

Peter van Ooijen, Alphons Bongaerts, Matthijs Oudkerk

Een Everything On-Line (EOL) PACS (deel 2) De technische implementatie

In de hedendaagse radiologie wordt gebruikgemaakt van een dusdanige hoeveelheid afbeeldingen dat het praktisch onmogelijk wordt om al deze afbeeldingen af te drukken op film, laat staan via film te diagnosticeren. Een goed voorbeeld hiervan is de invoering van machines als de multislice CT, waarbij één patiëntonderzoek gemakkelijk kan bestaan uit 500-700 afbeeldingen. Om de mogelijkheden van de verkregen afbeeldingen toch te kunnen benutten wordt er steeds vaker gebruikgemaakt van het digitaal beoordelen van de afbeeldingen. In eerste instantie werd dit gedaan op de consoles van bijvoorbeeld de CT of MR, of door het kopiëren van de data op bijvoorbeeld een MOD (Magnetisch Optische Disk) en bekijken op een apart station. Dit maakte het digitaal beoordelen echter zeer omslachtig, hetgeen heeft geleid tot de invoering van de PACS (PlaatjesArchief en CommunicatieSysteem). Dit soort systemen maakt gebruik van netwerken en computerapparatuur voor het opslaan en het verzenden van de data. Er bestaan verschillende soorten PACS-systemen met hun eigen voor en nadelen, en het gebruik van een PACS wordt vaak ervaren als lastig en ondoorzichtig.

In dit artikel wordt een beschrijving gegeven van het PACS zoals dat aanwezig is op de afdeling Radiologie van locatie Daniel den Hoed van het Academisch Ziekenhuis Rotterdam. Dit PACS (HyperPACS, Rogan Medical Systems, Zeist, Nederland) onderscheidt zich van andere systemen door een aantal zeer belangrijke kenmerken die volgens de auteurs de nadelen van andere commerciële systemen oplossen. Bij de implementatie van een PACS zijn de volgende doelstellingen gehanteerd: het systeem moet zorgen voor een verbetering van de efficiëntie, het moet mogelijkheden bieden tot kostenbesparing en het moet om kunnen gaan met grote hoeveelheden beeldmateriaal. In dit kader zijn een aantal aspecten van groot belang, namelijk:

- Voor volledige acceptatie door de gebruikers is de snelheid van de weergave van beeldmateriaal essentieel
- Dit geldt voor alle data, dus ook voor oude onderzoeken
- De implementatie en het gebruik van een PACS moeten voor eenieder transparant zijn en niet worden belemmerd door technische barrières
- De belasting van IT-personeel en laboranten voor systeemonderhoud moet minimaal zijn
- De data moeten over een lange periode beschikbaar blijven
- Het systeem moet optimaal betrouwbaar zijn

Om te voldoen aan deze aspecten moet het PACS een aantal kenmerken hebben. Deze kenmerken zullen we eerst bespreken, waarbij we steeds zullen weergeven in welke mate zij bijdragen tot het behalen van een van de genoemde eisen. Daarna zullen we een beschrijving geven van de exacte implementatie. Ten slotte zullen we evalueren of de huidige implementatie aan de doelstellingen voldoet.

OVERZICHT VAN DE KENMERKEN

De belangrijkste kenmerken waar het PACS aan moet voldoen met het oog op de doelstellingen zijn:

- Standaard Operating System (OS)
- Standaard communicatieprotocollen
- Snelle datatoegang
- Onvoorwaardelijke beschikbaarheid van alle data
- Standaard opslagmedia
- No single point of failure
- Uitbesteding van systeemonderhoud

We zullen in alle gevallen een beschrijving geven van wat deze kenmerken precies inhouden en in welk opzicht ze verschillen van de algemeen toegepaste technieken in andere systemen, waarbij we tevens zullen beargumenteren waarom wij voor deze techniek hebben gekozen.

Standaard Operating System (OS)

Het gehele PACS systeem, zowel het archiefsysteem als de werkstations, bestaat uit standaard Intel Pentium-machines. Deze machines zijn voorzien van een intern geheugen van minimaal 256 MB en een snelle grafische kaart. Het voordeel van het gebruik van deze machines is niet alleen dat de kosten relatief laag zijn ten opzichte van op UNIX gebaseerde machines, maar ook dat er een hoge mate van de-facto-standaardisering is gerealiseerd. Dit houdt in dat de stations makkelijker zijn te installeren, uit te breiden en te onderhouden. Ook biedt het systeem radiologen een workstation aan met een PACS viewing software binnen dezelfde omgeving als waarmee ze al gewend zijn om te werken. Tekstverwerkers, e-mail, internet en ZIS-koppeling: alles kan op één machine en op een eenvoudige manier worden benaderd. Het gebruik van het standaard operating system zorgt voor een goede acceptatie door de gebruiker, een gemakkelijke implementatie en gebruik en een minimale belasting van IT-personeel in verband met onderhoud.

Standaard communicatieprotocollen

Door het gebruik van standaardprotocollen wordt het zeer eenvoudig om het PACS te integreren binnen een reeds bestaande omgeving. Voor het verzenden van de medische data wordt DICOM gebruikt en voor de communicatie op netwerkniveau worden standaardprotocollen ingezet over standaard Ethernet/FastEthernet-bekabeling. Standaard communicatieprotocollen zorgen voor een gemakkelijke implementatie en een lage belasting van IT-personeel. Bovendien worden door het gebruik van DICOM de beschikbaarheid en leesbaarheid van de data in de toekomst gegarandeerd.

Snelle datatoegang en onvoorwaardelijke beschikbaarheid van alle data

Deze twee kenmerken vormen samen de basis van het EOL-(Everything-On-Line) concept, het belangrijkste kenmerk van het archief zoals het bij ons is geïmplementeerd.

Binnen het EOL-concept wordt ervan uitgegaan dat de belangrijkste eis van een radioloog is dat afbeeldingen snel kunnen worden opgehaald. In principe gaat PACS niet om het opslaan van de data, maar om het weer ophalen ervan. Als de radioloog niet binnen een seconde een afbeelding op zijn scherm heeft, niet alleen van gisteren, maar ook van drie jaar geleden, dan gebruikt hij het systeem niet meer. Om aan deze eis te kunnen voldoen was het tot voor kort noodzakelijk om ingewikkelde softwaregereedschappen te ontwikkelen zoals LRU (Least Recently Used), prefetching en auto-routing. Een LRU-(Least Recently Used) algoritme zorgt ervoor dat alleen de meest recent gebruikte gegevens altijd onmiddellijk toegankelijk zijn; verder moet er in zo'n geval prefetching worden verricht. Prefetching is een zeer ingewikkeld concept dat ervoor zou moeten zorgen dat op het ZIS/RIS wordt gekeken welke patiënten er in de naaste

toekomst op de planning staan en dat eerdere onderzoeken van die patiënten op de RAID-5 terecht komen. Dit betekent dat twee niveaus van complexe interfacing moeten worden gerealiseerd. Het eerste niveau is de vlekkeloze technische koppeling tussen ZIS/RIS en PACS. Het tweede niveau is de bepaling van welke gegevens moeten worden opgehaald; immers, niet alle eerder gemaakte onderzoeken zijn relevant voor een bepaald onderzoek. De definitie en implementatie van beide niveaus kunnen jaren duren. Auto-routing kan dan nog worden gebruikt om de juiste patiëntgegevens naar de juiste radioloog te verzenden, gebaseerd op de planning uit het ZIS/RIS. De enige mogelijkheid om deze softwarematige aanpak – die sterk afhankelijk is van een goede communicatie met het ZIS/RIS – te vervangen is het Everything-On-Line-concept. Dit concept was echter tot voor kort in de praktijk onmogelijk door de hoge kosten. Tegenwoordig hebben nieuwe technologieën op het gebied van schijven en andere hardware echter gezorgd voor een prijsdaling die toepassing van het EOL-concept voor een radiologieafdeling bereikbaar maakt. Het EOL-concept gaat ervan uit dat de radioloog alle data direct beschikbaar en binnen een paar seconden op zijn scherm wil hebben. Voor het succesvol implementeren van dit concept moet de omvang van de kortetermijnopslag (RAID-5) voldoende zijn om een aantal jaren lang alle afbeeldingen te kunnen bewaren (zie figuur 1). Met andere woorden, alle afbeeldingen van de afgelopen drie tot vier jaar moeten on-line zijn en snel bereikbaar. Afbeeldingen ouder dan vier jaar zijn semi-on-line: ze kunnen wel via het netwerk worden opgehaald, maar het kan een aantal minuten duren voordat de gehele dataset op het scherm staat. Veelal zullen gegevens die ouder zijn dan vier jaar slechts worden opgevraagd voor wetenschappelijk onderzoek, en dan is de snelheid minder cruciaal.

De snelle datatoegang en de onvoorwaardelijke beschikbaarheid van de data kunnen meewerken aan de acceptatie door de gebruikers. Tevens zorgt het EOL-concept voor een beschikbaarheid van de data over een langere periode.

Standaard opslagmedia

Voor het maken van een back-up van data bestaan er verschillende oplossingen. Voorbeelden hiervan zijn MOD (Magnetic Optical Disk), WORM (Write Once Read Many), DLT (Digital Linear Tape), CDR (Compact Disk Recordable), en sinds kort ook DVD (Digital Versatile Disk). Het voordeel van het gebruik van DVD's is dat dit een gestandaardiseerd medium is met een grote capaciteit. Mede door deze standaardisatie is de DVD een product voor de consumentenmarkt en daardoor zeer kosteneffectief ten opzichte van oplossingen als MOD of DLT. Tevens bestaat er door de standaardisatie een minder grote kans op snelle veroudering van het opslagmedium. Kijken we bijvoorbeeld naar de MOD, WORM of DLT, dan zijn er verschillende versies van in omloop die onderling niet uitwisselbaar zijn. In het geval van de productlijn van de DVD kunnen we het voorbeeld geven van de 'gewone' CD die nog steeds leesbaar is in een DVD-drive. De verwachting is dat deze compatibiliteit met oudere versies bij de CD en DVD zal worden doorgevoerd. Standaard opslagmedia zorgen ervoor dat de data ook in de toekomst beschikbaar blijven. Men moet hierbij niet over het hoofd zien dat de beelden (en dus de toegankelijkheid daartoe) de eigenlijke waarde representeren, niet de hardware of de software. Indien door gebruikmaking van niet-standaard opslagmedia de beelden in de toekomst niet meer benaderbaar zijn heeft men te maken met een zeer aanzienlijk waardeverlies.

No single point of failure

Om de stabiliteit van het systeem te bevorderen is het essentieel een 'single point of failure' te voorkomen. Dit wordt gedaan door in de hardware een zekere redundantie in te bouwen op verschillende niveaus. Zo is de netwerkhardware voorzien van dubbele energievoorziening,

evenals de RAID-5, die tevens is voorzien van een dubbele uitvoering van het controlepaneel. In alle gevallen zal bij het uitvallen van een van de elementen het andere element de volledige functionaliteit overnemen. Ook het werkstation dat wordt gebruikt voor het archief is dubbel uitgevoerd. Verder staan alle data op de RAID en tevens on-line op de DVD-jukebox, waardoor er bij uitval van één van deze systemen de ander alle gegevens bevat die voor het dagelijks werk noodzakelijk zijn. De belangrijkste reden om te streven naar 'no single point of failure' is natuurlijk dat het systeem daardoor optimaal betrouwbaar wordt. Een tweede reden is dat door deze constructie de belasting van het IT-personeel omlaag gaat, omdat er bij eventuele reparatie geen tijdsdruk zal ontstaan: het PACS blijft immers gewoon volledig bereikbaar.

Uitbesteding van systeemonderhoud

Voor het onderhoud van het systeem is het mogelijk om de mogelijkheid te bieden van buiten af in te loggen. In ons geval wordt dit onderhoud op afstand uitgevoerd door Oldelft Benelux. Zij vertegenwoordigen Rogan in Nederland en verzorgen behalve het onderhoud de volledige systeemintegratie. Onze servicemensen kunnen inbellen en vanaf iedere willekeurige locatie niet alleen controleren of alles naar behoren draait, maar ook zorgen voor upgrades van de software op de server en op ieder willekeurig werkstation. Het onderhoud op de locatie zelf is minimaal; alleen voor uitbreiding en onderhoud van hardware en voor het toevoegen van nieuwe DVD's aan de jukebox is het nodig om op de locatie zelf aanwezig te zijn. Binnen onze afdeling zelf is slechts een persoon verantwoordelijk voor het coördineren van het systeem. Het uitbesteden van het onderhoud aan een gespecialiseerd bedrijf zorgt ervoor dat het eigen personeel niet wordt belast met deze taak.

DE HUIDIGE IMPLEMENTATIE VAN HET PACS

Nu de belangrijke kenmerken duidelijk zijn, zullen we een beschrijving geven van de eigenlijke implementatie van het PACS, conform de eerder beschreven kenmerken. Het PACS-netwerk op de radiologieafdeling bestaat uit een viertal onderdelen:

1. Acquisitieapparatuur inclusief bedieningsconsoles (scanners), in ons geval twee MRI's, een CT, een digitale-angiografie-kamer, een echoapparaat en een EBT(elektronenbundeltomografie)-apparaat, allen met de mogelijkheid tot het verzenden van standaard DICOM-afbeeldingen.
2. Netwerkinfrastructuur die zorgt voor alle onderlinge verbindingen.
3. 2D en 3D op UNIX gebaseerde werkstations, tien HyperPACS werkstations gebaseerd op WindowsNT en twee werkstations, eveneens gebaseerd op WindowsNT, voor het uitvoeren van kalkscores.
4. Het eigenlijke archief, bestaande uit de HyperARCHIVER hard- en software.

De acquisitieapparatuur

De meeste nieuwe acquisitieapparatuur gebruikt het DICOM-protocol voor het uitvoeren en inlezen van gegevens. Door het gebruik van deze standaard kunnen nieuwe apparaten zeer eenvoudig worden toegevoegd binnen de PACS-omgeving, ongeacht van welke fabrikant ze afkomstig zijn. Ook oudere apparatuur krijgt steeds vaker een uitbreiding; hierdoor ontstaat de mogelijkheid om DICOM-data te verzenden naar het netwerk. Een uitvoeriger bespreking van de acquisitieapparatuur valt buiten de strekking van dit artikel; wij volstaan met de opmerking dat het compatibel maken van hardware met het DICOM-protocol steeds verder is doorgevoerd hetgeen tot gevolg heeft dat steeds meer scanners kunnen worden geïntegreerd binnen het PACS.

Een belangrijk punt om hier te noemen is dat het toevoegen en vernieuwen van acquisitieapparatuur grote gevolgen kan hebben voor de benodigde opslagcapaciteit. Deze

effecten worden geïllustreerd door de grafieken van figuur 2. In figuur 2a zien we een duidelijke toename in het aantal afbeeldingen op het moment van ingebruikneming van Volume Zoom CT, en tevens na het veranderen van het protocol voor deze machine. Invoering van bijvoorbeeld digitale angiografie heeft een minder groot effect op het gebied van het aantal afbeeldingen, maar aangezien de reconstructiematrix voor deze afbeeldingen op 1024x1024 ligt in plaats van op 512x512 zoals gebruikelijk bij bijvoorbeeld CT, zal dit toch van invloed zijn op de benodigde opslagcapaciteit.

De netwerkimplementatie

De netwerkhardware bestaat uit een zogenaamde folded backbone. Dit houdt in dat alle stations die aangesloten zijn op de netwerkkast onderling met elkaar in verbinding zijn via een intern netwerk in de kast. Dit interne netwerk heeft een zeer hoge bandbreedte (9 GB per seconde), en er kunnen dus meerdere communicatielijnen tegelijkertijd open zijn zonder dat die met elkaar interfereren. Alle werkstations en modaliteiten zijn aangesloten via een eigen (dedicated) kabel in een sterstructuur (zie figuur 3). Buiten de netwerkverbinding met het archiefsysteem zijn alle verbindingen via standaard Fast Ethernet. De netwerkverbinding met het archiefsysteem zelf wordt gerealiseerd door een optische-glasfiberverbinding, hetgeen zorgt voor een snellere verbinding.

De werkstations

Voor het diagnostische werk zijn de tien HyperPACS stations het belangrijkste. Hiervan staan er acht bij de radiologen zelf op het bureau en twee zijn geplaatst in de centrale beoordelingskamer tussen de traditionele lichtkasten. Deze stations bevatten software die ook van Rogan afkomstig is, hetgeen zorgt voor een optimale 'samenwerking' met het archief. Deze optimale samenwerking is mogelijk doordat de software een directe toegang tot de database van het archief heeft zonder gebruik te maken van de DICOM-standaard. Natuurlijk is het ook mogelijk om wel via DICOM zoekacties in de archiefdatabase te doen, waardoor het mogelijk is om ieder willekeurig beekijkstation te integreren binnen het netwerk, mits het aan de DICOM-standaard voldoet.

Voor het uitvoeren van zowel wetenschappelijk onderzoek als diagnostiek zijn ook een aantal andere werkstations verbonden met het netwerk. De UNIX-werkstations worden diagnostisch en wetenschappelijk gebruikt voor het evalueren van gegevens met diverse rendering-technieken en voor het uitvoeren van metingen. De reden dat bij deze machines voor UNIX wordt gekozen is deels omdat veel fabrikanten van medische scanners alleen op UNIX gebaseerde werkstations aanbieden, en deels omdat het noodzakelijk is voor een hoge kwaliteit 3D-rendering met goede rendersnelheid een snelle grafische UNIX-machine te gebruiken. Bij de EBT zijn ook nog twee PC's aanwezig waarop software is geïnstalleerd voor het meten van de hoeveelheid kalk in het hart. Alle hier genoemde werkstations zijn standaard uitgerust met de mogelijkheid om DICOM'-data te ontvangen, en enkele ervan zijn tevens in staat om DICOM-data te verzenden en zo de resultaten van de uitgevoerde bewerking in het archief te bewaren (zie figuur 4). Elk station is in een sterconfiguratie, met een eigen netwerkkabel verbonden met het archief, waardoor een optimale communicatiesnelheid wordt gegarandeerd.

Het archiefsysteem

Het archiefsysteem is het hart van het systeem. Het bestaat uit de eigenlijke HyperArchiver, met daaronder het RAID-5-systeem en de DVD-jukebox.

Via een fiberkabel met een hoge bandbreedte staat het eigenlijke archiefstation in verbinding met het netwerk. Dit archief bestaat uit een WindowsNT-machine met de

HyperPACS-software die zorgt voor al het image-management. Het gehele archief wordt gezien als een DICOM-knooppunt dat voor alle op het netwerk aangesloten stations bereikbaar is. Het image-management bestaat uit het opslaan van binnenkomende data en het ophalen en verzenden van data die worden opgevraagd door een van de aan het netwerk gekoppelde stations.

Het opslaan van de data gebeurt in eerste instantie op een RAID-5-systeem. Dit is een grote kast vol met harde schijven waarop de data met een zekere redundantie worden opgeslagen. Door de manier van opslaan is het mogelijk om defecte harde schijven te vervangen zonder het systeem buiten werking te stellen; tevens worden de op de defecte harde schijf aanwezige data automatisch hersteld.

Uit de grafieken van de binnen onze afdeling opgeslagen afbeeldingen over de afgelopen jaren (zie figuur 2) kunnen we zien dat het aantal afbeeldingen stijgt door nieuwe ontwikkelingen van scanners (verbeteringen en digitalisering) en wijzigingen in de wijze waarop een onderzoek wordt verricht (standaard opslaan van axiale, coronale en sagittale coupes van de Volume Zoom CT). Om te kunnen blijven voldoen aan het EOL-concept zal de opslagcapaciteit van de RAID-5 in dezelfde mate mee moeten groeien. Door het gebruik van een RAID-5-systeem en specifieke EOL-software is dit vrij eenvoudig, omdat er kan worden uitgebreid door het vervangen van harde schijven zonder dat het systeem off-line hoeft te gaan. Tevens kan er op deze manier worden geprofiteerd van de vooruitgang in de techniek: ieder jaar komen er harde schijven op de markt met een grotere capaciteit, en dit geeft ons de mogelijkheid om de omvang van de RAID mee te laten groeien met de productiecapaciteit.

Alle gegevens die binnenkomen worden niet alleen weggeschreven op het RAID-5-systeem, maar ook op een DVD. Hiervoor wordt het archief voorzien van een on-line DVD-jukebox. Deze jukebox bevat maximaal 620 DVD's en heeft een totale opslagcapaciteit van 3,38 TB zonder compressie (ongeveer 10 TB met compressie) en twee leeseenheden. Bij de berekening van deze 10 TB is uitgegaan van 4,7 GB DVD-schijven. In de nabije toekomst is verdubbeling of zelfs verviervoudiging mogelijk door gebruik van schijven met een mogelijkheid tot het schrijven op beide zijden en/of op twee lagen per zijde. Dit resulteert dan in een opslagcapaciteit van zo'n 20 tot 40 TB aan data met compressie. Om dit te kunnen bereiken dient er slechts een stukje hardware aan de jukebox te worden toegevoegd die DVD's om kan keren, waarna deze DVD's direct kunnen worden gebruikt. Tevens kunnen er meerdere jukeboxes parallel worden geschakeld, waardoor de opslagcapaciteit verder kan worden vergroot. De ophaalsnelheid van de afbeeldingen wordt bij ophalen van een DVD echter wel een stuk langzamer dan bij ophalen vanaf de RAID-5. Als we echter uitgaan van het EOL-concept waarbij alle gegevens op de RAID-5 staan en dus de DVD alleen als een on-line back-upapparaat wordt gebruikt, dan is deze vertraging geen probleem, aangezien alleen in uiterste noodgevallen en bij het opvragen van zeer oude onderzoeken de gegevens hoeven te worden teruggehaald van de DVD's.

CONCLUSIES

Zoals hierboven aangetoond is het PACS zoals geïmplementeerd op onze afdeling een systeem dat optimaal is geconfigureerd voor het gebruik in een radiologische omgeving. Het is een systeem dat voldoet aan de eis van de radioloog om een patiëntonderzoek van zowel vandaag als van jaren geleden zo snel mogelijk (binnen een aantal seconden) te kunnen achterhalen en te beoordelen. De bediening is eenvoudig en transparant door het gebruik van standaard apparatuur en programmatuur en door het feit dat de radioloog zich niet druk hoeft te maken over welke gegevens waar zijn opgeslagen: alle gegevens zijn altijd beschikbaar. Tevens is het systeem schaalbaar om de groeiende gegevensstroom te kunnen verwerken en kan het in fases worden

opgewaarderd met betrekking tot opslagcapaciteit en snelheid. Een laatste voordeel is dat het gebruikmaakt van standaard uit voorraad leverbare producten die gebaseerd zijn op een grote markt en daardoor zeer kosteneffectief zijn en gemakkelijk in onderhoud.

Tot slot willen we de lezer nog twee uitspraken meegeven die volgens ons de basis moeten zijn voor implementatie van een PACS op een radiologieafdeling: 'Alles on-line en binnen een seconde beschikbaar op iedere werkplek', en 'PACS gaat niet om het snel opslaan, maar het snel ophalen van data'.

TERMINOLOGIE

DICOM = Digital Image COmmunication in Medicine. DICOM is een protocol dat over de gehele wereld is geaccepteerd en dat bepaalde richtlijnen geeft voor het opslaan van medische beeldinformatie.

DVD = Digital Versatile Disk. Een DVD heeft hetzelfde doorsnede en dikte als een 'gewone' CD, maar door verbeterde technologie kunnen er meer gegevens op het schijfje worden geschreven. DVD biedt bovendien de mogelijkheid tot een variant waarbij op twee lagen kan worden geschreven en op twee zijden van de schijf. Het beschrijven van de tweede laag kan direct, maar voor het beschrijven van de andere zijde wordt de DVD omgedraaid.

Jukebox. In principe werkt dit systeem hetzelfde als een traditionele muziekjukebox. De jukebox bevat een groot aantal (DVD-)schijven die door een robot naar een diskette-eenheid kunnen worden getransporteerd om deze schijf te lezen of te schrijven. Iedere jukebox kan één of meerdere diskette-eenheden bevatten, maar het toevoegen van extra eenheden gaat ten koste van het aantal schijven dat in de jukebox kan worden opgeslagen.

PACS = Picture Archiving and Communications System. Een PACS-systeem is een computersysteem waarbij de gegevens verkregen van een scan van een patiënt op een centrale database of meerdere decentrale databases worden opgeslagen en waarbij het mogelijk is om deze gegevens weer op te vragen voor beoordeling op een workstation.

RAID = Redundant Arrays of Inexpensive Disks. De basisgedachte van een RAID is het combineren van meerdere goedkope schijven in een opstelling die een grotere prestatie, grootte, en betrouwbaarheid kan bereiken dan een enkele dure schijf. Deze opstelling van disks lijkt voor de aansturende computer een grote schijf. Door het redundant opslaan van gegevens wordt de fouttolerantie van het systeem vergroot. Tevens wordt het mogelijk om de schijvendusdanig in te richten dat bij een defect de schijf kan worden vervangen terwijl het systeem zonder onderbreking blijft draaien en de gegevens automatisch worden hersteld. Tot nu toe bestaan er vijf RAID-architecturen (RAID-1 tot en met RAID-5) die alle fouttolerantie bieden, met elk hun eigenschappen en prestaties. Van deze types is de RAID-5 de beste keus voor multi-user-omgevingen.

RIS = Radiologisch Informatie Systeem. Een computersysteem dat vergelijkbaar is met het ZIS. In het RIS bevinden zich echter enkel de gegevens van de radiologische onderzoeken en verslagen.

ZIS = Ziekenhuis Informatie Systeem. Het computersysteem waarbinnen alle gegevens van de patiënt met betrekking tot verslagen en persoonsgegevens worden bewaard.

ONDERSCHRIFTEN ILLUSTRATIES:

Figuur 1. In deze figuur geeft het bovenste schema de oude situatie aan. In deze situatie is er een kleine kortetermijnopslag op een RAID-5 en een grote langetermijnopslag op CD-R. Alleen de gegevens op de kortetermijnopslag zijn snel benaderbaar; gegevens die ouder zijn dan een paar

maanden moeten vanaf het langetermijnarchief worden opgehaald, hetgeen aanzienlijk langzamer is. Voor het versnellen van dit proces is ingewikkelde software noodzakelijk. - In het onderste schema wordt de nieuwe situatie geschetst. Hier wordt in principe de grootte van de kortetermijnopslag aangepast aan de hoeveelheid gegevens; zodoende bevat de kortetermijnopslag nu alle beschikbare gegevens. Nu is alles dus snel benaderbaar; de langetermijnopslag op DVD-R wordt nu alleen nog gebruikt voor on-line back-up en slechts sporadisch benaderd.

Figuur 2. Grafiek a toont het aantal afbeeldingen dat per maand wordt opgeslagen in ons archief. De introductie en aanpassing van acquisitieapparatuur kan grote gevolgen hebben. Belangrijke gegevens zijn hierbij: januari 1998 – DICOM-conversie angiokamer; mei 1999 – DICOM-conversie echoapparaat; juni 1999 – introductie Volume Zoom CT; oktober 1999 – introductie standaardopslag coronale en sagittale reconstructies van de Volume Zoom CT. Op dit moment loopt het aantal plaatjes dat wordt opgeslagen tegen de 200.000 per maand. Grafiek b laat het aantal opgeslagen afbeeldingen cumulatief over de afgelopen jaren zien, oplopend tot een totaal van bijna 4,5 miljoen afbeeldingen.

Figuur 3. In dit schema zien we de HyperBOOSTER (met Folded backbone) centraal in het netwerk. Aan deze HyperBOOSTER zijn het archiefsysteem en ook de werkstations en scanners gekoppeld. Het netwerk is opgebouwd in een sterstructuur, waardoor ieder apparaat zijn eigen 'dedicated' verbinding met de HyperBOOSTER heeft.

Figuur 4. Een voorbeeld van een patiënt zoals opgeslagen op het PACS-systeem. De afbeelding is een screenshot in een configuratie die daadwerkelijk kan worden gebruikt. Linksboven en linksonder 3D-reconstructies die zijn opgeslagen vanaf een 3D-werkstation; rechtsonder een axiale coupe van de betreffende Volume Zoom CT-opnamen, en rechtsboven een MPR-reconstructie die ook standaard wordt opgeslagen op het PACS na de acquisitie.

Ir. P.M.A. van Ooijen
Medisch Informaticus Beeldverwerking
Academisch Ziekenhuis Rotterdam/Daniel den Hoed Kliniek

A.H.H. Bongaerts
Radioloog
Academisch Ziekenhuis Rotterdam/Daniel den Hoed Kliniek

Dr. M. Oudkerk
Hoofd afdeling Radiologie
Academisch Ziekenhuis Rotterdam/Daniel den Hoed Kliniek

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.