocnic, měst i států. Významně tak šetří čas a náklady na zaslání snímků běžným způsobem, jako je například osobní doručení nebo využití poštovních služeb či zásilkových společností.

Důležitým prvkem jsou pracovní stanice, které slouží lékařům během vyhotovení popisu pořízeného snímku. V našem případě pak hovoříme o diagnostických zobrazovacích stanicích. Další využití pracovních stanic je v oblasti prezentace takto pořízené dokumentace, a to nejen na jednotlivých klinikách nemocnice. Poté hovoříme o klinické zobrazovací stanici.

Pod pojmem pracovní stanice, si uživatel může představit „běžné“ osobní počítače, které jsou svým výkonem a programovým vybavením, uzpůsobeny pro práci s pořízeným obrazovým materiálem, získaným pomocí moderních zobrazovacích metod. V případě diagnostických stanic, je kladen velký důraz nejen na počítačové vybavení, ale i na kvalitní programové vybavení, které podporuje využívání všech běžně dostupných funkcí digitálního zpracování obrazu. Zejména se jedná o prohlížení snímků z archivu, jejich následnou úpravu, diagnostiku a export snímků.



Obrázek 13 - Integrace CR a DR systémů do PACS, zdroj: autor

Z hlediska počítačového vybavení, jsou kritickými body zejména dostatečný výpočetní výkon a kvalitní diagnostické monitory, které nám poskytují vysoké rozlišení obrazu. Dnešní diagnostické monitory poskytují již rozlišení 2048 x 2560 neboli 5,24 miliónu obrazových bodů. Klinické stanice jsou také počítače, které jsou ovšem vybaveny monitory s menším rozlišením a také mívají, na rozdíl od diagnostických stanic, pouze jeden monitor. Z programového vybavení je nutno vybavit pracovní stanice vhodným DICOM prohlížečem - klientem, který zajišťuje zobrazení snímků uložených v archivu, jejich diagnostiku a popis.

Centrem všeho dění v systémech PACS je ovšem server, který řídí veškeré dění v těchto systémech a zajišťuje archivaci snímků. PACS server propojuje připojené modality, ať už se jedná o modality analogové či digitální, pracovní stanice, uživatele připojené pomocí internetu a také komunikuje se systémy NIS/RIS. Nutno podotknout, že každý z dodavatelů nabízí své řešení PACS systému, a proto se můžeme setkat s řešením, kdy jsou vyhrazené servery pro jednotlivé služby, stejně tak jako existuje řešení, kdy jsou všechny služby integrované do jednoho serveru. Příkladem druhého řešení je PACS systém JIVEX společnosti FOMEI a.s., který je založen na síťové architektuře klient – server. Ukázka specifikace PACS serveru JIVEX je v příloze 4. Základní požadavky na PACS jsou:

- Přizpůsobení požadavkům zákazníka (počet uživatelů, služby, komunikace s okolím)
- Zajištění dat proti jejich ztrátě a poškození
- Podpora připojení analogových a DICOM modalit a plná podpora DICOM služeb
- On-line a off-line přístup k informacím
- Snadná integrace s okolím – propojení s ostatními IS v rámci LAN i sítě internet
- Tvorba uživatelských účtů a jejich přizpůsobení přáním uživatelů
- Přívětivé uživatelské prostředí, snadná údržba a sledování provozu

2.4. Datová síť

Datová síť patří mezi základní stavební kameny dobře fungujícího PACS systému. Proto by měla být její přípravě a realizaci věnována dostatečná pozornost. Pro běžného uživatele ovšem představuje datová síť pouze koncovou účastnickou zásuvku, kterou někde objeví, připojí si do ní osobní počítač a začne brouzdat po Internetu, prohlížet si svoje e-maily a využívat síťových prostředků, jako jsou tiskárny, databáze, archivy a mnoho dalších. Nezajímá ho, cože je schováno za onou malou bílou krabičkou, která mu toto všechno umožňuje. Při tomto úhlu pohledu, bývá ale velmi složité, obhájit z pozice dodavatele, často vysoké náklady na vybudování datové sítě.

Přítom právě dobře fungující datová síť je alfou a omegou v dnešním světě IS, výpočetní techniky a samozřejmě také ve světě radiodiagnostiky a moderních diagnostických zobrazovacích metod. Bez kvalitní datové sítě, která by nám zajišťovala dostatečnou přenosovou rychlost, potřebnou stabilitu a bezporuchovost, není možné uvažovat o digitalizaci radiologického oddělení. Na obrázku 14 je znázorněna struktura datové sítě ve velkém zdravotnickém zařízení s možností přístupu ke snímkům pomocí sítě Internet, a také sdílením snímků s autorizovaným zdravotnickým zařízením. Pokud hovoříme o datové síti v rámci jednoho zdravotnického zařízení, mluvíme nejčastěji o sítích LAN nebo WLAN. V okamžiku distribuce snímků pomocí sítě Internet mluvíme o sítích WAN a při jejich sdílení s ostatními nemocnicemi o sítích VPN.



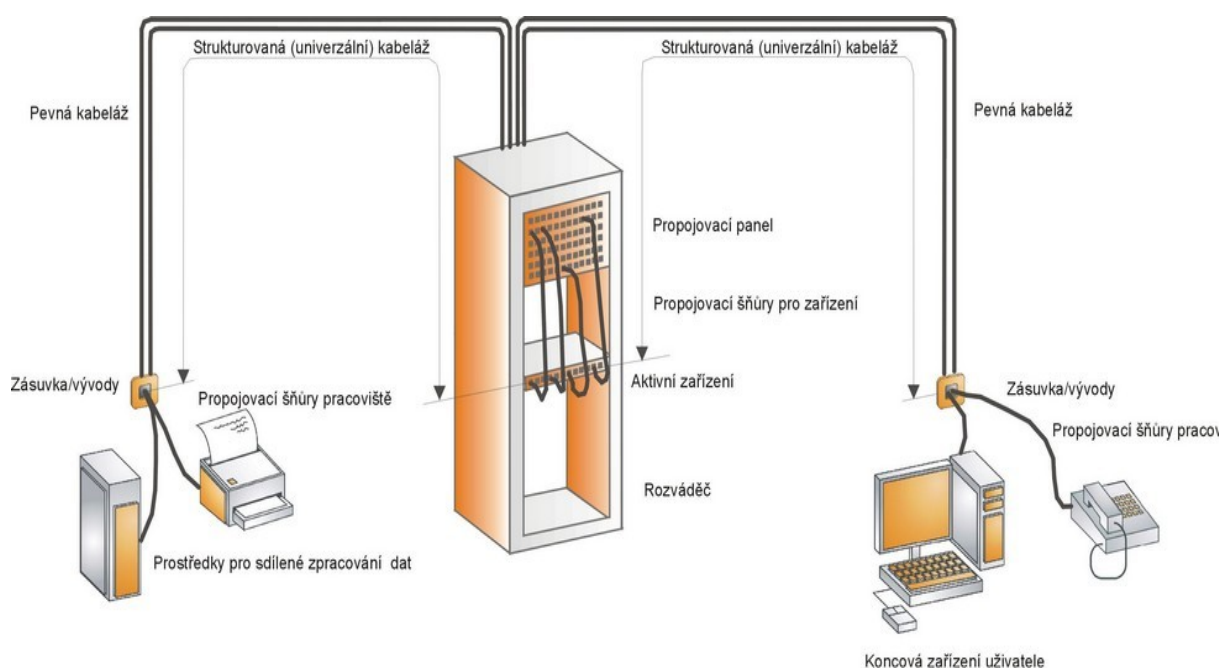
Obrázek 14 - Ukázka datové sítě v PACS systému, zdroj: (KALEDOVÁ, 2007)

V případě sítě LAN (Local Area Network) – lokální datové sítě se v dnešní době hovoří zejména o technologii Ethernet, která je dnes nejpoužívanější technologií při budování sítí tohoto typu. V architektuře TCP/IP, je pomocí technologie Ethernet realizována vrstva síťového rozhraní, kdy jsou jednotlivé stanice vybaveny síťovými adaptéry, které zajišťují síťovou komunikaci a tyto jsou následně propojeny pomocí některého z přenosových medií.

Vhodné přenosové medium se liší podle použité verze Ethernetu. Původní verze s označením 10Base měla přenosovou rychlost 10Mbit/s a je po potřeby radiodiagnostiky nepoužitelná z důvodu malé přenosové rychlosti. Verze Fast Ethernet s označením 100Base, je v dnešní době považována za základní verzi a dosahuje rychlosti 100 Mbit/s, takže je vhodná pro většinu aplikací používaných v radiodiagnostice. Prakticky je realizována pomocí kroucené dvojlinky kategorie 5 nebo pomocí optických vláken. Výhoda optických vláken je jednak ve vyšších přenosových rychlostech a také v odolnosti proti elektromagnetickému rušení. S úspěchem se tedy používají na budování páteřních spojů v sítích LAN. Jejich nevýhodou je podstatně vyšší cena a složitá instalace připojovacích konektorů. (HORÁK, a další, 2001 stránky 3-8)

Vzhledem k vzrůstajícímu objemu dat, který je způsoben v radiodiagnostice zvyšováním rozlišovací schopnosti jednotlivých modalit a vzrůstajícím počtem stupňů šedi, které jsou tyto přístroje schopny zobrazit, je nutné zvážit při návrhu datové sítě použití Gigabitové verze Ethernetu s označením 1000Base, která umožňuje přenést 1Gbit/s. Realizována je opět pomocí optických vláken nebo kroucené dvojlinky kategorie 6 a výše. Využívání novějších verzí Ethernetu s přenosovými rychlostmi 10 a 40Gbit/s není zatím v radiodiagnostice běžné.

Vhodným způsobem, jak realizovat síť LAN, je takzvaná strukturovaná kabeláž viz obrázek 15, která je vhodnou investicí do budoucího bezproblémového provozu datové sítě. Ve strukturované kabeláži jsou koncentrovány jednotlivé vodiče do centrálního rozvaděče (RACK), kde jsou snadno zapojeny do panelu (PATCH) a mohou být pomocí propojovacích kabelů spojeny s jednotlivými prvky sítě LAN (server, switch, router atd.) nebo s telefonní ústřednou. Účastnická zásuvka má vždy dvě přípojné místa, takže je možné si zvolit, co budeme do zásuvky připojovat, zda počítač nebo telefon. Vyšší náklady na vybudování strukturované kabeláže jsou vyváženy snadnější údržbou a univerzálností kabeláže. V případě menších oddělení nebo soukromých praxí, není potřeba budovat strukturovanou kabeláž, ale můžeme pouze provést rozvody vodičů a ty zapojit do aktivního prvku sítě například switche, který nám zajistí propojení s okolím.



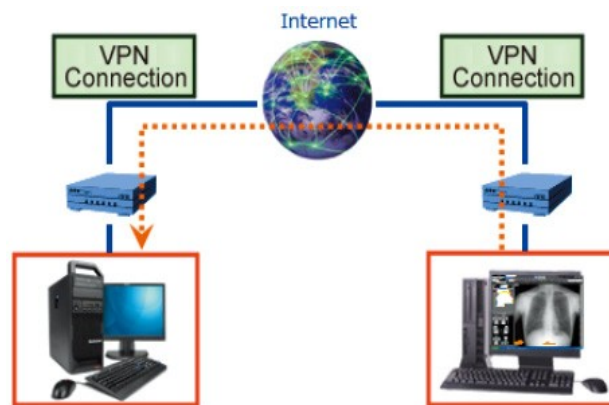
Obrázek 15 - Strukturovaná kabeláž, zdroj: (KALEDOVÁ, 2007)

Pokud nahradíme v sítích LAN vodiče rádiovým přenosem, hovoříme o sítích WLAN (Wireless Local Area Network – bezdrátová lokální síť), jejich využití a zejména dosah, jsou ve starších budovách značně problematické, ale i přesto se tato technologie využívá zejména pro „svobodu pohybu“. Pro šíření rádiového signálu WLAN sítí se využívá frekvence 2.4 nebo 5.4GHz respektive 5.7GHz, kdy při standardu 802.11 n lze v dnešní době dosahovat rychlostí okolo 300 Mbit/s, což je rychlost dostatečná pro většinu datových přenosů používaných v radiodiagnostice.

Pokud se rozhodneme distribuovat a zpřístupnit obrazový materiál prostřednictvím sítě Internet, hovoříme o sítích WAN (Wide Area Network – rozlehlá datová síť). V tomto případě jsme schopni distribuovat snímky prakticky po celém světě, což je přínosné zejména pro úsporu nákladu a času potřebného k diagnostice. Vzhledem k bezpečnostním rizikům je nutné zajistit bezpečnost

takového zpřístupnění citlivých osobních dat a je vhodné využít vyhrazený web server, určený pro komunikaci mimo organizaci. Výhodou takového serveru je to, že na něm nejsou přístupné všechny snímky, ale jen ty, které je potřeba „sdílet“ přes internet. K snímkům se pak přistupuje většinou pomocí webového prohlížeče s omezenou možností manipulace se snímky (změna kontrastu, lupa atd.) (KALEDOVÁ, 2007)

Pokud potřebujeme sdílet data přímo s některým zdravotnickým zařízením, je vhodné vytvořit VPN síť (Virtual Private Network – virtuální soukromá síť), která obě zařízení propojí tak, jako kdyby spolu byly na jedné fyzické síti, viz obrázek 16. To jim umožní sdílet potřebné síťové zdroje včetně archivu PACS. VPN sítě mají také dostatečně zajištěnou bezpečnost dat pomocí šifrování.



Obrázek 16 - VPN spojení, zdroj: (FOMEI a.s., 2010)

2.5. Zabezpečení systémů před výpadky a ztrátou dat

Jak již bylo uvedeno v kapitole 2.1.1, s ohledem na zaměření této bakalářské práce, patří zabezpečení systémů před výpadky a ztrátou dat, ke klíčovým faktorům dobře fungujícího PACS systému a zajištění bezproblémového provozu CR a DR systémů. V případě digitalizace radiologických oddělení se jedná zejména o následující oblasti.

- Zabezpečení prostorů pro provoz CR a DR systému a PACS systému
- Volbu vhodného HW
- Volbu vhodného programového vybavení
- Volba vhodné metody ochrany dat před jejich ztrátou
- Výběr vhodných záložních zdrojů elektrické energie

Vhodné prostory a rozmístění CR/DR systémů a PACS systémů je nutno volit na základě konkrétní situace na straně zákazníka. Vždy je potřeba zohlednit aktuální stav a eventuelně navrhnout vhodné stavební úpravy, které odrážejí změnu pracovních činností po přechodu radiodiagnostického oddělení na digitální provoz a splňují požadavky zákazníka na uspořádání oddělení. Je potřeba zajistit dostatečnou cirkulaci vzduchu, temperování místností a mechanicky, případně i elektronicky, zabezpečit prostory proti vstupu nežádoucích osob. Do místností musí být přivedeny rozvody elektřiny a také datová a telekomunikační síť. Všechny tyto rozvody musí být vhodně projektovány na základě požadavků zákazníka a jednotlivých dodavatelů. Zejména se jedná o dostatečně dimenzované rozvody elektrické energie a datové sítě.

Volba vhodného HW je na straně CR/DR systému dána nabídkou jednotlivých výrobců a zde lze jednoznačně doporučit nakupovat zařízení od firem s dlouholetou tradicí na trhu, dostatečným počtem referenčních pracovišť a dobře fungující servisní podporou. Zařízení musí být certifikována pro použití v medicíně a měla by být schopna nepřetržitého provozu. To je důležité zejména u zdravotnických zařízení, které pracují v režimu 24/7/365. Jakékoliv selhání techniky na oddělení s tímto provozem může vést k vážným zdravotním následkům u pacientů. Vzhledem k tomu, že běžné PACS systémy jsou postaveny na architektuře klient-server, kdy jsou všechny služby koncentrovány do jednoho či více serverů, je také nezbytné zabezpečit monitoring provozu PACS systémů a v rámci zdravotnického zařízení mít dostupné specialisty na správu těchto systémů. Protože je funkce serveru kritickým faktorem fungování celého systému, je potřeba věnovat jeho volbě a zajištění jeho funkčnosti náležitou pozornost.

Dnes existuje na trhu velké množství firem, které jsou schopny navrhnout PACS systémy na míru konkrétnímu zákazníkovi, včetně volby vhodného HW a SW a zajištění provozu a údržby. Klientovi tak odpadá starost o tyto systémy, což je velmi ceněno zejména u soukromých radiologických praxí, které nemají, na rozdíl od velkých nemocnic, svá vlastní IT oddělení. Volba spolehlivého dodavatele je opět klíčová a znamená v budoucnosti zajištění bezproblémového provozu. Z hlediska zabezpečení proti výpadku serveru se dnes velmi často používá redundantních serverů²⁷, zajišťujících v případě poruchy hlavního serveru, náhradní provoz pomocí serveru záložního. Jedná se o řešení sice finančně náročné, neboť se musí pořídit dva servery, ale z hlediska zajištění trvalé dostupnosti služeb je to optimální řešení.

Volba programového vybavení PACS systémů vychází opět z nabídky jednotlivých dodavatelů a proto se můžeme setkat s různými druhy operačních systémů (Linux, Windows Server), databázových řešení (Oracle, MS Access, MySQL) a aplikačního SW (Jivex, xVision).

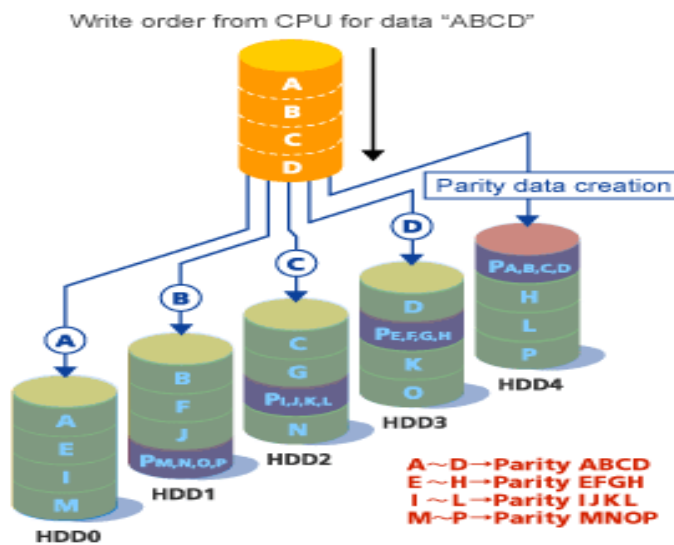
Pokud hovoříme o zabezpečení dat v PACS serveru, kde se data ukládají do diskových polí²⁸, tak se dnes nejčastěji setkáme s pojmem RAID (Redundant Array of Independent Disks) a jeho metodami 1 a 5. Vlastní problematika RAID polí je poměrně složitá a je nad rámec této BP. Pro naše účely stačí objasnit, že při použití metody RAID 1, dochází k takzvanému „zrcadlení“ disků, kdy jsou data současně ukládána na oba disky. Diskové pole je pak 100% redundantní, ale za cenu dvojnásobného počtu disku, což je ekonomicky dosti náročné. Pokud dojde k poruše na jednom disku, tak ho nahradí druhý. V metodě RAID 5 jsou data ukládána na všechny disky v poli (minimálně 3 disky) a navíc dochází k ukládání samoopravných kódů střídavě na jednotlivé disky.

²⁷ Redundantní server – záložní server. Dva identické servery zajišťují 100% dostupnost a funkčnost celého systému.

²⁸ Diskové pole – sestava několika disků, které uživatel vidí jako jeden disk

Pokud dojde k poruše jednoho disku, tak se tento vymění a pole se pomocí samoopravných kódů zrekonstruuje a chybějící data se dopočítají, viz obrázek 17.

Nutno podotknout, že samotné metody RAID neslouží pro archivaci dat, ale zejména pro zabezpečení datového pole v případě výpadku některého z pevných disků. Pokud chceme provádět archivaci dat, musíme se tedy porozhlédnout po nějakém jiném vhodném způsobu. V našem případě se dá hovořit v podstatě o archivaci na optická média typu CD/DVD, magnetické pásky, pevné disky, zařízení NAS²⁹ a v omezené míře také o on-line ukládání mimo zdravotnické zařízení.



Obrázek 17 - RAID 5 - ukázka, zdroj: (KONICA MINOLTA, 2010)

Každé z uvedených řešení má svoje slabé a silné stránky. Optická media typu CD/DVD se v dnešní radiodiagnostice využívají zejména v situacích, kdy si pacient potřebuje odnést pořízenou dokumentaci mimo zdravotnické zařízení, kde byla pořízená, například ke svému lékaři, který nemá přístup do PACS systému. V tomto případě se na tyto nosiče, kromě samotných obrazových dat, uloží také mini prohlížeč snímků v DICOM formátu, který umožní zobrazit snímky na běžném osobním počítači (jsou zde ovšem minimální HW požadavky na výkon a také na kvalitu monitoru).

Záznam na magnetické pásky je dnes využíván v radiodiagnostice spíše sporadicky a pouze ve velkých nemocnicích. Pro On-line zálohování mimo nemocnice je potřeba mít velmi rychlé připojení k internetu, a také je zde hodně problematická otázka ochrany dat pacientů. Přesto jsou dnes tyto služby nabízeny a je možno je využívat - <http://www.r-bay.org>.

Vzhledem ke stále klesajícím cenám pevných disků, se jeví jako nejvýhodnější záloha na pevné disky nebo využívání zařízení NAS. Toto síťové zařízení, je v podstatě datové pole, vytvořené pevnými disky, které je vybaveno prostředky pro síťovou komunikaci a správu dat. Zařízení bývá obsluhováno prostřednictvím datové sítě a osobního počítače, pomocí dodávaného SW. Pro ukládání dat do NAS zařízení se většinou využívá metoda RAID5. Jedná se o velmi rozšířený a oblíbený způsob archivace dat v radiodiagnostice, zejména v soukromé praxi.

²⁹ NAS – Jedná se o síťové úložiště dat, které nám umožňuje snadno uchovávat data v prostředí datových sítí.

Důležitým bodem, který hraje významnou roli v zabezpečení systémů, před výpadky a ztrátou dat, je nepřerušitelný zdroj napájení, nebol-li UPS (Uninterruptible Power Supply). Jeho úkolem je zabezpečit dodávku elektrické energie při nenadálých výpadcích. Ve většině případu se také jedná o přepět'ovou ochranu, která chrání elektronická zařízení před zvýšeným napětím.

Při volbě správného záložního zdroje je potřeba zvážit řadu parametrů. Zejména se jedná o celkový výkon, který má zdroj dodávat a celkový čas, po který má být tento výkon dodáván. S ohledem na budoucí rozvoj je důležité vědět, zda je možné rozšiřovat jak celkový výkon, tak i čas zálohy. K záložním zdrojům se dodává ovládací SW a samotný zdroj se propojuje s ovládacím PC pomocí USB nebo RS-232 rozhraní. Podle způsobu zálohování a použité technologie, se dělí nejčastěji tyto zdroje na Stand-by, Line-interactive a On-line. Podrobnější popis těchto metod, stejně jako velmi podařený konfigurační zdrojů, je možno nalézt na www.apc.cz.

2.6. Porovnání analogového a digitálního provozu

V tabulce 1 jsou zachyceny základní rozdíly mezi analogovým a digitálním zpracováním obrazu v radiodiagnostice a změny v pracovních postupech. S většinou těchto bodů jsme se již setkali v předchozím textu, kde jsem provedl jejich podrobný popis, a proto jsou zde již pouze stručně vyjmenovány a porovnány z hlediska analogového a digitálního provozu radiodiagnostického oddělení.

Tabulka 1 - Porovnání postupu vyšetření, zdroj: autor

Postup vyšetření – dvě projekce	Analogový	CR systém	DR systém
Ruční registrace pacienta	A	N (Worklist)	N (Worklist)
Volba expozičních parametrů na generátoru	A	A	N
Umístění kazety do zařízení	A	A	N
Umístění pacienta a expozice	A	A	A
Volba nových expozičních parametrů	A	A	N
Vyjmutí exponované a vložení nové kazety	A	A	N
Umístění pacienta a druhá expozice	A	A	A
Vyjmutí kazet a jejich transport do temné komory	A	A	N
Ruční označení snímků identifikačními údaji	A	N	N
Zpracování kazet ve vyvolávacím procesu	A	A	N
Kontrola snímků	A	A	A
Ruční transfér snímků k lékaři	A	N	N
Počet nezbytných kroků k provedení vyšetření	12	9	3

Z uvedeného přehledu je patrné, jak výrazně přispívá zavádění nových technologií zpracování obrazu ke zvětšení průchodnosti radiologického oddělení. Technologie DR potřebuje k provedení stejného vyšetření o 9 kroků méně, než technologie analogová. Z hlediska času je rozhodující fáze zpracování kazet ve vyvolávacím procesu. V případě analogového provozu se jedná přibližně o 90 sekund, u CR systému o 60 sekund a v případě DR systému o pouhých 10 vteřin, než je snímek zobrazen na monitoru. Také fáze transportu snímku k lékaři je v případě digitálních systémů otázkou několik vteřin, oproti desítkám minut v případě analogového provozu.

Mezi hlavní výhody digitalizace radiologických oddělení patří zejména:

- snadná archivace a zpřístupnění obrazové dokumentace
- on-line i off-line přístup k dokumentaci
- digitální zpracování obrazu nabízí dodatečné úpravy na snímcích – post processing
- snížení radiační zátěže pacienta – menší počet opakovaných expozic
- úspora finančních nákladů při provozu – nákup a likvidace filmového materiálu atd.
- úspora prostoru – není potřeba temná komora ani klasický archiv pro běžné snímky
- možnost celosvětového zasilání a sdílení snímků prostřednictvím sítě internet
- stálost pořízené dokumentace, informační hodnota neklesá s časem jako u filmu
- možnost provádění nekonečného počtu kopií – jedna expozice = dva snímky
- odpadá mechanické poškození filmů
- možnost provádět on-line konzultace
- zvýšení průchodnosti radiologického oddělení, zkrácená času na vyšetření

Mezi hlavní nevýhody digitalizace radiologických oddělení můžeme řadit:

- vysoké pořizovací náklady
- zabezpečení dat před ztrátou a poškozením
- závislost na externích dodavatelích technologií
- v případě nefunkčnosti systému PACS a výpadku datové sítě je ochromen celý provoz
- problematický přístup a nedůvěra starších lidí v nové technologie
- nutnost trvalého dohledu nad celým systémem v provozu 24/7/365

3. Digitalizace vybraného pracoviště

Cílem další části této bakalářské práce je provést rozbor stávající situace na radiodiagnostickém oddělení Nemocnice Milosrdných bratří v Letovicích (dále jen nemocnice) a na základě stanovených požadavků navrhnout vhodné řešení digitalizace provozu tohoto oddělení.

3.1. Charakteristika vybraného pracoviště

Nemocnice se nachází v historické budově bývalého kláštera Řádu Milosrdných bratří, který byl postaven v druhé polovině 18. Století. Areál nemocnice je situován nad městem Letovice, nedaleko hlavního silničního tahu Svitavy – Brno. Samotný objekt je tvořen několika budovami, v kterých je zajišťován provoz celého zdravotnického zařízení. Jedná se nejenom o budovy určené pro lékařskou péči, ale i o budovy administrativní a provozní.

Nemocnice je provozována jako léčebna dlouhodobě nemocných (dále LDN), která poskytuje lůžkovou následnou péči, péči poradenskou, ošetrovatelskou, diagnostickou, preventivní, rehabilitační a léčebnou a je příspěvkovou organizací Jihomoravského kraje. Celkový počet lůžek je 120 na 4 ošetrovacích jednotkách a dlouhodobý trend obsazenosti je okolo 91,0 %. V nemocnici je rehabilitační pracoviště, tělocvična a místnost pro fyzikální terapii pro potřeby hospitalizovaných pacientů, kde pracují 4 kvalifikované rehabilitační pracovnice. Nemocnice provozuje RTG pracoviště, které provádí výkony pro pacienty LDN. Nemocnice zajišťuje odbornou praxi studentů středních zdravotnických škol, studentů z lékařských a jiných fakult. Ostatní zdravotní péče a odborná konzilia zajišťují zdravotnická zařízení okresu Blansko (nemocnice Boskovice, nemocnice Blansko) a ambulantní specialisté. Jedná se zejména o tyto služby: laboratoř biochemická, hematologická, mikrobiologická, patologie, některá RTG vyšetření, sonografie, CT, traumatologie, ortopedie, chirurgie (Boskovice) a nukleární medicína (Blansko). Některé konziliární služby v oborech ortopedie, urologie, gynekologie, psychiatrie, oční a ORL, dermatovenerologie a stomatologie jsou zajišťovány privátními lékaři podle aktuální potřeby zařízení. LDN neposkytuje zdravotnické pohotovostní služby pro externí pacienty, ale zajišťuje tyto služby pouze pro klienty hospitalizované v této nemocnici. (NMB Letovice, 2010)

Jako první krok, v procesu digitalizace radiodiagnostického oddělení, jsem provedl analýzu stávajícího provozu na tomto oddělení, která by měla být nezbytnou součástí každého projektu. Bez provedení podrobné počáteční analýzy bych nebyl schopen navrhnout vhodné řešení a připravit projekt modernizace oddělení. Analýza byla provedena na základě osobní návštěvy nemocnice, prohlídky oddělení a konzultace s odpovědnými osobami. Po rozboru situace na oddělení jsem zjistil následující skutečnosti, které jsou rozhodující pro další plánování.

- Provoz na oddělení je zajišťován jedním radiologickým laborantem
- Pořízené snímky jsou odváženy k popisu na radiologické oddělení Nemocnice Boskovice, kde je lékař vyhodnotí a sepíše k nim odborný nález, který je poté v papírové podobě společně se snímky odvezen zpět do LDN
- Oddělení zajišťuje v současné době vyšetření pouze pro pacienty hospitalizované v LDN a je v provozu tři dny v týdnu
- Ve složitějších případech jsou pacienti převáženy k odborným vyšetřením na radiodiagnostické oddělení Nemocnice Boskovice, případně do Nemocnice Blansko
- V případě odborných konzultací jsou snímky z archivu zapůjčeny do dalších zdravotnických zařízení a do ordinací ambulantních specialistů. Následně jsou zapůjčené snímky vráceny zpět do LDN a opět uloženy do archivu
- Snímky se archivují po dobu 10 let a poté jsou zlikvidovány.
- Snímky jsou ukládány do archivu, který je součástí tohoto oddělení
- Papírové žádanky na rentgenové vyšetření jsou vystavovány na jednotlivých odděleních
- Ročně se provede okolo 1200 vyšetření – cca. 2000 expozic/snímku
- Roční náklady na provoz oddělení bez mzdových nákladů jsou cca. 60 000,-
- Nemocnice má vybudovanou vlastní lokální datovou síť (Fast ethernet - vodiče kategorie 5 – rychlost 100 Mbit/s) a prostřednictvím externích dodavatelů zajišťuje její provoz.
- Rozvody LAN byly do prostor radiodiagnostického oddělení zavedeny při její výstavbě.
- Připojení do sítě Internet je realizováno bezdrátovým spojením v pásmu 5,4 GHz prostřednictvím lokálního poskytovatele internetových služeb. Rychlost 1024/1024 kb/s
- Dodavatelským způsobem je zajišťován i provoz NIS (SW produkt TREE-ProTERM a jeho nastavení pro operační systémy Windows – TREE-WinTERM).
- NIS podporuje služby standardu DICOM 3.0. V případě zájmu o službu DICOM WORKLIST je ovšem potřeba zakoupit licence
- Přístrojové vybavení je velmi zastaralé a tvoří ho skiagrafický komplet Chirana
- Vyzvolávací proces je zajištěn pomocí vyzvolávacího automatu
- O každém provedeném vyšetření / expozici je veden záznam v papírovém provozním deníku. Laborant tam zapisuje, kromě jména, příjmení a rodného čísla také expoziční hodnoty, jako jsou napětí, proud, čas a dávka expozice. Tyto záznamy se také archivují

3.2. Požadavky zákazníka

Na základě zadávací dokumentace a konzultace se zástupci investora, jsem sestavil seznam klíčových požadavků zákazníka, který jsem použil jako podklad pro návrh digitalizace provozu. Jedná se o minimální požadavky, které by měly být během digitalizace oddělení dodrženy. Ze zadávací dokumentace jsem vybral pouze ty body, které se svým obsahem týkají využívání informačních technologií v radiodiagnostice. Jedná se o tyto dvě oblasti:

- Zavedení systémů nepřímé digitalizace obrazu
- Zavedení PACS systému pro správu a archivaci obrazových dat

3.2.1. Požadavky na CR systém

Čtecí zařízení pro CR kazety a ovládací konzole pro zadávání údajů pacientů a kontrolu snímků před odesláním do PACS systému. Vzdálená správa CR systému.

- Formáty 18x24 cm, 24x30 cm, 35x35 cm, 35x43 cm v rozlišení více než 10 pixel/mm
- Možnost rozšíření snímkování v rozlišení 20 pixel/mm
- Možnost zpracování více kazet různých pacientů současně
- Bezkontaktní způsob čtení kazet
- UPS pro překonání výpadku napájení bez přerušení čtení kazety
- Možnost úprav snímku před odesláním – úprava okna, hranová ostrost, doplnění značek do snímku, otáčení a převrácení snímku horizontálně/vertikálně
- Ovládací konzole s dotykovou obrazovkou s úhlopříčkou min. 17“
- Klávesnice a myš pro ovládání konzole a zadávání pacientů
- Průchodnost systému - kapacita min. 80 kazet formátu 35x43 cm za hodinu
- Možnost práce s využitím bar kódu
- Možnost stažení dat pacienta z PACS serveru - DICOM MODALITY WORKLIST
- Nastavení automatického odeslání dat při uzavření vyšetření (DICOM STORE)
- Možnost úprav snímků a opětovného odeslání

3.2.2. Požadavky na PACS systém

Komplexní řešení PACS systému včetně archivace dat, pracovních stanic, upgrade software a komunikace s dalšími zdravotnickými zařízeními. Vzdálená správa PACS systému.

Server

- Minimální konfigurace: procesor 3 GHz, 2 GB RAM, UPS
- Archivovaná data uložena ve 2 kopiích. Data uložena ve standardu DICOM verze 3.0.
- Disková kapacita pro 5 let provozu s možností rozšíření

Diagnostická stanice 3MP

- Pracovní stanice musí zvládat rychlé zobrazení CR snímků, UPS
- Vzdálená správa diagnostické stanice
- 2 speciální lékařské černobílé monitory s rozlišením 3MP, 10bitová stupnice šedi, poměr kontrastu min. 500:1, svítivost min. 500 Cd/m²
- Vestavěná kalibrační sonda diagnostických monitorů
- LCD monitor s úhlopříčkou 19“ pro NIS
- Hard-disk min. 80 GB
- DVD +/- R/RW DL mechaniku

Klinická stanice

- PC pro rychlé zobrazení CR snímků
- Vzdálená správa PACS systému
- LCD monitor s úhlopříčkou min. 21“, rozlišením 1600x1200 pixelů, 10bitová stupnice šedi, poměr kontrastu min. 500:1, svítivost min. 250 Cd/m²
- LCD monitor s úhlopříčkou 19“ pro NIS
- Hard-disk min. 80 GB
- DVD+R/RW LD mechaniku

Aplikační software serveru

- Uložení dat z CR zařízení s možností napojení i dalších modalit
- Okamžité zpřístupnění dat oprávněným uživatelům
- Automatické mazání dat z diskového pole při jeho zaplnění
- Připojení dalších diskových jednotek pro rozšíření on-line prostoru
- Automatické preposílání dat na určené stanice podle nastavených podmínek
- Správa uživatelů a uživatelských skupin s přidělováním práv
- Podrobné logování činnosti systému i činnosti jednotlivých uživatelů
- Funkce DICOM Worklist
- Bezpečné odeslání dat do vzdáleného PACS systému a také příjem dat
- Přihlašování uživatele pomocí uživatelského jména a hesla s automatickým načtením profilu uživatele z PACS systému na kterékoliv stanici
- Možnost opravit, sloučit nebo rozdělit vyšetření na PACS serveru.
- Možnost třídít vyšetření podle různých uživatelských kritérií
- Záloha nastavení programu a uživatelských profilů

Aplikační software stanic:

- Rychlý výběr požadovaných snímků
- Možnost rychlého vyhledání předchozích snímků aktuálně zobrazeného pacienta
- Schopnost zobrazení náhledů snímků
- Funkce pro úpravy snímků
- Měření vzdáleností, úhlů, obsahu vymezené oblasti, kalibraci
- Vkládání vlastních textů a značek do snímku
- Software musí umožnit přednastavit způsob zobrazení jednotlivých sérií a snímků
- Export dat – statické snímky do formátu BMP, JPEG
- Vytvoření patientského CD nebo DVD včetně prohlížeče
- Podpora tisku na WINDOWS tiskárnu a DICOM tiskárnu

3.3.Návrh řešení

Základní myšlenkou tohoto návrhu je přechod z analogového provozu radiodiagnostického oddělení Nemocnice Milosrdných bratří v Letovicích na provoz plně digitální. Při návrhu řešení jsem zohlednil stanovené minimální požadavky zákazníka a využil jsem portfolio produktů a služeb, které nabízí společnost FOMEI a.s., pro kterou byl tento návrh zhotoven. Při výběru vhodných komponentů jsem také přihlížel k záměru investora, který intenzivně jedná o zpřístupnění služeb radiologického oddělení široké veřejnosti. Na rozdíl od současné situace, by se tak mohlo efektivněji a v plné míře využívat služeb tohoto oddělení.

Během modernizace oddělení dojde k rozsáhlým stavebním úpravám, které jsou způsobeny modernizací skiagrafického přístroje a přechodem na digitální zpracování obrazu. Například dojde ke zrušení temné komory, která sloužila k vyvolávání klasických filmů a vznikne nám tak prostorný sklad, který zatím na oddělení výrazně chyběl. Obnovou projde také denní místnost, která bude připravena pro instalaci diagnostické stanice a pracovní stanice PACS systému. Budou instalovány rozvody LAN, které budou napojeny do současné nemocniční sítě prostřednictvím aktivních prvků.

3.3.1. Technologie záznamu obrazu

Jako základ digitálního zpracování obrazu jsem zvolil čtecí zařízení Konica-Minolta REGIUS 190, které je uzpůsobeno pro čtení exponovaných IP desek ve standardním (175 μ m/87.5 μ m) i vysokém (43.75 μ m – nutná licence) rozlišení. Tím splňuje minimální požadavky na rozlišovací schopnost zařízení 10 respektive 20 pixelů/mm. Zařízení umí zpracovávat všechny běžné formáty kazet až do velikosti 35x43 cm. Umožňuje nezávislé mazání IP desek při chybném

exponování. Svoji konstrukcí umožňuje eliminovat čas průchodu kazety přístrojem, neboť má vstupní a výstupní sekci, takže je možné zpracovávat současně dvě kazety.

Součástí instalace je CR konzole CS-3, která je propojená se čtecím zařízením prostřednictvím LAN a proto není nutné jí umístit v bezprostřední blízkosti čtecího zařízení. Z praktického hlediska a situace na oddělení, budou ovšem obě zařízení instalované v ovládací místnosti skiagrafického přístroje. CR konzole je určena pro zobrazení digitálních snímků za účelem kontroly správnosti expozice, clonění, zadání dat pacienta a také pro ovládání připojeného čtecího zařízení. CR konzoli tvoří standardní výkonný počítač typu PC, LCD monitor s barevnou dotykovou obrazovkou, klávesnice a čtečka čárových kódů. Volbu vhodného HW pro konzoli, provádí dodavatel technologie CR firma Konica-Minolta a vždy je nedílnou součástí dodávky CR systému. CR konzole převádí data do formátu DICOM 3.0 a odesílá je v tomto formátu na určené místo v síti (PACS, pracovní stanice, DICOM tiskárna atd.). Podrobné informace o konfiguraci a funkcích CR systému jsou uvedeny v příloze 3.

3.3.2. PACS systém

Vzhledem k relativně malému provozu na tomto oddělení, který je patrný z počáteční analýzy, jsem se rozhodl zvolit pro PACS systém kombinaci pracovní stanice a PACS serveru. Toto řešení bude dostatečně vyhovovat pro současný provoz a zároveň bude připraveno na případné budoucí rozšíření provozu oddělení. Vzhledem k technologickému vývoji se dá předpokládat životnost tohoto HW v horizontu 6-8 let, po kterém by měla následovat jeho obměna. Navržené řešení má své nesporné ekonomické výhody oproti samostatnému serveru, který by celou digitalizaci neúměrně prodražil. Vzhledem k tomu, že nejsou požadavky na 100% redundanci PACS serveru, lze tedy vyřešit celý PACS systém s poměrně velkou finanční úsporou. Navržená HW specifikace pracovní stanice a PACS serveru je uvedena v příloze 4. Stanice bude zajišťovat nejenom všechny služby PACS serveru, ale bude sloužit laborantovi pro běžnou práci s PACS systémem (evidence pacientů, export snímků atd.) a zároveň bude zajišťovat přístup do NIS.

Diskovou kapacitu pro ukládání dat jsem zvolil s ohledem na předpokládané rozšíření provozu oddělení. Při současném provozu, který představuje přibližně 2 000 snímků ročně, na základě specifikace přístroje Regius 190 a faktu, že systém Jivex využívá pro ukládání bezztrátové komprese v poměru 3:1, jsem vypočítal, že tato disková kapacita vystačí přibližně na 100 000 snímků při maximálním rozlišení a formátu kazety 35x43 cm. Při uvažovaném nárůstu provozu na 15 000 snímků ročně, bude tedy disková kapacita dostatečná po dobu 6-7 let provozu.

Jako PACS systém jsem zvolil produkt německé firmy VISUS Technology Transfer, která je jednou z vedoucích německých firem v oboru tvorby technologií pro přenos a zpracování

medicínských dat. Všechny její produkty podporují standardy DICOM a HL7 a jsou postaveny na technologii JAVA. Z nabízených variant jsem zvolil verzi JivexGO, což je komplexní PACS řešení určené pro menší instalace, ale rozšiřitelné na libovolně rozsáhlý PACS systém. JivexGO poskytuje všechny požadované služby zákazníka, ale díky licenční politice firmy VISUS, jej lze pořídit mnohem výhodněji než robustní PACS systémy a proto ho lze pro tento provoz jednoznačně doporučit. Jádro systému tvoří komunikační server a další funkcionality je do systému přidávána pomocí tzv. „klientů“. Komunikační server obsahuje databázový modul, který v našem případě pracuje s databázovým systémem MySQL. V našem případě využijeme zejména archivační modul pro vytváření archivních kopií dat, modul pro připojení DICOM modalit, modul pro export a import dat a diagnostického a prohlížečského klienta. Při současném provozu se neuvažuje o využívání služby DICOM WORKLIST pro získávání informací o pacientech z NIS. V případě rozšíření provozu o ambulantní provoz, ale doporučuji zvážit nákup této licence, protože tím dojde k významné úspoře času a eliminaci chyb během registrace pacienta.

3.3.3. Zobrazení snímků

Diagnostická stanice slouží lékařům-radiologům k prohlížení snímků uložených v PACS systému a vytváření odborných nálezů. Na této stanici bude spuštěn diagnostický klient systému JivexGO, který umožňuje vytváření nálezu přímo v PACS systému s možností tisku na běžné tiskárně v prostředí WINDOWS. Pro prohlížení snímků je také možno využít neomezené licence pro HTML prohlížeč, umožňující přístup ke snímkům přes Internet. Použití této funkcionality se dá předpokládat v případě zájmů externích lékařů. Dále bude také aktivována funkce automatického přeposílání snímků v komprimovaném formátu JPEG do NIS, kde se lékaři objeví náhled společně s diagnostickým nálezem. Posledním způsobem, jak zobrazit snímek uložený v PACS systému, je zobrazení na pracovní stanici laboranta. Zde bude instalován prohlížečský klient JivexGO, určený k evidenci dat pacientů, kontrole snímků, vypalování CD apod.

HW Diagnostické stanice (navržená varianta)

- FUJITSU-SIEMENS W370, Procesor Core 2 Quad Q6700, Paměť – 2 GB DDRII, Pevný disk – HDD 160GB SATA/150 7200rpm, 10/100/1000 Mbit Ethernet, DVD-RW, operační systém Windows XP, UPS
- Speciální medicínský černobílý monitor WAVERIX MM20A, rozlišení 1200x1600 pixelů, poměr kontrastu 800:1, svítivost 1200 Cd/m², úhlopříčka 21,3“ (54 cm), 10bitová LUT tabulka – 2 ks, Grafická karta – dual channel – Real Vision SMD5 – 1 ks
- Monitor pro NIS s úhlopříčkou 19“, výškově stavitelný, rozlišení 1280x1024 pixelů

3.3.4. Archivace dat

On-line archivaci dat jsem se rozhodl řešit pomocí technologie NAS. Vybral jsem diskové pole N5200B od společnosti Thecus (www.thecus.com), které umožňuje instalovat až 5 SATA disků o velikosti 3.5'' s maximální kapacitou disku 1 TB. Celkem tedy můžeme získat diskové pole o kapacitě 5 TB v RAID 0,1,5 a 10 a také s podporou vícenásobného RAID. Uvedené zařízení splňuje všechny potřebné parametry pro použití s PACS serverem JivexGO a nabízí také dostatek prostoru pro případnou archivaci dat z NIS. Pro účely archivace dat z PACS systému JivexGO, navrhuji osadit pole třemi disky s kapacitou 500 GB, které nám vytvoří diskové pole s reálnou kapacitou 1TB v RAID 5. V případě potřeby lze kapacitu pole bez problému rozšířit. Na PACS serveru poběží real-time zrcadlení datového disku a systémových souborů v RAID 1 do NAS N5200B, prostřednictvím programu MirrorFolder (www.techsoftpl.com), který hlídá změny v adresářové struktuře NTFS.

Off-line archivace je možná prostřednictvím nosičů DVD a programu JivexGO a její použití se předpokládá při transportu pacienta do ostatních zdravotnických zařízení.

3.3.5. Datová síť a její propojení s okolím

Vzhledem ke skutečnosti, že do prostor radiodiagnostického oddělení je již zavedena datová síť, bude nutné provést instalaci nových kabelových rozvodů, datových zásuvek a aktivního prvku – switche pouze v prostorách oddělení. Pomocí těchto komponentů dojde k propojení nově instalovaných zařízení s nemocniční sítí. Vybudování strukturované kabeláže je v tomto případě neefektivní a zbytečně by celou modernizaci prodražilo. Stejně tak využití bezdrátové technologie nebo použití optických kabelů, jako přenosového media, nemá v tomto případě žádné opodstatnění. Proto jsem se rozhodl pro instalaci kabelů kategorie 5 do plastových žlabů. Kabelové rozvody budou ukončeny účastnickou zásuvkou na straně jedné a zapojeny do switche na straně druhé. Switch bude napojen do pátevní sítě jedním kabelem kategorie 5. Rozvody a zprovoznění LAN bude řešeno dodavatelským způsobem. Stávající nemocniční LAN má přenosovou rychlost 100 Mbit/s, která je dostatečná pro přenos snímků pořízených z nového CR systému. Při maximální velikosti souboru, která je přibližně 30 MB, bude většina snímků po této síti přenesena do 5 vteřin po odeslání z CR konzole. Celkem je tedy nutno instalovat 5 datových zásuvek – 2 pro CR systém, 1 pro diagnostickou stanicí, 1 pro pracovní stanicí s PACS serverem a jedna pro NAS zařízení.

Pro splnění požadavků zákazníka, na možnost zaslání dat do ostatních zdravotnických zařízení, jsem se rozhodl využít integrovaného řešení ReDiMed (www.medimed.cz). Tento systém zajišťuje zaslání snímků v DICOM standardu prostřednictvím centrálního komunikačního uzlu do vybraných zdravotnických zařízení. Přenos dat je šifrován a jednotlivá spojení jsou realizována

VPN tunelem, takže je zajištěna bezpečnost přenášených dat. Instalace řešení ReDiMed je zajišťována dodavatelským způsobem. Výhodou tohoto řešení, oproti konkurenčnímu řešení e-PACS (www.epacs.cz), je zapojení regionálních nemocnic Blansko a Boskovice do systému ReDiMed. Přesto je možné využít pro splnění požadavků zákazníka i řešení e-PACS.

Pro urychlení popisů snímků, navrhuji instalovat diagnostickou stanici do domu radiologa, který zatím dojíždí do nemocnice jednou týdně. Prostřednictvím sítě internet a zabezpečeného přenosu, pomocí řešení OpenVPN (<http://openvpn.net/>), mu pak bude umožněno si stáhnout snímky z PACS archivu v DICOM standardu a provést k nim odborný nález. Tím by se výrazně ušetřil čas a také náklady na dojíždění radiologa do Letovic. PACS server nabízí tuto funkcionalitu pomocí DICOM služby Query/Retrieve, která na dotaz klienta zašle požadované snímky.

Z důvodu navýšení objemů takto přenášených dat, je nutno zvýšit přenosovou rychlost připojení k internetu, alespoň v poměru 2 Mb/4 Mb, aby měl lékař rychlejší přístup ke snímkům.

3.3.6. Zabezpečení systému před výpadky a ztrátou dat

Zabezpečení ztráty dat již bylo vyřešeno v kapitole 4.3.4 Archivace dat. Navrhl jsem zde vhodné síťové úložiště NAS, které zajišťuje data technologií RAID 5 v kombinaci s programem MirrorFolder, který zrcadlí data a systémové soubory PACS serveru v RAID 1 do síťového úložiště.

Zabezpečení systému před výpadky jsem realizoval volbou vhodných záložních zdrojů elektrické energie – UPS. Na základě technických parametrů a provedeného měření jsem zvolil celkem 4 záložní zdroje, viz tabulka 2, které budou chránit připojená zařízení nejen před výpadky elektrické energie, ale také před případným přepětím v rozvodné síti.

Pro výběr vhodné UPS byl použit konfigurátor na stránkách www.apc.com.

Tabulka 2 - Záložní zdroje UPS, zdroj: autor

	Celkový odběr (VA)	Model UPS	Kapacita (VA)	Doba zálohy (minuty)
CR systém R190 + CS 3	1200	APC Smart-UPS 1500VA	1500	10
Pracovní stanice/ PACS - W380	600	APC Smart-UPS 1500VA	1500	34
Diagnostická stanice – W370	448	APC BACK-UPS RS 800VA	800	15
NAS - N5200B	245	APC BACK-UPS CS 350VA	350	15

K záložním zdrojům je dodáván program pro správu, kterým lze sledovat aktuální stav zdroje a provádět jeho konfiguraci. Pomocí vzdálené správy nově instalovaných zařízení, která bude řešena programem LogMeIn (www.logmein.com), bude tak možno sledovat on-line dění na všech připojených zařízeních včetně USP. Toto řešení nám také umožní zkrátit čas na řešení případných problémů během provozu.

3.3.7. Postup vyšetření na digitalizovaném pracovišti

Lékař na oddělení zadá požadavek do NIS a vytiskne žádanku, protože v některých případech je nutno odvést pacienta na vyšetření do jiného zdravotnického zařízení. Laborant zkontroluje informace v NIS a provede vyšetření na CR systému, kde zatím musí vyplnit registrační údaje pacienta (nutno zvážit zakoupení licence pro DICOM WORKLIST). Po provedení vyšetření a úpravě snímků, jsou tyto automaticky poslány do PACS serveru, který provede jejich archivaci a automatické přeposlání náhledových snímků do NIS. Lékař-radiolog popíše snímky ze svého domu a výsledek vyšetření je lékaři na oddělení dostupný během několika minut prostřednictvím NIS. V případě potřeby provede laborant odeslání snímku ke konzultaci prostřednictvím řešení ReDiMed.

Závěr

Cílem teoretické části bakalářské práce bylo poskytnout informace o vývoji a současném stavu oboru radiodiagnostika se zaměřením na radiografii. Byly zde představeny současné způsoby záznamu rentgenového záření, možnosti následných uprav snímků a archivace takto pořízené dokumentace. V radiografii se dnes pro záznam používají nejčastěji systémy přímé a nepřímé digitalizace obrazu, které ve spojení s archivačními a komunikačními PACS systémy a využíváním informačních technologií, přinášejí zásadní změny v pracovních postupech na radiodiagnostických odděleních. Porovnáním způsobů záznamu a zpracování obrazu byly také ukázány výhody a nevýhody moderních metod oproti klasickému zpracování obrazu.

V praktické části byl zpracován návrh digitalizace radiologického oddělení v Nemocnici Milosrdných bratří v Letovicích. Na základě požadavků zákazníka, analýzy současného stavu na oddělení a produktového portfolia firmy Fomei a.s., pro kterou byla tato práce zhotovena, bylo navrženo možné řešení přechodu tohoto oddělení z analogového provozu na provoz digitální. Hlavní myšlenkou modernizace oddělení bylo navrhnout takové řešení, které by bylo optimální nejen pro současný stav na pracovišti, ale aby také vyhovovalo plánovanému rozšíření provozu oddělení. S ohledem na tuto skutečnost byly vybrány takové systémy, které v budoucnu umožní bezproblémové rozšíření provozu tohoto oddělení.

Výsledné řešení se skládá ze systému nepřímé digitalizace obrazu Konica-Minolta, tvořeného čtecím zařízením R190 a ovládací konzolí CS3, PACS systémem JivexGO integrovaného do pracovní stanice FUJITSU-SIEMENS W380, diagnostické stanice FUJITSU-SIEMENS W370 a datového úložiště v podobě NAS zařízení N5200B. Navržená kapacita diskového pole byla dimenzována pro archivaci dat po dobu 6-7 let při 15 000 snímcích ročně s možností rozšíření. Všechny tyto části jsou svým výkonem dostatečně dimenzovány pro plánované rozšíření provozu. Diagnostická stanice bude umístěna u lékaře mimo nemocnici a data budou zasílána pomocí sítě VPN. Zasílání snímků okolním nemocnicím je řešeno zapojením nemocnice do systému ReDiMed, který umožňuje zabezpečené sdílení dat mezi zdravotnickými zařízeními. Ochrana dat je zde řešena on-line zálohou dat na síťové úložiště NAS a všechny systémy jsou zabezpečeny před výpadky pomocí navržených záložních zdrojů UPS.

Hlavní změnou oproti předchozímu provozu je jeho kompletní digitalizace, která nám umožní výrazně zrychlit diagnostiku a snížit riziko nadměrné radiační zátěže u pacienta. Navrhovaná integrace systémů NIS, PACS a CR přispěje k bezpečnější evidenci pacienta v těchto systémech a zkrátí čas pro přípravu vyšetření. Také propojení nemocnice s lékaři z dalších zdravotnických zařízení, pomocí sítě internet, zajistí kvalitnější a rychlejší diagnostiku pacienta.

Pokud uvažujeme ve zdravotnickém zařízení o přechodu z analogového provozu radiodiagnostického oddělení na provoz plně digitální, je potřeba zvážit mnoho okolností, které mohou výsledek tohoto procesu významně ovlivnit. Pokud nebudeme věnovat těmto skutečnostem dostatečnou pozornost během plánování, realizace a provozu digitalizovaného oddělení, může se stát, že výsledný přínos tohoto procesu zůstane daleko za naším očekáváním. Nemám tím na mysli pouze ekonomickou otázku celé věci, ale i možné problémy při organizaci práce na novém pracovišti a chyby v pracovních procesech.

Jak bylo v této bakalářské práci představeno, nabízí digitalizace provozu mnoho výhod, které jsou velkým přínosem na poli zobrazovacích diagnostických metod. Největším problémem tak stále zůstává velmi vysoká pořizovací cena jednotlivých komponentů. S ohledem na uplynulé roky, technologický vývoj a vzrůstající konkurenci, se dá ale očekávat, že dojde ke snížení cen u těchto systémů. Ve výsledku to povede k ještě rychlejšímu zavádění digitálních technologií zpracování obrazu do praxe a k maximálnímu využívání informačních systémů ve zdravotnictví. Lze tedy předpokládat postupný přechod většiny radiodiagnostických oddělení na digitální provoz.

Jmenný rejstřík

A	P
Archiv 7, 9, 10, 15, 18, 19, 24, 36, 38, 41, 45, 47	PACS 29, 31, 34, 35, 38, 40, 41, 43, 46, 47, 51
C	Proces 7, 11, 14, 15, 16, 24
CR 24, 25, 26, 27, 29, 34, 35, 38, 41, 42, 43, 46, 52	R
D	Radiační zátěž 9, 11, 24, 27, 38
Datová síť 20, 21, 29, 31, 33, 46, 52	Radiografie 4, 7, 9, 10, 11, 18, 52
DICOM 27, 28, 29, 30, 31, 40, 43, 44, 47, 51	RAID 35, 36, 45, 47, 52
DR 7, 19, 21, 23, 26, 27, 29, 34, 35, 37, 38, 52	RIS 22, 23, 24, 26, 27, 31, 52
E	S
Ethernet 32, 45	Server 29, 31, 33, 34, 35, 44, 46
H	Stanice 22, 26, 29, 30, 31, 32, 41, 42, 43, 44, 45, 47
HW 34, 35, 36, 43, 45, 52	T
I	TCP/IP 32, 53
Informační systém 21, 31	V
Informační technologie 18, 20, 35, 53	VPN 31, 34, 46, 52
K	W
Klient 29, 31, 35, 45	WAN 31, 33, 52
L	WLAN 31, 33, 52
LAN 26, 29, 31, 32, 33, 40, 43, 46, 52	Workflow 4, 20, 21, 53
N	Worklist 22, 40, 41, 44, 47
NAS 36, 45, 46, 47, 52	Z
NIS 22, 24, 27, 31, 40, 41, 42, 44, 45, 47, 52	Zabezpečení dat 21, 35, 38
	Záložní zdroj 26, 37, 41, 45, 47, 52, 53

Seznam použitých informačních zdrojů

- [1] **BLAŽEK, Oskar. 1980.** *Klinická radiodiagnostika*. 1. vyd. Praha : Avicenum, 1980. str. 432. 08-063-80.
- [2] **ČLK - okresní sdružení Děčín. 2005.** VYHLÁŠKA O ZDRAVOTNICKÉ DOKUMENTACI Č. 385/2006 SB. *Česká lékařská komora - Okresní sdružení lékařů Děčín*. [Online] 2005. [Citace: 10. 05 2010.] http://www.clk.cz/oldweb/zakpred/vyhl_385-2006_zdrav_dokumentace_P_23.html.
- [3] **FOMEI a.s. 2010.** Fomei a.s. - Radiodiagnostika. *FOMEI a.s.* [Online] 2010. [Citace: 02. 06 2010.] http://www.fomei.com/fomei_radio/index.php.
- [4] **FUJIFILM. 2009.** Medical Systems | Fujifilm Global. *Fujifilm Global*. [Online] 2009. [Citace: 25. 05 2010.] www.fujifilm.com.
- [5] **HORÁK, Jaroslav a KERŠLAGER, MILAN. 2001.** *Počítačové sítě pro začínající správce*. Praha : Computer Press, 2001. 80-7226-566-0.
- [6] **CHUDÁČEK, Zdeněk. 1995.** *Radiodiagnostika I. část*. Brno : IPVZ, 1995. 80-7013-114-4.
- [7] **KALEDOVÁ, Hana. 2007.** PACS. *Nemocnice Jihlava*. [Online] 22. 5 2007. [Citace: 01. 06 2010.] http://www.nemji.cz/vismo/dokumenty2.asp?id_org=427000&id=1230&p1=1200.
- [8] **KOLÁŘ, Jaromír, AXMAN, Karel a NEUWIRTH, Jiří. 1991.** *Radiodiagnostické techniky s využitím počítačů*. 1. vydání. Praha : Avicenum, 1991. str. 159. 80-201-0097-0.
- [9] **KONICA MINOLTA. 2010.** Healthcare | KONICA MINOLTA. *The essentials of imaging*. [Online] 2010. [Citace: 06. 03 2010.] <http://www.konicaminolta.eu/healthcare.html>.
- [10] **NEMA. 2010.** Digital Imaging and Communication in Medicine. *DICOM*. [Online] 2010. [Citace: 05. 06 2010.] <http://medical.nema.org/>.
- [11] **NMB Letovice. 2010.** O nemocnici. *Nemocnice Milosrdných Bratří Letovice*. [Online] ing-mh, 2010. [Citace: 01. 06 2010.] <http://www.nmbletovice.cz/onemocnici.html>.
- [12] **SPRAWLS, Perry. 1990.** *Principles of radiography for technologist*. 1. vyd. Rockville : Aspen Publishers, Inc., 1990. str. 205. 0-8342-0088-0.
- [13] **STAPRO s.r.o. 2010.** Řešení pro zdravotnictví. *STAPRO*. [Online] Maxx Creative Communication s.r.o. , 2010. [Citace: 26. 05 2010.] <http://www.stapro.cz/>.
- [14] **ÚZIS ČR. 2009.** Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR. *Činnost oboru radiologie a zobrazovacích metod v roce 2008*. [Online] 22. 6 2009. [Citace: 20. 05 2010.] http://www.uzis.cz/download_file.php?file=3544.
- [15] **VANĚRKA, Michael a VYHNÁLEK, Luboš. 1989.** *Wilhelm Conrad Röntgen*. 1. vyd. Praha : Horizont, 1989. str. 86. fot.přil. (Medailóny).
- [16] **WEAVER, Alfred C. a SNYDER, Andrew M. 2006.** *Impact of Image Encryption on Radiology Department Workflow*. Charlottesville : U.Va. Computer Science, 2006.

Seznam použitých zkratk

CCD	- Elektronická součástka používaná pro snímání obrazové informace - (Charge Coupled Devices)
CR	- Počítačová radiografie – systém nepřímé digitalizace - (Computed Radiography)
DICOM	- Komunikační protokol využívaný pro přenos snímků v medicíně - (Digital Imaging and Communications in Medicine)
DR	- Digitální radiografie – systém přímé digitalizace - (Digital Radiography)
HL7	- Standard pro zasílání zpráv mezi informačními systémy a modalitami ve zdravotnictví. - (Healthcare Industry Level 7)
HW	- Technické vybavení počítačů – procesory, základní desky, paměti, periférie atd.... - (Hardware)
ICT	- Informační a komunikační technologie - (Information and Communication Technologies)
IP	- Speciální záznamová deska, která nahradila filmový materiál a využívá se u CR systémů - (Image plate)
LAN	- Lokální datová síť, využívaná v rámci jednoho zdravotnického zařízení - (Local Area Network)
NAS	- Síťové úložiště dat - (Network Attached Storage)
NIS	- Nemocniční Informační Systém
PACS	- Systém pro ukládání, správu, prezentaci a distribuci snímků v medicíně - (Picture Archiving and Communication System)
RAID	- Vícenásobné pole nezávislých disků - (Redundant Array of Independent Disks)
RFID	- Identifikace předmětů pomocí radiové frekvence. Alternativa k čárovým kódům - (Radio Frequency Identification)
RIS	- Radiologický informační systém - (Radiology Information System)
UPS	- Nepřerušitelný zdroj elektrické energie. Chrání zařízení před výpadky a poškozením. - (Uninterruptible Power Supply)
VPN	- Privátní datová síť, Vyhrazená a zabezpečená datová síť. Samostatná podsíť jiné sítě - (Virtual Private Network)
WAN	- Rozlehlá datová síť, propojení LAN, různé nemocnice, celosvětový dosah - (Wide Area Network)
WLAN	- Bezdrátová lokální datová síť, využívaná v rámci jednoho zdravotnického zařízení - (Wireless Local Area Network)

Seznam obrázků

Obrázek 1 – Wilhelm Conrad Röntgen	11
Obrázek 2 - Rentgenka princip	12
Obrázek 3 - Dotykový ovladač CPI - 2010	13
Obrázek 4 - Kombinace Fólie - Film – Fólie	14
Obrázek 5 - Snímek plic bez identifikačních údajů	16
Obrázek 6 - Moderní posuvný archiv	19
Obrázek 7 - Běžný workflow v radiografii	20
Obrázek 8 - Ukázka využití IT v radiodiagnostice	22
Obrázek 9 - Porovnání dynamického rozsahu	24
Obrázek 10 - Technologie záznamu u CR systému FUJI	25
Obrázek 11 - Porovnání přímé a nepřímé konverze u DR systémů	28
Obrázek 12 - Vrstvy referenčního model OSI a architektury TCP/IP	29
Obrázek 13 - Integrace CR a DR systémů do PACS	30
Obrázek 14 - Ukázka datové sítě v PACS systému	32
Obrázek 15 - Strukturovaná kabeláž	33
Obrázek 16 - VPN spojení	34
Obrázek 17 - RAID 5 - ukázka	36

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Porovnání postupu vyšetření	37
Tabulka 2 - Záložní zdroje UPS	47

Seznam příloh

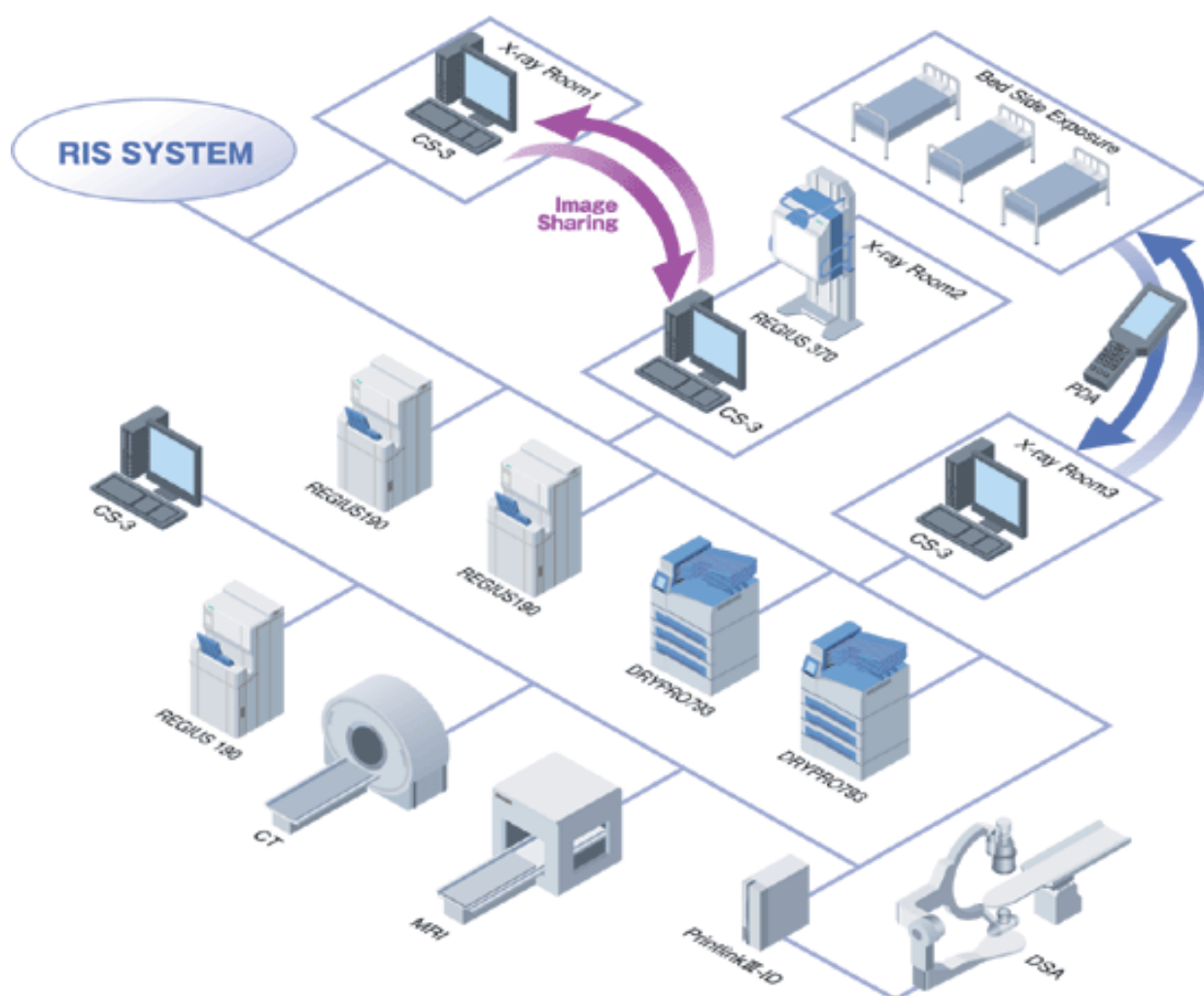
Příloha 1 - Seznam ukládaných dat ke snímkům – DICOM standard	
Příloha 2 - Ukázka řešení digitalizace pro velké nemocnice	
Příloha 3 - Specifikace CR systému Konica-Minolta	
Příloha 4 - Specifikace PACS serveru JIVEX	
Příloha 5 - Uživatelské prostředí CR systému Konica-Minolta	

Příloha 1 - Seznam ukládaných dat ke snímkům – DICOM standard, zdroj: autor

Jedná se o ukázkou dat pořízených v roce 2009 ve Vojenské nemocnici v Olomouci během mé návštěvy tohoto pracoviště. První část je označení položky a za lomítky je ukázková hodnota.

- ID Image Date//20090125
- ID Image Time//171825
- ID Modality//CR
- ID Manufacturer//KONICA MINOLTA
- ID Institution Name//VN Olomouc
- ID Institution Address//Susilovo nam. 5, 771 11
- ID Referring Physician's Name//NOVAK
- ID Station Name//CS-3
- ID Institutional Department Name//RTG
- ID Performing Physician's Name//HRABAL
- ID Operator's Name//Hrabal
- ID Manufacturer Model Name//0862
- PAT Patient Name//Hrabal
- PAT Patient ID//11111111
- PAT Patient Sex//O
- ACQ Body Part Examined//CHEST
- ACQ Device Serial Number//2222
- ACQ Plate ID//101
- ACQ Software Version//2.00R4T2\P
- ACQ Protocol Name//QC QA Phantom
- ACQ Relative X-ray Exposure//5000
- ACQ View Position//AP
- REL Study Instance UID//1.2.392.200036.9107.500.11222206012506732
- REL Series Instance UID//1.2.392.200036.9107.500.305.2222.222206012506732.121
- IMG Pixel Spacing//0.175\0.175
- IMG Bits Stored// 12
- IMG Quality Control Image//YES
- IMG Window Center//2047
- IMG Window Width//4096

Příloha 2 - Ukázka řešení digitalizace pro velké nemocnice, zdroj: (KONICA MINOLTA, 2010)



V této příloze je představeno možné řešení RIS systému ve zdravotnickém zařízení typu krajské nemocnice (KONICA MINOLTA, 2010). Jsou zde zastoupeny, snad až kromě ultrazvuku, všechny současné zobrazovací metody používané v radiodiagnostice. Zajímavá je instalace medicínských tiskáren DRYPRO, protože tyto tiskárny nadměrně zvyšují provozní náklady a v naší republice nebývá zvykem tyto tiskárny do nových modernizovaných provozů instalovat.

Upozornil bych na připojení modality angiografie (DSA), které je pravděpodobně staršího data výroby a nemá proto výstup v DICOM standardu. Podobná zařízení, jsou ale téměř vždy vybavena analogovým výstupem zobrazovaného signálu, a je tedy možno použít speciální převodníky Analog – Digital. Zde představuje takovéto zařízení přístroj Printlink III – ID. S takto pořízenými snímky se pak dá běžně pracovat v DICOM standardu.

Připojování starších modalit do moderních systémů PACS je také velmi často podceňováno. Po ukončení procesu digitalizace radiodiagnostického provozu bývá koncový uživatel nepříjemně překvapen nutností nákupu převodníku Analog – Digital.

Příloha 3 - Specifikace CR systému Konica-Minolta, zdroj: autor

CR systém - Regius 190
<ul style="list-style-type: none">➤ Čtecí zařízení pro čtení IP formátu od 18x24 cm do 35x43 cm, včetně podpory OPG formátu 15x30 cm možností zpracování dlouhých kazet až do formátu 35x125 cm➤ Maximální kapacita 90 kazet formátu 35x43/hod.➤ Čtení všech formátů ve standardním nebo vysokém rozlišení podle předvolby anatomického programu, podporuje rozlišení 10 pixel/mm u všech formátů.➤ Maximální rozlišení 4020x4892 (formát 35x43, 87.5µm). Jako option lze zvýšit rozlišení na 43,75µm➤ Jednoduchá instalace, praktický stolek pro CR konzoli, možnost instalace CR konzole mimo čtecí zařízení➤ Možnost vymazání IP bez čtení – sekundární mazání pro dlouho nepoužívanou kazetu nebo primární pro mylně exponovanou kazetu➤ Zobrazování aktuálního stavu procesu kazety
CR konzole – CS 3
<p>Hardware:</p> <ul style="list-style-type: none">➤ Pracovní stanice Lenovo ThinkCenter M58; Intel Core 2 Duo E7500 Procesor-2.93GHz, operační systém Windows XP Professional, HDD 40 GB, možnost uložit cca. 1300 snímků (při formátu 35x43, rozlišení 87.5µm, 12bitové stupnici šedi – maximální možná velikost souboru pro tuto konfiguraci CR systému)➤ Čtečka čárového kódu pro registraci kazet➤ Monitor 19“ s dotykovou obrazovkou➤ Záložní zdroj <p>Funkce ovládací konzole:</p> <ul style="list-style-type: none">➤ Vkládání dat pacienta pomocí běžné klávesnice nebo automaticky propojením se systémem NIS/RIS➤ Lokální databáze pacientů➤ Uživatelské přednastavení anatomických programů s možností sdružení různých anatomických programů➤ Snímky ze čtecího zařízení jsou okamžitě po načtení automaticky zobrazovány na displeji konzole➤ Možnost vytvoření seznamu čekajících pacientů pro pozdější provedení vyšetření➤ Možnost přidání nového snímku do již odeslaného vyšetření➤ Možnost přerušování vyšetření a jeho dokončení později➤ Možnost vytvoření více snímků z jedné expozice➤ Převrácení a rotace snímků➤ Vkládání značek do snímku (možnost přednastavení vlastních značek)➤ Nastavení distribučních cest pro odeslání snímku➤ Automatické odesílání snímků při uzavření vyšetření➤ Nastavení zámku pro zablokování odmazání snímku➤ Exportu snímků v JPEG s volbou komprese a uložením na disketu nebo odeslání jako přílohy k e-mailu➤ Vložení komentáře pro každý snímek nebo vyšetření➤ Možnost přesunu snímku mezi dvěma hotovými vyšetřeními➤ Možnost provedení výřezu snímku (automaticky nebo manuálně), 35x43 cm ⇒ 18x43 cm➤ Automatické odmazávání nejstarších odeslaných snímků

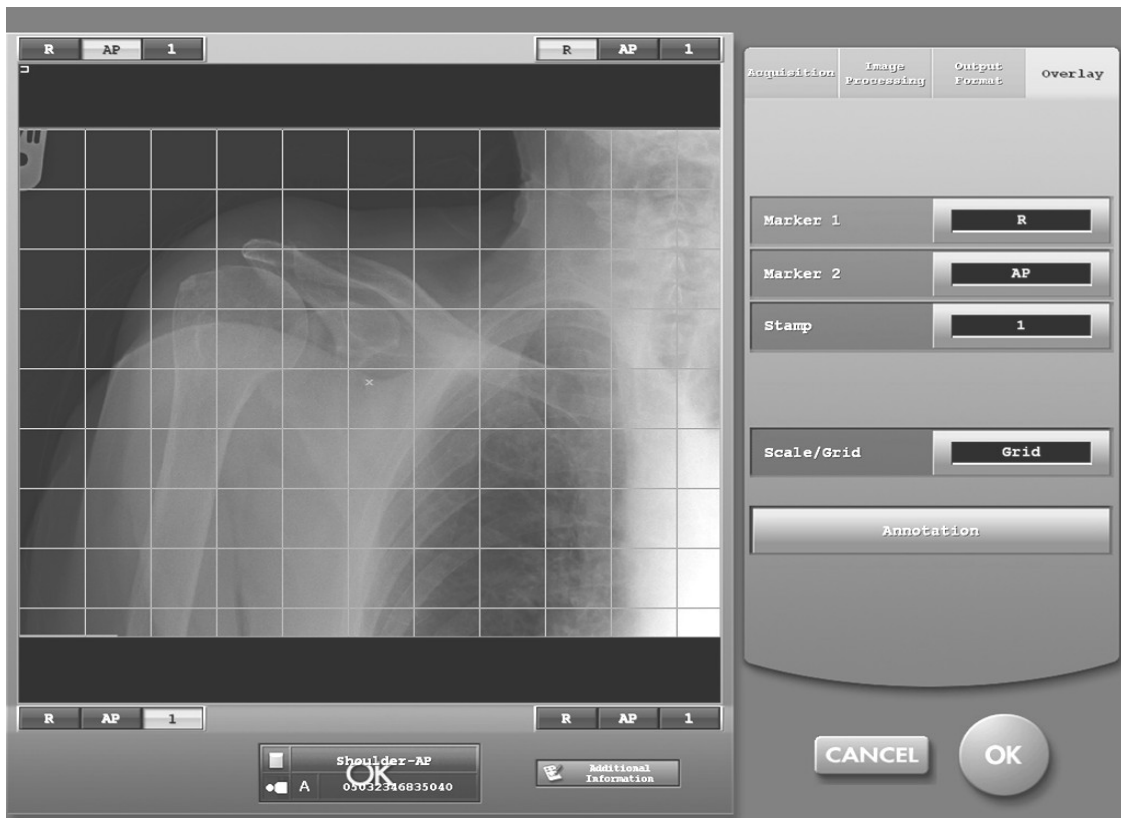
Příloha 4 - Specifikace PACS serveru JIVEX, zdroj: autor

Hardware pracovní stanice včetně integrovaného PACS serveru
<ul style="list-style-type: none">➤ Pracovní stanice + server FUJISTU SIEMENS W380➤ CPU Intel® Core™ i5 i5-680 (3.6 GHz, 4 MB, Grafická karta Intel® HD)➤ 4 GB (2 moduly 2 GB) DDR3, 1333 MHz, PC3-10600, DIMM➤ HDD systémový SATA II, 7 200 ot. /min, 160 GB, 2,5 “➤ HDD datový SATA II, 7 200 ot. /min, 1 TB, 3,5 “➤ Síťový řadič: Broadcom 5721 Gigabit NIC (integrovaná) 10/100/1000 WOL➤ DVD super Multi➤ Monitor EIZO FlexScan MX210M-K pro zobrazení snímků včetně grafické karty➤ Běžný LCD monitor s úhlopříčkou 19 palců pro NIS➤ Windows XP Professional➤ Jednotka záložního napájení UPS➤ Záložní zdroj
Aplikace PACS serveru
<p>JiveX Server tvoří jádro PACS systému, které řídí všechny procesy probíhající v rámci PACS systému, tj. ukládání dat, poskytování dat klientům (pracovním stanicím), webové rozhraní apod. JiveX Server je centralizovaný systém s komunikací server-klient, propojuje všechny klientské aplikace – připojené DICOM modality, DICOM prohlížeče, WEB prohlížeč, RIS systém. JiveX udržuje všechna data v on-line režimu a zajišťuje jejich archivaci. JiveX Server obsahuje následující standardní funkce:</p> <ul style="list-style-type: none">➤ Příjem dat z digitálních i analogových modalit. V případě analogových modalit je nutný převodník dat➤ Bezeztrátová komprimace DICOM dat v poměru 3:1➤ Distribuce snímků na diagnostické a klinické stanice systému JiveX s možností konfigurace formátu➤ Distribuce dat pomocí HTML prohlížeče – například Internet Explorer nebo Netscape Navigátor➤ Distribuce dat na stanice jiných výrobců v protokolu DICOM Query/Retrieve➤ Možnost automatického mazání dat podle nastavených parametrů➤ Zasílání informace o ukončení vyšetření nastavenému klientovi (např. NIS/RIS systém)➤ Management uživatelských oprávnění, práva přístupu ke snímkům lze detailně nastavit na základě libovolného DICOM atributu, např. podle odesílajícího lékaře lze přiřadit pacienty pouze určitému lékaři.➤ DICOM Modality Worklist – příjem žádanek z NIS a jejich přenos na jednotlivé modality➤ Zasílání dat v DICOM formátu z JiveX serveru jiným zařízením v DICOM síti nebo vzdáleným PACS systémům, např. pro účely konzultací, odeslání lze iniciovat z libovolného klienta (diagnostický nebo klinický) na základě oprávnění uživatele.➤ Tisk na DICOM tiskárnách z jednotlivých klientských stanic➤ Vytváření archivních kopií uložených dat na jednotlivá média včetně náleží (Image Report Service)➤ AUTO-ROUTING - Automatické preposílání dat na jiná zařízení v DICOM síti podle nastavených pravidel➤ Zasílání informací prostřednictvím e-mailu o stavu jednotlivých procesů v PACS systému - dohled➤ Možnost nastavení různých úrovní logování činnosti systému, včetně sledování přístupu uživatelů k datům

Příloha 5 - Uživatelské prostředí CR systému Konica-Minolta, zdroj: autor



Registrace pacienta



Dodatečné úpravy snímku – post-processing