

논문 95-4-4-09

## 1차원 MWPC를 이용한 디지털 X-선 사진촬영장치의 개발

박정병\*, 문명국\*, 구성모\*\*, 조진호\*\*, 김도성\*\*\*, 강희동\*

Development of Digital Radiography System Using  
by an One Dimensional MWPCJung-Byung Park\*, Myung-Kook Moon\*, Sung-Mo Goo\*\*, Jin-Ho Cho\*\*,  
Do-Sung Kim\*\*\*, Hee-Dong Kang\*

## 요 약

1차원 MWPC(Multiwire Proportional Chamber)를 이용한 디지털 X-선 사진촬영장치를 개발하였다. X-선의 입사위치 정보는 각각의 양극선에 증폭기, 판별기 및 계수기를 연결하여 얻는다. 각각의 판별기에는 판별전압을 독립적으로 설정하여 검출기의 계수율 균일성을 향상시켰으며 미분형비선형값은  $\pm 4\%$ 이었다. 노화효과를 방지하기 위하여 기체유입형으로 제작하였으며 검출기체로는 비교적 값싼 P10기체를 사용하였다. 양극선 간격이 2mm일때 검출기체의 압력을 증가시킴으로써 위치분해능이 약 1.4mm인 우수한 특성을 얻었다. 피사체를 수직방향으로 스캐닝하여  $32 \times 32$ 화소의 영상을 얻었다.

## Abstract

We have developed the digital radiography system applied by the one dimensional multiwire proportional chamber. X-ray position signals were obtained from anode wires which were connected to counters through amplifiers and discriminators. The chamber was made of gas flow type and detector gas was P10. The threshold voltage which gives to the discriminator is independent on the neighboring channels. This improved the uniformity of the detector. Then the differential nonlinearity is  $\pm 4\%$ . Increasing the gas pressure, the spatial resolution is about 1.4-mm at which the pitch of the anode wire is 2-mm. The object is scanned in vertical direction to take an image. The number of pixels in the image is  $32 \times 32$ .

## 1. 서 론

- 
- \* 경북대학교 물리학과  
(Dept. of Physics, Kyungpook National University)
- \*\* 경북대학교 전자공학과  
(Dept. of Electronics, Kyungpook National University)
- \*\*\* 대구대학교 물리교육학과  
(Dept. of Physics Education, Taegu University)
- <접수일자 : 1995년 6월 8일>
- \* 본 연구는 센서기술연구소 연구비 지원에 의한 것임. 또 일부 1994년도 교육부 기초과학연구 조성비(BSRI-94-2403)에 의해 수행됨

최근 의료영상의 전산화 추세에 따라 X-선 영상을 디지털화하기 위한 연구가 진행 중이다. 디지털영상을 얻는 방법으로서 X-선필름을 스캐너로 디지털화 하는 방법과 image plate를 이용하고 이를 판독기를 통하여 디지털화 하는 방법 등이 사용되고 있다. 그러나 이러한 방법은 X-선의 강도분포를 나타내는 적분형의 영상을 다시 디지털화 하여야 하므로 영상의 실시간 재현이 불가능하고, 영상의 동적범위(dynamic range)가 좁으며 명암(contrast)이 높지 못한 단점이 있다<sup>(1)</sup>. 따라서 실시간 영상재현이 가능하고 계수형의 X-선 위치센

서를 개발하기 위하여 많은 연구가 진행되고 있다.

Charpak 등에<sup>[2]</sup> 의해 고안된 다중선비례계수관(MWPC-Multiwire Proportional Chamber)을 이용한 X-선 위치센서는 고에너지 물리학분야에서 입자의 비적(trajjectory)을 검출하는 수단으로 최초 이용되었으며, 그후 진단의학, 고체물리학, 천체물리학, 생물학, 유전공학 등 다양한 분야에서 방사선 이미징센서로 응용하기 위해 연구가 활발하게 진행되고 있다<sup>[3]</sup>. MWPC를 이용하여 2차원 X-선 영상을 얻는 방법으로는 cone beam의 X-선을 조사하여 X-선 영상을 직접 얻는 2차원 MWPC를 이용하는 방법과 1차원 MWPC와 스캐닝장치를 이용하여 영상을 얻는 방법이 있다.

2차원 MWPC는 지연선(delay line)을 통과한 신호의 시간차를 구하여 X-선의 입사 위치를 얻는다. 이 방법은 X-선의 위치분해능은 좋으나 음극선에 부착된 지연선에 의한 총 지연시간이 회로의 불감시간으로 작용하므로 계수율이 저하된다. 한편, 1차원 MWPC에서 양극선을 위치검출전극으로 하고 각각의 양극선에 증폭기, 판별기 및 계수기를 연결한 병렬판독법으로 할 경우, MWPC는 독립적으로 작동하는 비례계수관의 1차원적 배열과 같은 역할을 하게 되므로 고 계수능(count rate capability)을 가진다. 또한 양극선의 길이 방향과 X-선의 입사방향을 동일한 방향으로 배치할 경우 양극선의 길이를 길게 하여 검출효율을 증가시킬 수 있다. 이러한 고 계수능과 고 효율을 가진 1차원 MWPC와 스캐닝 장치를 이용하면, 인체를 피사체로 한 X-선 사진촬영이 가능하며 기존의 X-선 필름방법에 비해 1/100정도의 적은 X-선 조사선량으로도 영상을 얻은 것으로 보고되고 있다<sup>[4]</sup>. 그러나 이 경우에는 신호처리장치의 부피가 크져 비용이 증가하고 양극선의 직경, 양극선간의 간격 및 양극선과 음극선 간의 간격의 불균일에 의한 기체증폭율이 변화되어 전체 양극선에서 얻어지는 계수값의 균일성이 저하된다. 또한 기체형 검출기는 노화효과(aging effect)로 인한 수명이 단축되므로 이에 대한 개선이 요구되어진다.

본 연구에서는 위와 같은 점들을 고려하여 1차원 MWPC와 병렬판독법을 이용한 디지털 X-선 사진촬영장치를 개발하기 위하여, 양극선 간격이 2mm이고 32개의 양극선으로 구성된 1차원 MWPC와 신호처리부를 설계 및 제작하고 그 특성을 조사하였다. 1차원 MWPC는 노화효과를 최소화하기 위하여 기체유입형(gas flow type)으로 제작하여 검출기체는 비교적 저가 격인 P10(Ar90%+CH<sub>4</sub>10%)을 사용하였다. 균일성을 향

상시키기 위하여 각각의 판별기에 인가되는 판별전압을 독립적으로 제어되도록하였다. 이와같은 1차원 MWPC와 스캐닝장치를 이용하여 32×32화소의 X-선 디지털 영상을 얻었다.

## II. 실험 장치

### 1. X-선 사진촬영장치의 구성

X-선 사진촬영장치는 그림 1과 같이 X-선 발생장치, 1차원 MWPC, 신호검출부, 개인용 컴퓨터, 스캐닝장치 등으로 구성하였다. 부채살 형태의 X-선은 피사체를 통과한 후 1차원 MWPC에 입사하게 되고 이것에 의하여 1차원적인 강도분포가 측정된다. 영상구현을 위하여 MWPC와 X-선 발생장치를 동일 평면상에서 움직이는 것이 바람직하지만 장치의 간소화를 위하여 피사체를 움직이는 방법으로 하였다. 수직방향의 스캐닝 간격은 위치신호를 획득하는 양극선 간의 간격에 해당하는 2mm로 하였으며 X-선의 입사위치정보는 각각의 양극선에 증폭기, 판별기 및 계수기를 연결하는 병렬판독법으로 얻어지며 양극선 신호검출전극의 갯수는 총 32개이다. 그리고 X-선관의 초점에서 피사체까지의 거리는 1.0m로 하였고 MWPC의 양극선까지의 거리는 1.2m로 하였다.

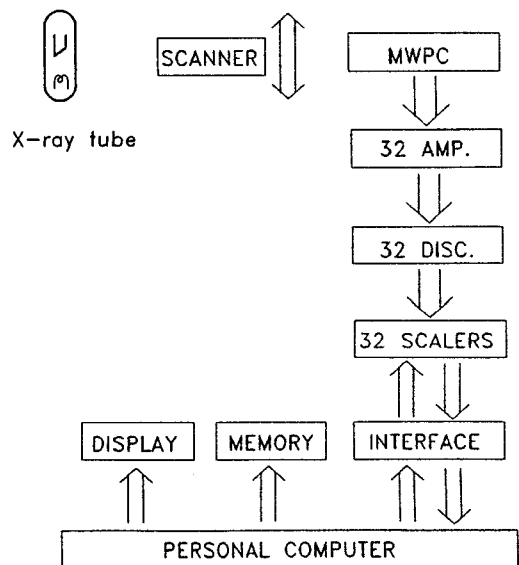


그림 1. 디지털 X-선 사진촬영장치의 구성도

Fig. 1. The schematic diagram of digital radiography system

2. 1차원 MWPC의 설계 및 제작

1차원 MWPC는 디지털 X-선 사진촬영장치의 핵심부분인 X-선 위치센서의 역할을 하며, 다수의 비례계수관이 배열된 것과 같은 기체형 방사선 검출기이다. 본 실험에서 제작한 MWPC의 구조는 그림 2와 같으며 입사 X-선과 검출기체와의 상호작용에 의해 발생한 광전자 및 Auger전자는 양극선 부근의 강한 전기장에 의하여 전자사태를 일으키고, 이러한 기체증폭현상에 의하여 발생된 전자와 이온들에 의해 양극선에 미소신호가 발생된다. X-선의 위치정보는 양극선으로부터 얻으며 X-선의 검출효율을 좋게 하기 위하여 X-선의 입사방향과 양극선을 동일한 방향으로 하고 검출깊이를 50mm로 하였다. 또한 시차효과(parallax effect)에 의한 위치분해능의 저하를 해결하기 위하여, Baru등이 사용한 방법인<sup>[5]</sup>, X-선관에서 방사되는 X-선의 비적과 양극선이 일치하도록 양극선을 부채살 모양으로 배치하였고, 부채살의 초점은 X-선관의 초점에 일치하도록 제작하였다. 입사 X-선은 fan beam으로 폭 1mm인 MWPC의 입사창으로 입사케 되어 있으며 입사창은 두께 0.3mm인 알루미늄으로 되어있다. 양극선이 배열된 양극선평면은 인쇄회로기판(PCB)에 패턴을 설계 제작하여 총 32개의 양극선을 간격 2mm로 하여 납땜으로 부착하여 만들어졌다. 검출기의 작동시에 양극선에는 고전압이 인가되어 정전기력에 의한 척력이 작용하므로 선의 휘어짐을 방지하기 위해서, 선의 장력을 약 0.65N 유지한 상태로 양극선을 부착하였으며 금 도금된 직경 20 $\mu$ m인 텅스텐선을 사용하였다. 그리고 음극선은 양극선평면을 중심으로 상, 하에 양극선의 배열방향과 직교되게 배치하였고, 총 52개의 음극선을 간격 1mm로 하여 장력이 약 1.47N이 유지된 상태로 부착하였으며 재질은 양극선과 동일하며 직경 50 $\mu$ m이다. 양극선 평면과 음극선 평면간의 간격은 4mm이며, X-선이 입사하는 위치는 위측 음극선과 표류전극 중심이며 그 간격은 8mm로 하였다<sup>[6]</sup>. 이상의 검출기의 기하학적 구조인자를 요약하면 표 1과 같다.

의료진단용 X-선의 에너지는 약 30-80keV이므로 검출효율을 고려하면 검출기체로서 Xe이 적절하지만 가격이 매우 고가이다. 또한 기체형검출기는 노화효과로 인하여 수명을 가지고 있어 검출기를 밀폐형이 아닌 기체유입형으로 제작하고 향후 실제 응용성을 위하여 가격이 저렴한 P10 기체를 사용하였다. 기체의 입력과 출력을 위하여 chamber하단에는 직경 1/4인치인

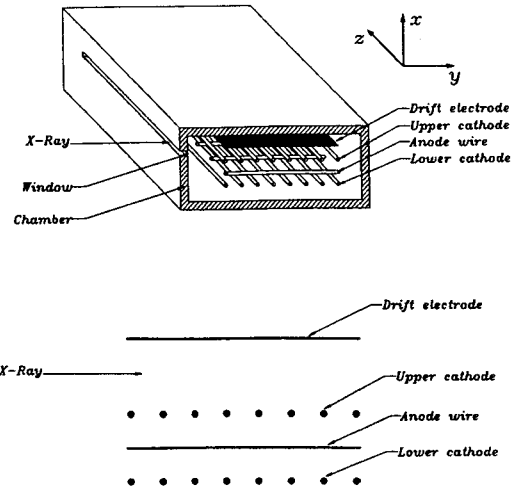


그림 2. 제작된 MWPC의 구조  
Fig. 2. The structure of the Multiwire Proportional Chamber fabricated

표 1. 제작된 MWPC의 기하학적 인자  
Table 1. Geometrical parameters of the MWPC fabricated

parameters	value
anode wire diameter	20 $\mu$ m
anode wire length	50mm
anode wire step	2mm
cathode wire diameter	50 $\mu$ m
cathode wire step	1mm
number of anode wires	32
number of cathode wires	52
distance btw. anode and cathode	4mm
distance btw. drift electrode and cathode	8mm

스테인레스 파이프를 두개 설치하였다. 기체입력부에는 레귤레이터를 이용하여 일정한 압력으로 chamber내에 기체가 입력되도록 하였고 출력부에는 니들밸브를 이용하여 미량의 기체가 배기되도록 하였다. 또한 X-선원은 X-선관의 최대전압 42kV, 최대전류 1mA, Mo target인(half wave rectification) X-선 발생장치에서 발생하는 것을 사용하였다.

3. 위치신호 검출회로

(1) 증폭기 및 판별기

MWPC에서 발생된 신호의 크기는 일반적으로 약 5-20 mV정도로 미약하다. 이러한 신호는 저 잡음으로 증폭되어야 하며, 이는 잡음(noise)과 신호를 판별하는 판별기를 통하여 논리신호(TTL)로 변환되어진다. 본 연구에서는 각 channel마다 증폭기 및 판별기를 연결하여 신호를 처리하는 병렬판독법으로 위치를 결정하므로 신호검출부의 부피 및 비용이 증가하는 단점이 있다. 또한 각 채널의 신호검출부의 특성이 전 장치의 균일성에 영향을 주므로 위치신호검출부의 제작이 매우 중요하다. 이러한 점을 고려하여 증폭기와 판별기를 가능한 한 간단하고 잡음을 최대한 줄일수 있도록 설계하였으며 회로는 그림 3과 같이 구성되었다. 이러한 단위회로가 8개씩 배열된 증폭기, 판별기 카드를 설계 및 제작하였다. 증폭기는 높은 입력임피던스와 저 입력 바이어스 전류, 넓은 주파수 대역특성을 가지며 비교적 구입이 용이한 LF357을 선택하여 회로를 구성하였으며 이때 이득은 약  $10^3$ , S/N비는 약 40dB정도였으며 판별기는 비교적 고속에 속하는 LM311을 사용하였다.

양극선 간의 간격, 양극선과 음극선간의 간격, 양극선의 직경및 증폭기 이득의 불균일 등으로 인하여 증폭기 후단의 신호의 크기는 일정하지 않다. 따라서 모든 채널의 판별전압을 동일하게 인가할 경우 영상의 불균일 현상이 나타나게 된다. 본 실험에서는 이점을 고려하여 각각의 판별기에 가변저항을 이용하여 각 채널마다 판별전압을 독립적으로 제어가능하도록 설계 제작하였다. 총 32 channel에 대한 신호처리를 위하여 8채널용 증폭기, 판별기 카드를 4장 제작하여 실험에 사용하였다.

(2) 계수기 및 입출력(I/O)회로

각각의 채널에서 발생된 신호를 계수하기 위하여 계수기(74LS590)를 각각의 채널에 연결하였고 디지털

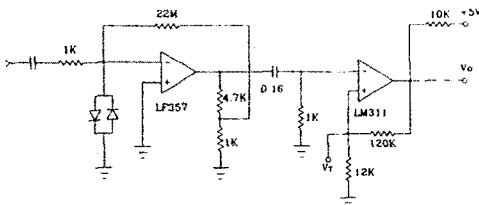


그림 3. 증폭기 및 판별기의 회로도  
Fig. 3. The circuit of the amplifier and discriminator.

multiplexer회로를 이용하여 레지스터에 기억된 값을 순차적으로 1채널씩 컴퓨터로 읽어 들이도록 하였다. 계수기의 최대계수능력은 65536이고 신호검출전극의 갯수와 동일한 32개로 구성되어 있다. 계수기의 저장된 값을 PC로 입력시키기 위하여 그림 4와 같이 I/O보드를 설계 제작하였으며 I/O용 IC는 8255를 사용하였다. 계수된 데이터의 입력용으로 16개의 핀과 출력용으로 8개의 핀을 사용하였으며 이 출력핀들은 계수기 제어에 3개(clear 신호 1개, clock 신호 2개)의 핀, inverter 제어에 1개 및 multiplexer 제어에 4개가 사용된다. 검출기의 계수능력과 scanning시간을 고려하여 컴퓨터에 데이터를 입력시킨 직후에 계수기의 출력 레지스터의 내용을 지움(clear)으로서 다음번 데이터를 받아들일 수 있도록 하였으며, scanning장치의 다음 단계에 정지후 계수가 시작된다. 이러한 순환제어가 총 32회 반복되고 난후 32x32 화소의 영상데이터가 컴퓨터에 저장된다.

III. 결과 및 고찰

1. 기체증폭특성

입사한 X-선과 검출기체와의 상호작용에 의해 발생된 광전자 및 Auger전자와 이들에 의해 발생된 2차 전자들은 양의 고전압이 인가된 양극선부근에서 전자 사태를 발생시키고 이로 인해 양극선에서 미소신호가 발생된다. 이러한 전자사태에 의한 기체증폭특성을 조사하기 위하여 양극선에 전하감응형(charge sensitive) 전치증폭기(ORTEC 142A)와 MCA(multichannel analyzer)를 차례로 연결하여 양극선 전압과 표류전극의 전압변화에

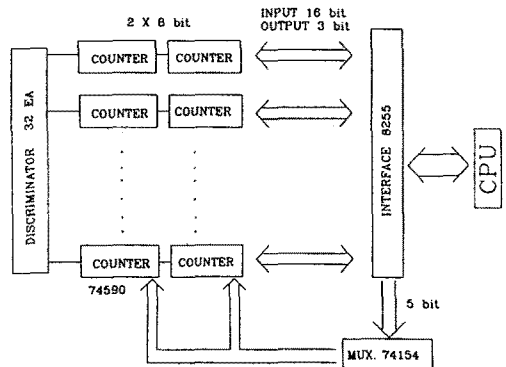


그림 4. 신호의 입출력 제어를 위한 계통도  
Fig. 4. The block diagram of I/O control

대한 펄스의 높이를 측정하였다. 전치증폭기의 출력전압  $V_p$ 와 기체증폭도  $M$ 과의 관계는

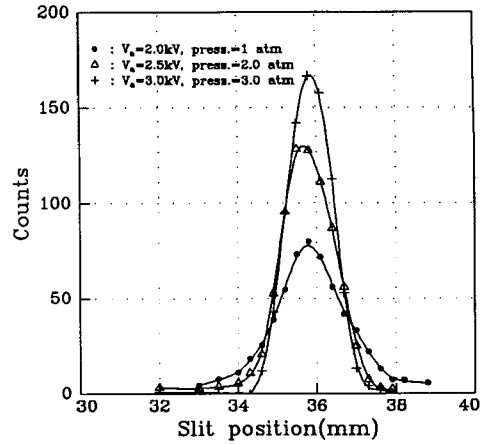
$$M = \frac{W \cdot V_p}{\Delta E \cdot G} \quad (1)$$

로 주어진다<sup>[7]</sup>. 여기서  $W$ 는 Ar기체의 전자 이온쌍(electron ion pair) 하나를 생성하는데 필요한 평균에너지로서 P10기체의 경우는 약 26eV이다.  $\Delta E$ 는 검출기내에서 손실된 X-선의 에너지,  $G$ 는 전치증폭기의 전하이득율로서 사용한 증폭기의 전하이득율은  $0.16 \mu V/e$ 이다. 이것으로부터 양극선 전압2.1kV, 표류전극 전압 2.0kV일때 기체증폭율은 약  $10^1$  정도를 얻었다.

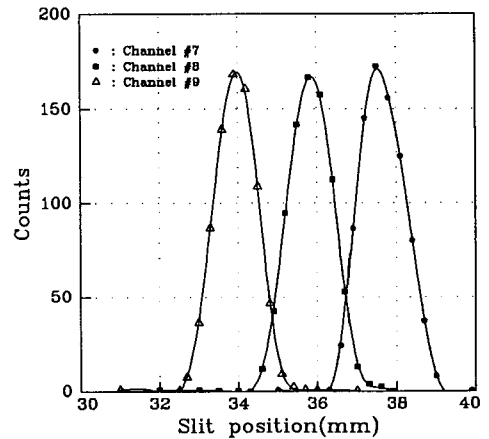
## 2. 위치분해능

각각의 양극선으로 부터 위치정보를 얻는 병렬판독법에서는 양극선 간격이 위치분해능에 매우 큰 영향을 준다. 그러나 어떤 검출기의 결정된 양극선 간격에 대하여 항상 동일한 위치분해능 특성을 가진다고 할 수는 없다. 왜냐하면 입사 X-선에 의하여 발생된 광전자 및 Auger전자 등의 비정(range)이 이웃하는 양극선에 까지 미칠 경우 X-선의 입사위치 부정확성이 발생되기 때문이다. 따라서 이러한 현상이 커질 경우 선명한 X-선 영상을 얻기가 어렵다. 이러한 현상을 개선시키기 위해서 검출기체의 종류 및 압력의 선택이 중요한 요소로 작용한다.

검출기의 위치분해능을 측정하기 위하여, 먼저 양극선의 전압은 기체증폭율에 가장 직접적인 영향을 미치므로 출력신호의 크기를 가능한 한 크게하고 국부적인 방전등으로 인한 검출기의 불안정성이 나타나는 전압보다는 낮도록 정하였다. 위치분해능은 폭 0.1mm인 slit을 양극선의 위치검출 축을 따라 0.3mm 간격으로 움직이면서 특정한 하나의 양극선(channel)에서 검출되는 펄스 수를 계수하여 X-선의 입사위치에 따른 계수값의 분포를 얻었다. 이러한 분포를 채널모양이라 하고 이는 X-선의 입사위치가 신호를 측정하는 양극선에서 벗어나에 따라 그 양극선에 미치는 정도를 나타낸다. 따라서 채널의 모양의 반치폭(FWHM)을 병렬판독법에서 위치분해능이라 하고, 이 때 반치폭이 작을수록 위치분해능이 우수하다는 의미가 된다. 판별전압은 잡음 준위보다는 높고 실 신호를 놓치지 않는 값으로 정하기 위하여, 판별전압 변화에 대한 채널모양을 얻어 계수값과 반치폭을 고려하여 결정하였다.



(a)



(b)

그림 5. (a) 검출기체 압력변화에 대한 채널의 모양  
(b) 세개의 이웃하는 채널에 대한 채널의 모양

Fig. 5. (a) The channel shape as a function of gas pressure

(b) The channel shape for three neighboring channels

검출기체 압력과 위치분해능의 관계를 조사하기 위하여 위에서 설명한 방법과 동일한 방법으로 내부기체의 압력이 각각 1.0, 2.0, 3.0기압일 때 X-선의 입사 위치에 따른 채널모양을 측정하였다. 이때 기체압력변화에 따른 동일한 기체증폭율을 유지하기 위하여 양극선의 인가전압을 변화하였다. 그림 5의 (a)에서 보는 바와 같이 검출기체 압력증가에 따라 반치폭이 감소하

고 계수값이 증가함을 나타내고 있는데, 이것은 입사 X-선이 검출기체에 의해 흡수될 때 발생하는 광전자, Auger전자, 자발방출광자(fluorescence photon)등의 비정(range)이 검출기체 압력의 증가에 따라 짧아지므로 X-선의 입사위치에 대한 요동(fluctuation)이 작아져 위치분해능이 향상됨을 의미한다. 또한 이러한 X-선의 흡수영역의 국소화는 초기 이온화로 인하여 발생한 전자들이 여러개의 양극선에 퍼지지 않고 흡수점에 가까운 양극선에 대부분 신호로서 기여하게 되어 신호의 크기가 증가되고 결국 검출효율도 증가된다고 생각된다. 즉, 검출기체 압력의 증가는 입사 X-선의 흡수율 증가 및 흡수영역의 국소화로 인한 검출효율의 증가와 함께 위치분해능의 증가를 가져오므로 매우 중요한 요소라 생각된다. 그림 5의 (b)는 이웃하는 3개의 채널에 대한 채널의 모양을 조사한 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 채널모양의 반치폭이 작아야 이웃하는 2개의 채널의 중심부근으로 X-선이 입사하여도 양쪽의 채널에 미치는 영향이 작아 적은 량의 X-선에 의해서도 영상의 높은 명암(contrast)을 얻을 수 있다.

본 실험에서는 양극선의 간격과 입사 X-선에 의해 발생한 광전자 등의 비정이 비슷한 값이 되고, 검출기의 안정된 동작을 위하여 검출기체의 압력을 3기압까지 변화시켰으며 위치분해능(FWHM)이 가장 좋은 때는 검출기체 3기압에서 양극선 전압 3kV, 표류전극전압 1.0kV일때 약 1.4mm 이었다.

### 3. 영상의 균일성

X-선 발생장치의 관전압을 39kV로 인가하고 관전류는 1mA로 하여 발생한 X-선을 폭 1mm인 fan beam으로 만들고 1 line에 대한 X-선 조사시간을 0.65초간으로 하였다. 이때 MWPC의 검출기체 압력은 2.5기압, 양극선 전압 2.8kV, 표류전극전압 2.8kV로 하였다. 먼저 검출기 전방에 피사체를 두지 않고 X-선을 조사하여 각각의 채널에서 계수되는 값을 조사하였다. 이때 각각의 판별기에 동일한 판별전압을 인가하였을 경우 각 채널의 계수값에 대한 불균일성은 30% 이상으로 보고되었으나<sup>[8]</sup>, 본연구에서와 같이 각채널의 계수율에 따라 판별전압을 다르게 설정하여 계수율의 균일성을 향상시킬 수 있었다. 그림 6은 총 32채널에 대한 계수값의 균일성을 나타내며 그림에서 보는 바와 같이 미분형비선형성(differential nonlinearity)은 약  $\pm 4\%$ 로 나타남을 알 수 있다.

디지털 X-선 영상을 얻기 위하여 피사체를 물고기로 선택하여 영상데이터를 얻었다. 물고기의 길이가 폭에 비해 약 두 배 정도 길어  $32 \times 32$  영상데이터를 2회에 걸쳐 얻어 전체 물고기에 대한 영상을 얻었다. 영상데이터는 최대계수값과 최소계수값을 구하여 이들의 차를 256으로 하여 선형적으로 변환되었다. 변환된 영상데이터는 크기가 1K byte이며 컴퓨터 모니터에 256계조(grey level)로 표현된다. 그림 7은 피사체를 물고기로 하여 얻은 디지털 영상이며, 부레 등의 X-선의 흡수율이 다른 조직에 대해서는 비교적 잘 나타나고 있음을 보여준다. 그러나 X-선의 입사위치를 감지하는 양극선 간격이 2mm로 다소 넓어 영상의 선예도가 개선되어야 할 점이며, 이는 양극선 간격을 줄임으로써 해결될 것으로 생각된다.

## VI. 결론

X-선 위치센서인 1차원 MWPC를 설계 및 제작하고 이를 이용하여 디지털 X-선 사진촬영장치를 개발하였다. MWPC의 양극선이 위치센서의 역할을 하고 이들의 간격은 2mm이며 시차효과(parallax effect)를 줄이기 위해 X-선관의 초점에서 볼 때 평행하도록 부채살 모양으로 배치하였다. 입사 X-선에 대한 위치정보는 각각의 양극선에 증폭기, 판별기 및 계수기를 각각 별개로

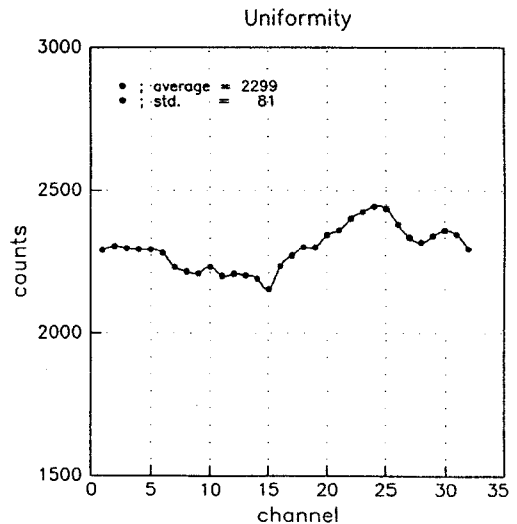


그림 6. 각 채널의 계수값에 대한 균일성

Fig. 6. The uniformity for each channel's count

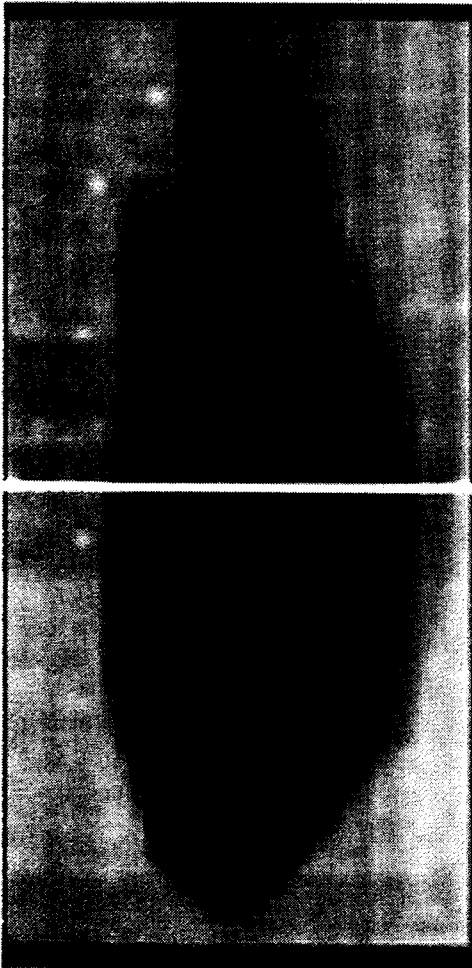


그림 7 물고기에 대한 X-선 디지털 영상  
Fig. 7. X-ray digital images of the fish

연결한 병렬판독법으로 얻어지며 X-선 영상은 스캐닝 장치를 이용하여 구현하였다. 지금까지 보고된 바로는 검출기체를 Xe를 사용하고 밀폐형으로 연구되고 있었으나, 본 연구에서는 검출기의 경제적인 측면과 노화효과를 최소화하기 위하여 P10 기체를 사용하고 기체유입형으로 설계, 제작하였다.

MWPC의 기체증폭율은 검출기체 1기압, 양극선 전압 2.1kV, 표류전극전압 2.0kV에서 약  $10^4$ 이었고, 위치분해능(FWHM)은 검출기체가 증가함에 따라 향상되고 검출기체 3기압에서 1.4mm이었다. 각각의 양극선에 대한 계수율의 균일성을 증가시키기 위해서 각각의 양

극선에 대하여 독립적인 판별전압을 인가하여 검출기의 균일성을 크게 향상시킬 수 있다. 이때 MWPC의 총 32채널에 대한 균일성을 나타내는 미분형 비선형값은 약 4%을 얻었다.

검출기체압력과 위치분해능과의 관계를 조사한 결과 검출기체압력의 증가는 위치분해능의 향상뿐만 아니라 X-선의 흡수율 증가와 흡수영역의 국소화로 인한 검출효율을 증가시킨다는 것을 알 수 있었다. 이로부터 양극선 간의 간격을 줄이고 저가격의 P10기체와 압력을 높여 위치분해능을 향상시킬 수 있고, 기체유입형으로 제작할 경우 Xe기체를 사용한 MWPC를 대체할 수 있을 것이며, 실제 적용가능한 X-선 위치센서의 개발이 가능하다고 판단된다.

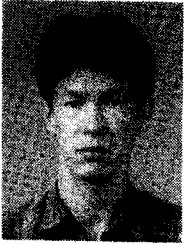
## 참고문헌

- [1] F. Sauli, "Applications of gaseous detectors in astrophysics, medicine and biology", Nucl. Instr. & Meth., A323, pp. 1-11, 1992
- [2] G. Chrapark et al., "The use of multiwire proportional counters to select and localize charged particles", Nucl. Instr. & Meth., 62, pp. 262-268, 1968
- [3] J. E. Bateman, "The application of multiwire proportional counter technology to medical diagnosis and research", Nucl. Sci. Appl., 3, pp.59-75,1988
- [4] E. A. Babichev et al., "Digital radiographic device, based on MWPC with improved spatial resolution", Nucl. Instr. & Meth., A323, pp 49-53, 1992
- [5] S. E. Baru et al., " Multiwire proportional chamber for a digital radiographic installation". Nucl. Instr. & Meth., A283, pp. 431-435, 1989
- [6] 강 회동의, 경북대학교 센서기술연구소 보고서, STRC/RR-0393, 1993
- [7] W. Akande, "A method of evaluation of gas gain in proportional counters", Rev. Sci. Instrum., 63, 4354-4360 1992
- [8] F.Sauli, "Principles of operation of multiwire proportional and drift chambers", CERN Report 77-09, 1977

---

 著 者 紹 介
 

---

**박정병**

1963년 11월 8일생. 1986년 경북대학교 물리학과 졸업(학사). 1990년 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사). 현재 경북대학교 대학원 물리학과 박사과정. 주관심 분야 : 방사선물리, 의용공학.

**문명국**

1968년 6월 14일생. 1994년 경북대학교 물리학과 졸업(학사). 현재 경북대학교 대학원 물리학과 석사과정. 주관심 분야 : 방사선물리, 의용공학.

**구성모**

『센서학회지 제3권 제3호』 논문 94-3-3-05, p.35 참조  
현재 경북대학교 대학원 전자공학과 박사과정. 두원공업전문대학 전파통신과 전임강사.

**조진호**

『센서학회지 제3권 제3호』 논문 94-3-3-05, p.35 참조  
현재 경북대학교 전자공학과 부교수.

**김도성**

『센서학회지 제1권 제1호』 논문 92-07, p.66 참조  
현재 대구대학교 사범대학 물리교육과 부교수.

**강희동**

『센서학회지 제1권 제1호』 논문 92-07, p.66 참조  
현재 경북대학교 물리학과 교수