

Ard den Heeten, Henk Venema

Flatpanel-buckytechnologie

Enige overwegingen die bij de aanschaf van belang zouden kunnen zijn

Inleiding

Bij digitalisering van röntgenafdelingen komt op enig moment de vraag aan de orde: gaan we op zogenaamde 'direct radiography'-systemen (DR) over? We zullen hiervoor verder de benaming 'flatpanel'-systemen gebruiken; dit om verwarring te voorkomen met de directe en indirecte systemen, die in het navolgende aan de orde zullen komen.

Al geruime tijd worden op röntgenafdelingen zogenaamde CR-systemen (computed radiography, fosforsystemen) gebruikt. Het meest belangrijke verschil tussen flatpanels en CR is dat er bij de laatste – i.t.t. flatpanel – sprake is van losse cassetteverwerking. Verder kan worden gesteld dat, wat scherpheid en dosisefficiëntie betreft, de flatpanelsystemen in het algemeen een hogere kwaliteit hebben dan fosforcassettes. Het is evenwel de vraag of dit alléén een doorslaggevend argument is om zonder meer op flatpanelsystemen over te gaan. Juist nu er in vele ziekenhuizen grote investeringen moeten worden gedaan op het gebied van digitalisering van röntgenafdelingen, is het van belang om niet alleen te letten op beeldkwaliteit, maar ook op het punt van efficiëntie goed na te denken over investeringen in digitale buckykamers.

De introductie van flatpanels is minder snel gegaan dan velen een paar jaar geleden hadden verwacht. Dit wordt mede veroorzaakt door de vrij hoge prijzen van flatpanels in vergelijking met conventionele systemen, maar ook door productieproblemen van een aantal belangrijke marktleaders. Zo werd reeds op de RSNA in 1999 een systeem gelanceerd dat nu pas binnen een acceptabele tijd kan worden geleverd.

Bij de beoordeling op geschiktheid van de verschillende systemen moet een aantal elementen goed uit elkaar worden gehouden. De digitale detector is evenals zovele zaken binnen de radiologie onderdeel van een keten. Beeldkwaliteit is een belangrijk element, maar zaken zoals de manier waarop men de beelden kan bekijken (softcopy versus hardcopy reading) en de administratieve afhandeling van de beelden zijn eveneens belangrijk. Een bijzonder element is de gebruikersvriendelijkheid van de systemen. De nogal zware flatpanels moeten 'arbotechnisch' in orde zijn.

Technische achtergrond van flatpaneldetectoren

In principe bestaan er twee soorten digitale detectoren:

1. Het *indirecte* systeem, waarbij er in feite sprake is van een gedigitaliseerde film/schermcombinatie. Hierbij wordt het licht uit een luminescentiescherm m.b.v. een array van digitale detectoren gedetecteerd en verder verwerkt.
2. De zogenaamde *directe* systemen. Hierbij veroorzaken binnentredende röntgenstralen in een vaste stof lokaal een elektrische lading die kan worden gemeten door een matrix van elektroden. Dit signaal wordt vervolgens gedigitaliseerd doorgegeven aan de computer.

In de literatuur alsook in de productinformatie van de leveranciers wordt nogal eens gesproken over flatpaneldetectoren van amorf silicium. Dit is onvolledig en bovendien verwarrend, omdat vele leveranciers van dit materiaal gebruikmaken. Het komt geregeld voor dat men de technische informatie volledig moet doorspitten voordat men de exacte samenstelling ontdekt.

De gedigitaliseerde film/schermcombinaties (indirecte systemen)

Bij deze systemen wordt gebruikgemaakt van dezelfde luminescerende stoffen die bij film/schermcombinaties en beeldversterkers worden gebruikt. Als eerste voorbeeld noemen we systemen met een scherm van gadoliniumoxysulfide (GOS). De manier waarop het ontstane licht wordt gemeten en verwerkt kan evenwel verschillen per merk en per systeem (*Tabel I*). Zo zijn er systemen die gebruikmaken van een combinatie van zogenaamde CCD-chips. Deze lichtgevoelige chips zetten licht om in lading op een manier die vergelijkbaar is met een digitale consumentencamera. De verkregen signalen worden, meestal na enige bewerking, omgezet naar een

digitaal beeld. Een andere manier om het licht uit de luminescerende laag naar een elektrisch signaal om te zetten, is door middel van een matrix van fotodiodes (van amorf silicium) in combinatie met TFT's (thin film transistors). De fotodiodes zetten het licht om in lading; de lading wordt gemeten met de TFT's. Na uitlezing van de TFT's wordt het signaal weer omgezet in een digitaal beeld. Het aantal elementen van de CCD- of de fotodiode/TFT-matrix bepaalt de hoeveelheid pixels.

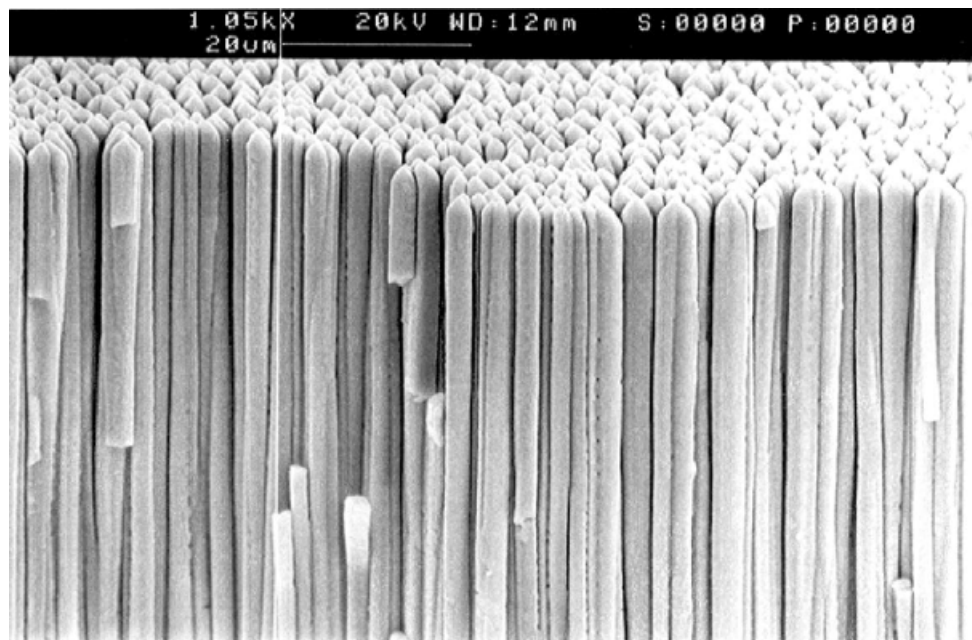
Tabel 1

Voorbeelden van flatpanels

. Detector	GOS	GOS	CsI	Se
. Foton Effect	Licht	Licht.	Licht	Electr.
. Integrator	4 CCD's	Am. Si TFT	Am. Si TFT	Am. Si TFT
. Merk	Swissray	Canon	Philips Siemens GE	Toshiba, Kodak, Hologic

De bovenbeschreven systemen zijn qua luminescerende laag dus gebaseerd op GOS. Een ander indirect systeem maakt gebruik van een laag van cesiumjodide (CsI). Dit materiaal heeft een naaldvormige kristalstructuur (Figuur 1). Dit heeft als voordeel dat er minder lichtverstrooiing plaatsvindt dan in GOS; hierdoor kan een dikkere laag gebruikt worden, wat de dosisefficiency ten goede komt. Bij gebruik van een even dikke laag is de scherpte beter. Verder is het principe van het systeem niet anders; dat wil zeggen: lichtverwerking via een fotodiode (amorf silicium) en TFT.

Figuur 2



Directe systemen

De directe systemen zijn principieel anders. Het betreft hier in feite een vaste-stofionisatiekamer, waarbij meestal gebruik wordt gemaakt van amorf selenium. Bij absorptie van een röntgenfoton

ontstaat er geen licht, maar een aantal elektronenparen. Bij een dergelijk systeem is voor de intrede van het röntgenfoton een spanningsverschil tussen de voor- en achterkant aangebracht. De elektronenparen worden naar de oppervlakte van de seleniumlaag getrokken. Hierdoor ontstaat er geen afbeelding in licht, maar een afbeelding in lokale ladingsverschillen. Deze informatie wordt ook weer door middel van TFT-transistoren omgezet in een beeld. Door de geringe zijdelingse verplaatsing van de elektronenparen op weg naar de oppervlakte van de seleniumlaag hebben deze systemen in principe een hogere spatiale resolutie dan de indirecte systemen.

Beeldkwaliteit

De spatiale resolutie van de verschillende systemen kan nogal verschillen. Wat de hierboven genoemde systemen betreft is de intrinsieke scherpte van de GOS-systemen het kleinst, van de CsI-systemen groter, en van de directe seleniumsystemen het grootst. Hierbij is het goed om zich te realiseren dat bij digitale systemen de scherpte binnen bepaalde grenzen kan worden vergroot; dit gaat echter wel gepaard met toename van de ruis. Een dergelijke vergroting van de scherpte heeft daarom alleen zin als het systeem betrekkelijk weinig ruis vertoont; dit is in het algemeen zo wanneer relatief veel van de invallende straling wordt geabsorbeerd.

Verder wordt de maximale scherpte natuurlijk bepaald door de pixelgrootte. Deze varieert van 200 micron per pixel (bijv. bij angiografie) tot 50 micron of nog minder bij mammografiesystemen. Van groot belang is ook het aantal bits waarin de gemeten intensiteit van de röntgenstraling in elke pixel wordt gedigitaliseerd. Bij de eerste digitale systemen werden 8 bits gebruikt; de meeste huidige systemen gebruiken 14 bits. Een dataset van 8 bits heeft maximaal 256 grijswaarden; bij 14 bits zijn dit maximaal ruim 16.000 grijswaarden. Dit lijkt heel erg veel, maar met name voor de visuele perceptie in het gebied van de lagere intensiteiten is dit van belang. Daarnaast speelt ook het dynamisch bereik van het systeem een rol. Dit is de verhouding tussen de maximale en minimale intensiteit die nog weergegeven kan worden. Hoe groter het dynamisch bereik des te beter, omdat dan nog met zeer kleine (en zeer grote) intensiteiten een bruikbare opname kan worden gemaakt.

Bij thans commercieel verkrijgbare mammografiesystemen, waarbij een hoge spatiale resolutie moet worden gecombineerd met een acceptabele dosis, wordt zowel gebruikgemaakt van cesiumjodide (GE) als van amorf selenium (Lorad).

Stralingshygiënische aspecten

Een belangrijke maat voor onderlinge vergelijking van systemen is de detective quantum efficiency (DQE). In algemene zin gesteld is dit een maat voor de efficiency waarmee het systeem de fotonen gebruikt. Zo zal een optimaal systeem 60-70% van de invallende fotonen gebruiken, terwijl een minder goed systeem soms niet boven de 20% uitkomt. In het algemeen hebben flatpanelsystemen een grotere DQE dan fosforplaatssystemen. Of de potentiële stralingsreductie in de praktijk ook wordt gerealiseerd is evenwel sterk afhankelijk van het beleid van de afdeling in dezen.

DICOM

Elke aanschaf zou op dit moment moeten zijn vergezeld van een verklaring dat de geleverde apparatuur probleemloos in een filmloze en papierloze afdeling kan functioneren. Dat is iets anders dan het bekende 'DICOM-compatible'. Sommige firma's noemen hun apparatuur DICOM-compatible, terwijl na levering blijkt dat bijv. de DICOM-printfunctie ontbreekt. Een aantal DICOM-niveaus dient te worden uitgezocht, zoals bijv. 'send', 'store', 'print' en 'worklist'. Maar misschien is het verstandiger op dit punt een op functionaliteit gedefinieerd contract te maken. Hierbij dienen aspecten als printen (en waarvandaan geprint moet kunnen worden), opslagmogelijkheden en dergelijke te worden gedefinieerd.

Voor afdelingen die filmloos willen gaan werken kan het een overweging zijn om direct vanaf het flatpanel detectorsysteem CD's te kunnen branden. PC's staan in een ziekenhuis overal, en er zijn in het buitenland ziekenhuizen die hun hele filmroutine hebben vervangen door een CD-routine. Hiermee innen zij de filmwinst alvast in afwachting van een PACS-systeem. In Nederland zal zo iets niet snel gebeuren, maar voor een noodscenario is de mogelijkheid om foto's vanaf de modaliteit te kunnen branden veel goedkoper dan het handhaven van een printerfaciliteit in het geval van een PACS-storing.

Workflow en productiviteit

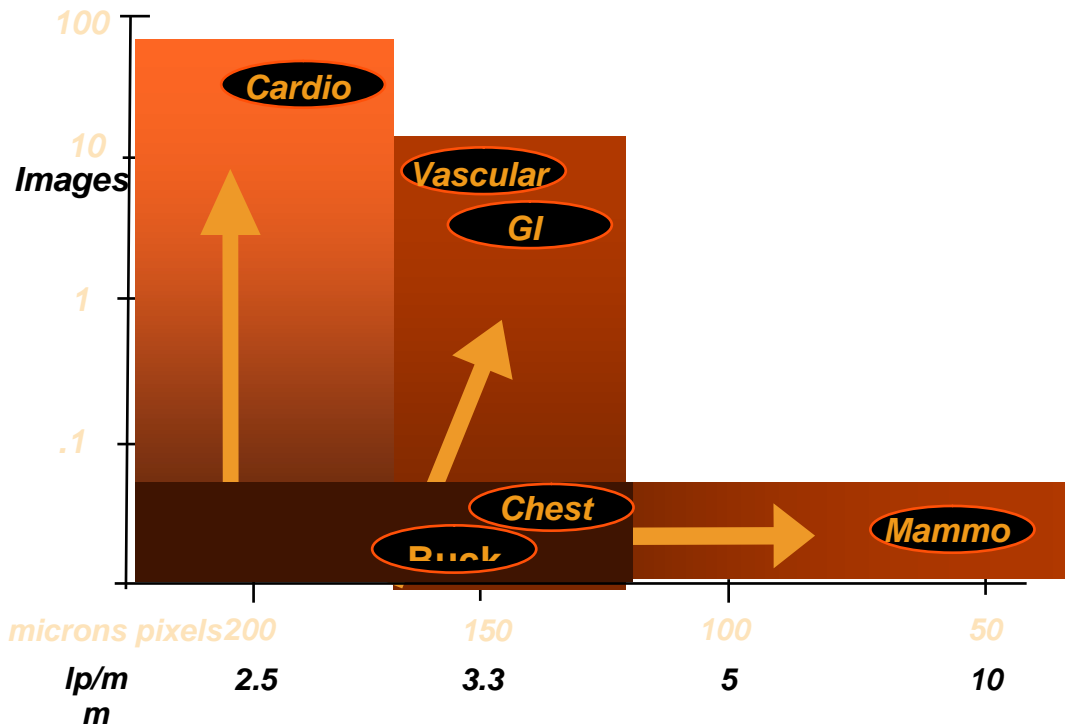
Het is duidelijk dat gebruik van CR en flatpanel de workflow en productiviteit van een ziekenhuis verbetert. De mate hiervan is uiteraard afhankelijk van de uitgangssituatie. In de literatuur zijn weinig echt harde gegevens voorhanden. Enkele algemene zaken zijn misschien in dit kader nuttig om te noemen, waarbij er vooral naar de gehele keten moet worden gekeken. Een flatpanel met een onhandige gebruikersinterface kan bijv. de tijdswinst ten opzichte van CR al snel tenietdoen. Vele laboranten zullen het ontbreken van cassettehandelingen aantrekkelijk vinden. Filmhandelingen bedragen ongeveer 40% van het buckywerk, cassettehandeling daarentegen maximaal 10% (*Tabel I*). De productiewinst bij overgang van CR naar flatpanel is wel aanwezig, maar veel minder spectaculair dan men misschien zou verwachten. Er zijn studies bekend waarbij de productiewinst (patiënten per uur) voor flatpanels ongeveer 10% bleek te zijn. De winst ten opzichte van film kan veel groter zijn (20-30%), maar zoals eerder gesteld is dit sterk afhankelijk van de uitgangssituatie. Een algemeen geldend groot voordeel van de flatpanel is de vrijwel directe beschikbaarheid van het geproduceerde beeld. Een vuistregel is dat het vooral in hoog-volumekamers kosteneffectief is om een volledig flatpanelsysteem neer te zetten. Amerikaanse cijfers spreken hier over kamers met 200 onderzoeken per dag, maar die getallen betreffen thoraxkamers. Een laatste overweging die naar onze mening bij de aanschaf van een flatpanelsysteem van belang kan zijn is het al of niet beschikbaar zijn van een losse flatpanel voor bijzondere projecties die niet met een vaste tafel- of wandbuckey kunnen worden gerealiseerd. De potentiële winst verdwijnt immers snel als de laboranten vaak een losse cassette moeten nemen voor een aanvullende opname. Ook dit is evenwel sterk afhankelijk van de lokale behoeftes en manier van werken.

Conclusie

De ontwikkeling van dit gebied is nog niet afgerond (*Figuur 2*). We kunnen zeker nog niet stellen dat flatpaneltechnologie de CR snel volledig zal gaan vervangen. Bovendien zitten CR-fabrikanten ook niet stil en zijn er uit die hoek (gezien de researchprogramma's die er lopen) ook weer innovaties te verwachten. Op dit moment zijn er een aantal aantrekkelijke flatpanelsystemen op de markt die vooral een plaats hebben op werkplekken waar hoge volumina worden gehaald. Of de potentiële efficiëntieverbetering ook daadwerkelijk wordt bereikt is sterk afhankelijk van de organisatie en de manier van werken.

Figuur 2

Flat panel detectoren technologie evolutie



De belangrijkste aspecten naar onze ervaring:

- Ga vooral af op wat er uiteindelijk op het (werk)beeldscherm verschijnt.
- Kan de laborant een redelijke idee krijgen van hoe het beeld dat hij of zij heeft vervaardigd er bij u uit zal zien (hoe goed is het laborantenscherm?).
- Hoe groot is de lokale opslag, en kunnen er lokaal CD's worden gebrand?
- Vaar niet alleen op spatiale resolutie, maar ook op dynamisch bereik en DQE.
- Zijn de beelden 'look alike' met flatpanel- of CR-beelden van andere kamers?
- Zijn alle DICOM-elementen aanwezig om binnen een filmloze en papierloze afdeling te functioneren?
- Hoe is het bedieningsgemak voor laboranten?
- Staat de investering in verhouding tot de patiënten-throughput van die kamer?
- Bespaart u een CR-systeem?
- Hoe robuust is het systeem, en welke waarborgen bieden de onderhoudscontracten?

Prof.dr. G.J. den Heeten, radioloog
Dr. H.W. Venema, fysicus
AMC Amsterdam

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.