

DR/F System Retrofit

박 용 우
씨텍 메디칼 기술영업부

1. DR/F 시스템의 개요

..... 일반적으로 사용되는 Digital Radiography & Fluoroscopy(DR/F)는 인체를 투과한 X-선을 영상증배관을 통하여 가시광선으로 변환시킨 후 영상을 디지털 카메라로 보내고, 이곳에서 획득한 영상정보를 디지털 기술을 이용, 다양한 편집 및 가공을 거쳐 최종 고해상도 모니터로 디스플레이하여 눈에 보이는 영상으로 만드는 방법으로 디지털 카메라 및 디지털 영상처리에 기초한 디지털 방사선 촬영술이라고도 한다.

DR/F 촬영술은 즉각적인 영상 표시와 진단이 가능하기 때문에 즉시성이 요구되는 심장이나 두복부 등의 순환기 분야에서 DSA(Digital Subtraction Angiography) 장비로 이용되고 있고, 순환기 뿐만 아니라 위를 중심으로한 소화관의 촬영 분야에서도 적용 가능하다.

기능으로서는 투시, 촬영 그리고 Digital Angiography(DSA) 세가지 기능을 가지는데, 투시모드의 경우에는 X-선량(평균 50 μ R)을 적게 하여 운동상태의 기능적인 판정이나 촬영을 위한 보조 수단, 즉 촬영부위, 체위, 조영상태, 카테터 선단의 삽입 상태 등의 관찰에 이용하는 투시영상을 얻는다. 촬영모드에서는 짧은 시간(최소30ms)내 고X-선량(100 μ R/S)을 노출시켜 진단성이 우수한 촬영영상을 고정밀 CRT 모니터에 표시하여 정밀 진단 및 판독하기 위해 이용하는 촬영상을 얻는다. 이 촬영상은 Hard copy필름에 기록하거나 on-line으로 PACS에 접속이 가능하다. 촬영 모드에서는 짧은 시간 강한 X-선이 조사되기 때문에 X-선

표 1. 기존의 아날로그 방식과 디지털 방사선 촬영술의 차이점

구분	아날로그 방식 (필름방식)	디지털 X-선 촬영방식
촬영방식	X-선촬영→카세트이용→필름현상 →필름정리→관독→필름창고보관	X-선촬영 → 관독
피폭선량	직접 촬영방식으로 방사선노출 및 피폭	기존 피폭 대비 50%이상 감소
비용	필름, 현상액, 정착액의 구입 및 폐수 처리 등으로 인한 비용발생.	소모품이 필요 없음
환경오염	필름 현상시 정착액, 현상액 사용으로 인한 폐수의 발생	현상기 미 사용으로 인한 폐수발생이 없어 근무환경이 개선
편의성	촬영후 1-2일 정도 관독결과를 기다려야 하는 환자의 불편	촬영 즉시 관독
사후관리	재원환자의 필름을 일일이 찾아야 하는 불편함과 필름분실에 따른 환자의 재촬영	HDD에 영상보관, 언제든지 환자영상의 확인 가능
원격진료	불가능	전화선 및 ISDN을 통한 외부 원격진료 가능

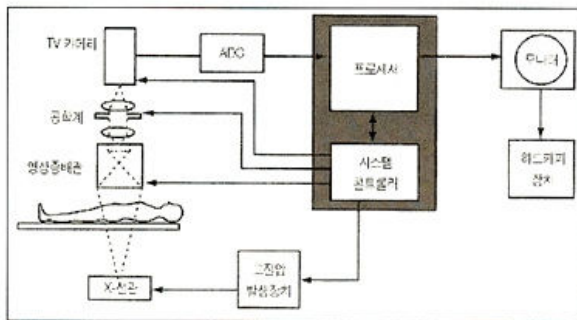


그림 1. Digital Radiography & Fluoroscopy 장치의 기본구성

관의 Anode rotor up과 카메라 촬상관의 입사광량이 과잉되지 않도록 자동 광학조리개와 필터의 조정이 필요하다. 카메라에 의해 획득된 영상은 즉시 영상획득장치(Image grabber)로 보내지고, 영상처리 소프트웨어에 의해 다양한 편집 및 가공을 거쳐 최종 고해상도 디스플레이 모니터에 표시된다.

그림 1은 DR/F 시스템의 구성도를 간단히 나타내고 있다.

이 DR/F 시스템의 구성요소는 Image Intensifier Tube, Image Distributor, Digital CCD Camera System, Acquisition Workstation System, Display Monitor, DICOM 3.0 Interface 그리고 Unit 장비의 Integration Interface이다.

2. DR/F Retrofit Package의 구성

DR/F Retrofit package는 기존의 시스템에 덧붙여서 촬영 영상 및 기능을 향상시키는 부분을 이며, 의료 기기쪽에서는 특히 기존의 R/F conventional 장비를 디지털 시스템으로 바꾸는 것을 의미한다. 그러므로 DR/F retrofit package의 시장에서의 중요한 기술적인 면은 기존의 장비와 최대한 호환성을 유지하는 것이다.

DR/F 장비에서 가장 중요한 것은 시스템이 최적화된 영상을 얻기 위해 X-선 발생장치를 제어하는 Auto-radiography & fluoroscopy 기능이다. Auto-radiography 기능을 구현하기 위해서는 영상증배관 입력 전단부에서 Ionization-Chamber나 광섬유 센서, Semi-contactor X-ray detector등을 이용하거나, 영상증배관의 출력 윈도우에서 나오는 빛의 양을 감지하는 센서인 PM Tube를 이용하기도 한다. 각각의 sensor 출력 신호에 따라 X-ray generator는 고전압을 조절하여 출력 X-선량을 조절하게 된다. 이 신호의 범위는 X-ray generator 마다 다르기 때문에, retrofit package를 설치, 조정할 때 이 부분을 주의하여 맞추어 주어야 한다.

이와 함께 카메라에서는 영상의 밝기 정보를 B-signal에 담아 interface 부분에 전달하게 되는데, 이를 이용하여 Auto-



그림 2. DR/F 장비를 이용한 검사 장면

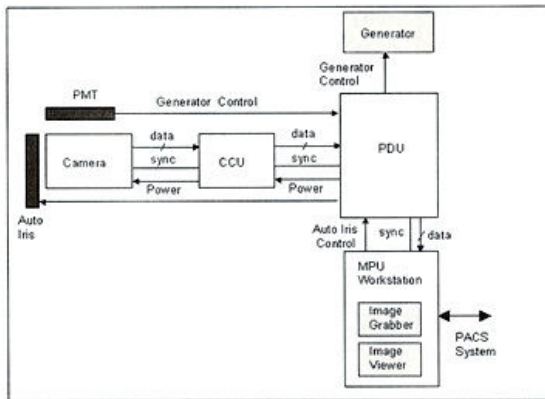


그림 3. DR/F Retrofit Package 구성도

fluoroscopy(ABC)시 generator의 고전압을 제어한다. 또한 환자투시와 촬영시 촬영 부위와 물체의 두께가 정해지면 Iris에 붙어 있는 모터를 제어하여 적절한 광량이 되도록 iris를 조정한다. 조리개를 통한 입사광량이 초과될 경우 ND(neutral density) filter를 추가 사용하여 입사광량을 조정한다.

여기에서 핵심이 되는 것은 X-ray generator와 카메라 및 조리개를 인터페이스하는 부분으로 각각의 기능은 촬영 모드 시 동시에 연동하여 기능을 수행하여야 한다.

이 package의 기본을 이루는 것은 CMT사의 "SmartSpot RF" 제품으로 기본 특징은 아래와 같다.

표 2. SITEC에서 공급하고 있는 DR/F package의 specification

Spec #	Spec Item
C-1	1024 × 1024 pixel resolution
C-2	12-bit digitization depth
C-3	Data digitization at camera's end for improved Signal to Noise Ratio
C-4	Computerized TV camera iris control
C-5	Comprehensive Fluoroscopy Acquisition Package
C-6	Fluoroscopy Loop Acquisition
C-7	Simultaneous acquisition and processing
C-8	PCI- based Workstation
C-9	Windows- Based Mouse-Driven User Interface
C-10	Automatic windowing, storage and filming
C-11	Radiography acquisition rate of up to 7.5 frames per second
C-12	Real-time disk
C-13	Anatomically programmed protocols
C-14	User-selectable gamma corrections
C-15	Off-line image subtraction
C-16	Full Compliance with DICOM 3.0 Standard

1) CCD 카메라

DR/F Package에 사용된 카메라의 사양은 아래와 같다.

- Sensor : CCD Frame Transfer
- Resolution : 1024 * 1024 , Progressive and interlace scan
- Dynamic range : 1000 :1
- Digitization depth : 12bit
- Antiblooming : greater than x100
- Frame rates : Up to 30 fps in progressive mode
- Up to 60 fps in interlaced mode
- Sampling rate : 40MHz
- Lens with computer controlled iris
- Automatic gain control (AGC)

이는 기존의 카메라 기능에 전동 제어되는 조리개, ND 필터 그리고 Automatic gain control(AGC or ABC) 부분이 더해진 카메라이다.

그림 5는 II Tube에 카메라가 조립되는 부분을 보여주고



그림 4. CMT에서 만든 DR/F용 CCD 카메라

있다. II tube의 20-25mm Image output window에서 1st 대물렌즈(60-120mm)가 붙어있고, 이 영상을 거울을 이용하여 직각으로 꺾어 영상을 보게 되는데, 이 중간에 Prism을 두어서 II tube output window에서의 빛을 PM Tube가 감지하여 전기적 신호로 바꾸고 이를 X-ray generator와 연동하게 된다.

(1) 전동제어 조리개(Iris)

Iris를 조정하는 모터의 2개의 신호는 Interface part에 연결되어 투시/촬영 부위와 두께에 따라서 적절하게 iris를 열고 닫게 제어된다. 신호는 iris를 제어하는 모터의 사양에 의해서 결정된다.

(2) Automatic gain(Brightness) control

최적의 영상을 얻기 위해 항상 적정 X-선량이 요구되며 이의 획득을 위해 영상전체의 평균 밝기 신호값을 출력하여 generator를 제어하며, 밝기 신호값의 규격은 generator와 interface 연동 부분에 의해서 결정된다.

2) 렌즈 시스템

현재 광학계에 사용되는 렌즈는 독일의 Rodenstock사 제품을 사용하고 있고, 프리즘은 국내에서 outsourcing하고 있다. 현재 국내 설치된 R/F 장비에서는 대부분 9인치 II Tube가 주류를 이루고 있으며, II tube 영상출력부 image window 크기는 대부분 ϕ 20mm 이고, 일부 9인치 및 12인치 이상 영상

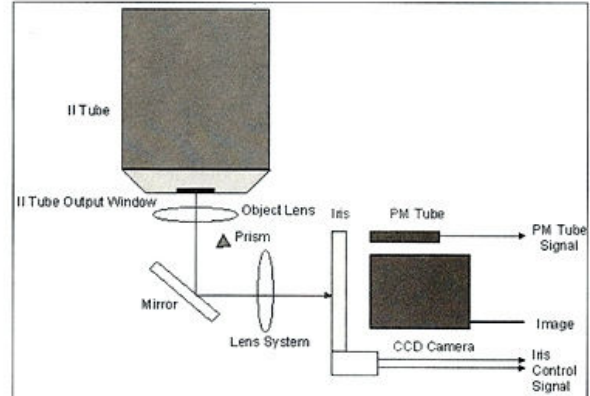


그림 5. DR/F 시스템의 인터페이스

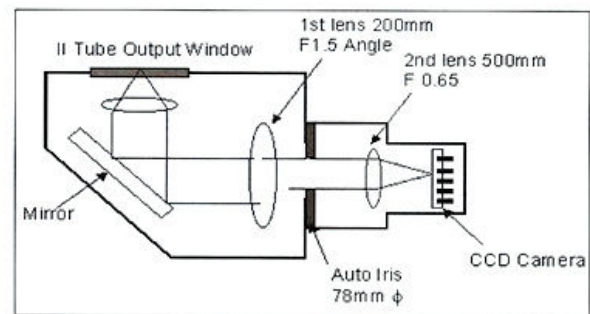


그림 6. DR/F 시스템의 광학계

증배관에서는 ϕ 25mm 이다.

광학계의 구성은 그림 6과 같다.

영상증배관 출력부에 맺혀진 20mm 혹은 25mm의 영상은 60mm에서 120mm의 대물렌즈(collimating lens)를 통하여 광배분기를 이용하여 90도로 꺾어 1차 렌즈에서는 130mm?의 대구경 렌즈를, 2차 렌즈로서는 F 0.65의 밝은 렌즈를 사용하여 투시조건 하에서의 미약광을 빼먹지 않고 집광함과 함께 촬영 조건 하에서도 고해상도를 달성하고 있다. 전체 광학계의 전장을 짧게 하여 기존의 투시 촬영 장비에 손쉽게 대응할 수 있도록 1차 렌즈계를 직각 방향으로 설치할 수도 있으나, 이때 수직 방향으로 광학계의 크기는 15cm 정도로 DR/F 장비의 테이블이 자유 자재로 tilting (+90/-90) 할 수 있게 하는 한계 길이이다.

그림 7은 광학계 각 구성요소들의 MTF(Modulation Transfer Function) 특성을 나타낸 것으로서, 전체 광학계의 MTF특성(X-TV 카메라)은 II tube의 MTF 특성(X-선 II)에 많이 좌우됨을 알 수 있다.

3) Photo-multiplier Tube

PM Tube는 Auto-radiography 및 fluoroscopy기능 제어에 사용되는 것으로서 회사에 따라 PM tube, fiberoptic sensor, ionization chamber를 사용하는데 SITEC에서는 Auto-radiography 기능시에 PM tube를 이용하며, Hamamatsu Photonics 제품을 사용하고 있다.

일반적으로 PM tube를 사용하기 위해서는 고전압(1000V)이 필요한데, 보통의 R/F 장비의 경우 Auto-Radiography

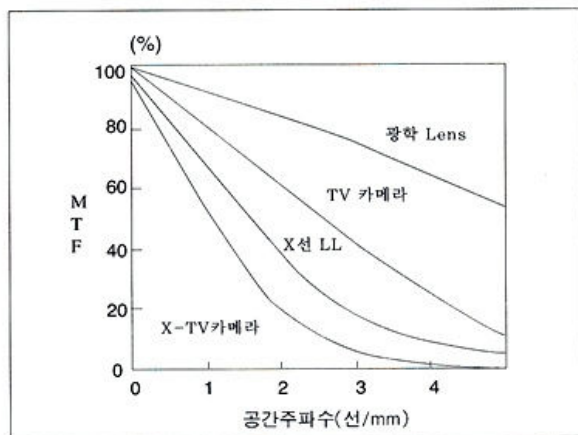


그림 7. DR/F 광학계를 이루는 각 구성품들의 MTF 특성

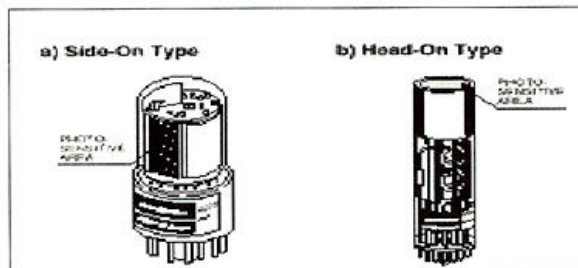


그림 8. PM Tube의 외형

fluoroscopy 기능을 위해 이미 PMT를 사용하고 있기 때문에 고전압 전원장치를 같이 사용하면 된다. 현재 일부장치에서는 Photo diode를 사용하기도 한다.

4) Image Grabber

카메라에 의해 잡혀진 투시/촬영 영상을 모니터에 display 하고 capture 하기 위하여 Image capture board 가 필요하며, 안정성 및 빠른 image capture 기능을 필요로 한다.

5) 영상처리 소프트웨어

(1) Patient review

User-selectable images (studies/series) may be transfer-red to other applications for review / processing.

(2) Window / level

Continuously variable window limits of the displayed image. The operator may program six preset windows.

(3) Window polarity inversion

Positive/negative polarity inversion

(4) Image inversion

Enable rotation of the image by 90,180, or 270 deg. Horizontal and Vertical reverses are available as well.

(5) Electronic zoom values of 1.2, 1.5, 2.3 and 4.



그림 9. Image grabber board

표 3. DR/F package 중 image grabber board의 specification

대항목	소항목	특징
Video Inputs	4 Video Inputs	0.5 V _{pp} ~ 2V _{pp} , 75 Ω termination or open-loop, 12bit gain, 12bit BW level
	RGB Input	3-pass
	Sync Source	Composite sync on any analog channel
	Bandwidth	150MHz @ 1.0 Vpp input
	Horizontal Frequency	Up to 105KHz
	External Clock	1.0 Vpp ~ 5.0 Vpp, up to 150MHz
Video Format	RS-170, RS-343, RS-330, CCIR, non-standard video signals	
Imaging Quality	S/N Ratio	59dB @ 50 MHz
	Linearity	Better than 1%
	Gain and Offset Stability	1%
	Pixel Jitter	±0.5ns
	Synchronization Time	Less than 250 ms
Programmable Characteristics	Horizontal Resolution	Up to 4,096 total pixel clocks per line
	Horizontal Resolution	Up to 4,096 total lines
	Horizontal Capture Delay	12 bit register with resolution of 1 pixel
	Vertical Capture Delay	12 bit register with resolution of 1 line
Acquisition Characteristics	A/D Conversion	10 bits per pixel: no missing codes
	Capture Method	Single pass up to 75 MHz; dual pass up to 150 MHz
Memory Characteristics	Control Registers	Memory mapped: PCI Plug 'n' Play
	Storage Memory 4 Megapixels	Data Transfer Speed PCI bus master: bursts up to 132 MB/sec: 45 MB/sec sustained
Software	Supports up to 4 boards per system Windows 98, Windows 95, Windows NT 4.0 Auto-SYNC automatic configuration software and example programs are included with each HI*DEF Accura. The IDEA Software Developer's Kit can be purchased separately. Drivers for Image-Pro Plus, Optimas, and TWAIN are available.	

Interactive zoom, with magnification factor of up to X4.

(6) Magnifying glass

Zoom of X2 in a user-selectable Region of interest.

(7) Alpha numeric-text annotation

User-selectable text can be superimposed anywhere in the image. Text may be moved / removed within the image.

(8) Graphic aids

Including are arrows, lines and Rols. Distance measurement is also available.

(9) General image filtration (up to 7x7 kernel).

72 preset edge filters (II size dependent) as well as pressersmooth filters are available.

(10) Cine loops with user-controllable display rates

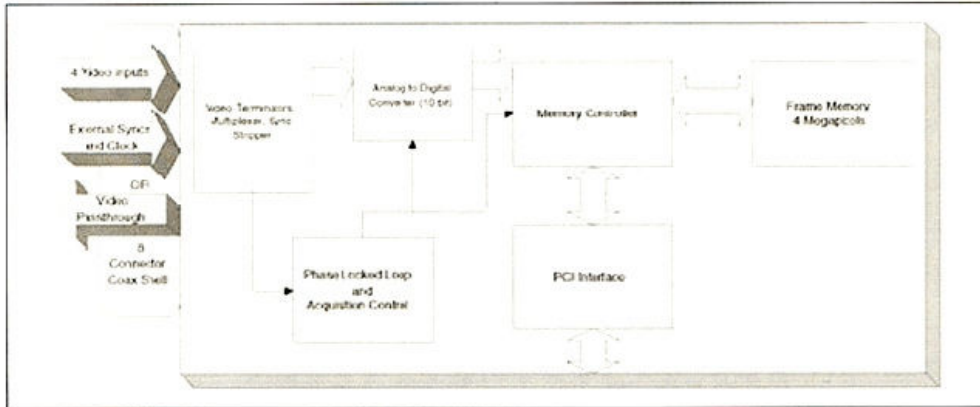


그림 10. Image grabber board의 functional block diagram

(11) Electronic shutter

Data outside the image's active area is blackened, thus increasing image conspicuity.

Determination of the active area is performed either automatically or under user's control.

(12) Gamma collections

Different gamma correction curves (user-selectable) are available for the in-room monitor, The workstation monitor and the laser imager.

(13) Multiformat display

Formats of 2,4,6,9,12 and 20 images within a single frame.

(14) Image editing Copy, Duplicate, Cut,Paste, Swap, Delete

(15) Automatic of all post processing operations is also available.

Images are transferred to the printer in the background, thus Enabling the performance of further acquisition/ processing tasks.

(16) Optimized imaging parameters

Several imaging parameters are automatically set by the system.

According to the acquisition technique/anatomical program.

Selected by the operator.

(17) Options (Angiography package)

① Real-time subtraction (DSA)

- The mask image is subtracted on-line from all acquired images.
- Real-time subtracted images are displayed during sequence acquisition.

② Road-mapping

- Two-phases protocol for accurate placement of catheters during Fluoroscopic angiography procedures.
- During the first phase, a mask image is generated on-line from the fluoroscopic Images using a minimum intensity projection algorithm.
- During phase II of the protocol, the mask is subtracted on-line from all incoming Averaged images.

③ Pixel shifting

- The operator can modify the relative position between the mask and contrast images.
- Shifting resolution are 1/8,1/4,1/2 and 1 pixel.

- Pixel shifting may be performed Manually or automatically.
- ④ DSA with maximum/minimum pixel opacification.
 - An optimum DSA image is obtained using maximum or minimum Intensity projection algorithm.
- ⑤ Group Mask / Group Subtraction
 - Optimized mask and contrast images are obtained using averaging techniques.
 - Images are integrated with a 16-bit accuracy.
- ⑥ Land marking
 - Mask with variable weighing factor is created and subtracted from all selected Images this enabling the display of the background anatomy.

6) 디스플레이 모니터 (Video standard)

- (1) Display format : 1024 lines of 1280 pixels, Landscape
- (2) Aspect ratio : 5 :4
- (3) Terminatin impedance : 75 ohm
- (4) Pixel rate : 114MHz.
- (5) Horizontal timeing : Scan frequency - 66,114 KHz
- (6) Vertical timeing : Refresh rate - 59,97 Hz

7) DICOM 인터페이스

- (1) Dicom 3.0 storage service class
- (2) Dicom 3.0 printer service class
- (3) Dicom 3.0 modality Work-list service class