

광 정보처리를 이용한 바코드 레이저 스캐너 개발연구

(A Study on the Development of Barcode Laser Scanner Using Optical Information Processing)

申 光 容*, 任 鍾 太*, 殷 在 定*, 金 男*, 朴 漢 奎*

(Kwang Yong Shin, Jong Tae Ihm, Jae Jung Eun, Nam Kim and Han Kyu Park)

要 約

POS시스템에서 사용되는 바코드 심볼 판독을 위한 홀로그래프 스캐너를 개발하였다. 제작된 시스템은 주사 광학부, 광 검출부, 비디오 신호 처리부, 그리고 전치 처리기로 구성되어 있으며, 기존의 다면경을 이용한 바코드 스캐너에 비하여 광학부가 간단하고 바코드 판독면에서 향상된 성능을 얻을 수 있었다.

위치가 변화된 바코드 라벨위에 이루어지는 고밀도 스캔 패턴을 모든 방향에서 판독하기 위하여 실시간으로 디코딩을 수행할 수 있는 새로운 로직을 제안하여 하드웨어와 클럭 주파수를 줄임으로써 보다 효율적인 시스템을 구성하였다.

실험 결과, 제작된 시스템은 빠른 처리속도와 기울어진 심볼에 대해서도 좋은 판독율을 나타내었다.

Abstract

A hologram scanner for POS bar code symbol readers has been developed. This system is composed of scanning optics, optical detector, video signal circuitry and preprocessor. In contrast to conventional scanners using polygonal mirrors, which complicate the scanning optics, the hologram scanner developed in this research was made up with simple optics and higher reading performance was achieved. And in order to read a bar code symbol omnidirectionally with high-density scan patterns, the new real time decoding technique was proposed. The advantage of this technique is less hardware and lower clock rate. High speed processing and improved readability for tilted symbol was confirmed experimentally.

I. 서 론

최근 대규모 집적회로(VLSI)를 중심으로한 반도체 기술분야의 경이적인 진보로 대용량의 정보를 고

속으로 처리할 수 있는 컴퓨터 시스템과 통신기술이 결합하여 "정보화"라는 새로운 기술혁신의 물결이 일어나고 있다. 유통산업 정보화의 중추세력으로 급속히 보급되는 POS(point of sales)시스템은 종합적인 판매시점 정보관리 시스템을 말하는 것으로서 종래의 키인(key-in)방식의 금전 등록기와는 달리 광학적 자동해독(scanning)방식을 이용하여 판매정보, 상품구입, 유통 등의 단계에서 발생하는 각종 정보를 컴퓨터에 전송하여 목적에 따라 그 정보가 처

*正會員, 延世大學校 電子工學科
(Dept. of Elec. Eng., Yonsei Univ.)
接受日字: 1988年 2月 27日
(※본 연구는 한국과학재단의 연구비로 수행되었음.)

리, 교환되어 전달되는 것을 뜻한다. 폭이 다른 흑백(black & white) 줄무늬의 조합으로 구성된 바코드(bar-code)는 영문, 숫자, 특수기호 등이 코딩되어 있는데, 레이저 스캐너는 문자나 글자가 인쇄된 바코드 라벨(label)에 레이저 빔을 주사하여, 바코드의 명암과 폭에 의해 반사된 빔의 강도 변화를 검출하고, 이를 전기적 신호로 변환하여 바코드에 기록된 정보를 판독하는 기기이다.

국내에는 1983년 말부터 POS 시스템이 부분적으로 도입되어 유통업체와 제조업체를 비롯하여 일반인들의 관심이 높아지고 있는데 우선적으로 POS 시스템의 핵심 단말장치인 레이저 스캐너의 개발이 시급히 요구되고 있다.

본 논문에서는 2장에서 실버할라이드를 기록매질로 이용한 홀로그론 스캐너^[1](hologon scanner)의 제작과 스캔패턴(scan pattern)을 형성하기 위한 광학부의 설계조건을 다루고 3장에서는 바코드에 조사되어 역산란된 빔을 광검출기에 집속시켜 미약한 신호를 검출하는 아나로그 신호 처리부와 검출된 신호로부터 유효한 신호만을 선택하여 디코딩하는^[2] 전치처리기(preprocessor), 그리고 디코딩로직부의 구성에 대하여 논하며 4장에서는 시스템의 결과 및 문제점 그리고 5장 결론에서는 본 논문에서 구성한 바코드 레이저 스캐너 시스템의 POS 시스템에의 응용 가능성에 대하여 고찰하였다.

그림 1은 바코드 레이저 스캐너의 전체 구성도를 나타낸다.

II. 홀로그론 스캐닝(Hologon Scanning) 시스템 및 광학부 설계

레이저 주사장치는 레이저빔을 주사하여 일차원적

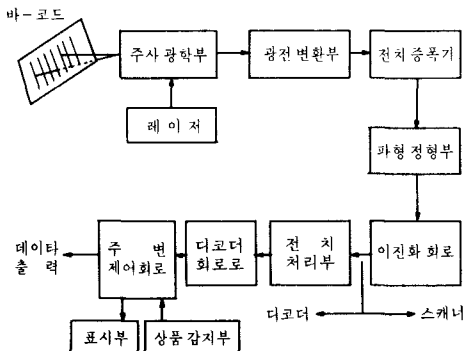


그림 1. 바코드 레이저 스캐너의 전체 구성도
Fig. 1. Overall configuration of the Bar code laser scanner.

인 전기신호를 이차원적인 영상(image)으로 변환하거나 혹은 반대로 이차원 영상을 일차원적인 전기신호로 변환하는 장치를 말한다.

초기에 개발된 다면경 편향방식을 이용한 주사장치는 해상도 즉, 주사면에 맺히는 레이저 광점의 크기(spot size)가 100 μ m 이하이며, 초당 주사선의 수가 수 만으로서 그 성능이 매우 우수하나 사용되는 다면경과 보조적인 광학 장치들이 고도의 정밀성을 요구하고 가격이 비싸서 일반화될 수 없었다. 다면경 스캐너의 단점을 보완하기 위해서 홀로그래를 이용한 주사방식에 관한 연구가 진행되었는데, 홀로그래를 이용한 레이저 주사장치는 입사된 빔의 편향방식에 따라 통과형(transmission-type)과 반사형(reflection-type)으로 구분될 수 있고 또한 편향소자가 회전축과 평행인 경우를 원통형(cylindrical-type), 수직인 경우를 디스크형(disk-type)이라 한다. 또한, 레이저 주사장치는 편향 소자에 입사하는 빔의 크기에 따라 overfilled-type과 underfilled-type으로 나누어지며 그 밖에 후-대상(post-objective)과 전-대상(pre-objective)으로도 나누어진다.

본 논문에서는 광학계를 간단하게 하기 위하여 전대상 형태로 제작하였고 또한 진동동에 의한 흔들림에 강한 통과형-디스크 형태로 제작하였다. 이와같은 여러가지 형태의 주사장치 모델은 그림 2와 같다.

1. 고회절효율을 갖는 홀로그래의 형성

일반적으로 널리 사용되는 감광물질은 은염, 중크롬산 젤라틴, 무기 포토크롬, 열감응 플라스틱, 포토 리지스트 등이다. 이중 은염은 다른 감광 물질에 비해 다루기가 쉽고 He-Ne 레이저에 좋은 감광특성을 나타낸다.^[3]

은염은 레이저빔의 입사에 의해 감광된 부분은 현상액에 의해 금속으로 변하고 감광되지 않은 부분은 정착(fixing)과 세척 과정에서 씻겨져 나간다. 이렇게 형성된 진폭형 홀로그래의 회절 효율을 높이기 위하여 표백(bleaching) 과정을 거치면 위상형 홀로그래로 변하고 이밀전 층의 굴절을 변조(modulation)가 일어나며, 신호 개선을 위한 화학처리와 건조 과정을 거치게 된다.^[4] 그림 3은 홀로그래 제작 광학 시스템을 나타내며 표 1은 홀로그래를 제작하기 위한 전체 과정을 나타낸다.

Thick 형태의 위상형 홀로그래를 제작하는 과정은 네 가지로 나눌 수 있다.^[5]

1) 노출과정

Agfa 8E75 HD 감광물질이 노출시간동안 미동하지 않도록 스크린을 고정한다. 이때, 노출과정에서 감광물질이 흔들리면 정확한 정보를 얻어낼 수 없으

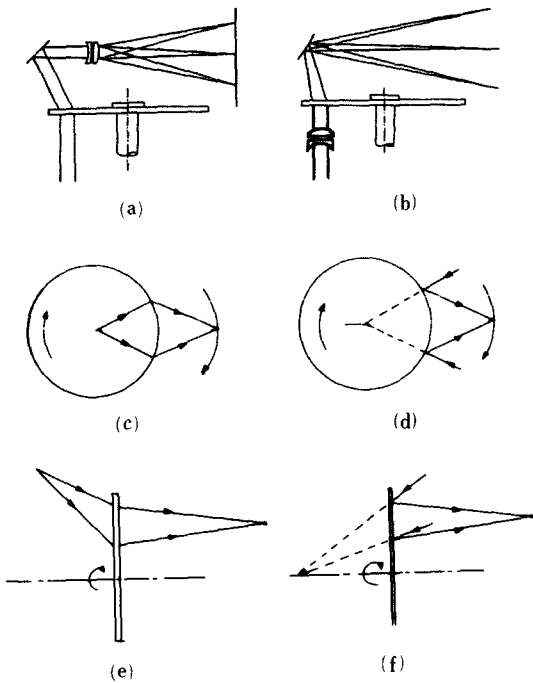


그림 2. 홀로그래픽 주사 장치의 종류
 (a) 후-대상 (b) 전-대상 주사
 (c) 통과형 원통주사 (d) 반사형 원통주사
 (e) 투과형 디스크 주사
 (f) 반사형 디스크 주사

Fig. 2. Classifications of the holographic scanning system.
 (a) post-objective. (b) pre-objective.
 (c) transmissive-cylindrical.
 (d) reflective-cylindrical.
 (e) transmissive-disk.
 (f) reflective-disk.

표 1. 화학적 처리과정
 Table 1. Chemical processing.

과 정	시 간
1. 노출 과정	
2. 현상 처리 (Kodak Developer D-19)	4 분간
3. 세척처리 (증류수)	1 분간
4. 정착처리 (Kodak Rapid Fixer Sol. A)	4 분간
5. 세척처리 (증류수)	1 분간
6. 표백처리	
7. 세척처리 (증류수)	10 분간
8. 에탄올처리	2 분간
9. 이소프로필 알코올 처리 2 회	각 2 분간
10. 에즈폰 용액처리	2 분간
11. 건조 (상대습도 50% 미만인 곳)	

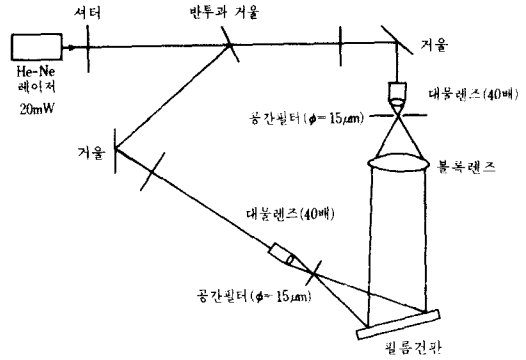


그림 3. 홀로그램 제작 시스템
 Fig. 3. System configuration for hologram fabrication.

로, 큰 출력의 레이저를 사용하여 1/4초~4초의 시간으로 노출하였다.

2) 현상 및 정착

- a) Agfa GP 61 현상액을 이용하여 21°C의 온도에서 흔들여 준다.
- b) 현상처리를 마친 감광물질을 21°C의 증류수에서 1분간 흔들여 준다. 이는 현상액과 정착액이 섞이지 않도록 하며 이물질의 두께를 변화시킨다.
- c) 코닥 Rapid 정착액 (nonhardening)에 넣어 4분간 흔들여 줌으로써 할로젠 은을 제거한다.
- d) b)의 과정과 같은 증류수에 약 1분간 처리한다.

3) 표백처리

- a) 중 크롬칼륨 (K₂Cr₂O₇), 브롬화칼륨 (KBr), 그리고 황산을 혼합한 표백액을 이용하여 표백처리 한다.
- b) 이물질을 부풀리기 위해 21°C의 흐르는 물에 10분간 담가 둔다.

4) 신호 개선을 위한 화학처리 및 건조

- a) 이물질 층이 먼저 에탄올에 닿도록 한 후, 다시 이물질이 위로 향하도록 하여 2분간 담가둔다.
- b) 다른 용기에 담은 이소프로필 알콜에 각각 2분간 처리한다. 이소프로필 알콜은 이물질을 급속도로 마르게 하여 신호를 개선시킨다.
- c) 완전히 마른 감광물질을 증류수와 100:1로 희석한 에즈폰 용액에 2분간 처리한다.
- d) 감광물질을 먼지가 적고 상대습도가 50% 미만인 곳에서 수직상태로 완전히 말린다.

표 2는 노출량에 따른 회절효율과 표백시간을 나타낸다

2. 홀로곤의 제작 및 광학계의 구성

본 논문에서는 Holotest 8E75 HD의 필름과 plate의

표 2. 노출량 변화에 대한 회절 효율과 표백시간
Table 2. Diffraction efficiency and bleaching time according to exposure time variations.

노출시간(초)	노출량($\mu\text{J}/\text{cm}^2$)	표백시간(T)	회절효율(%)
1/4	63	3분	42%
1/2	126	3분 30초	52%
1	252	4분 10초	39%
2	504	4분 35초	36%
3	1008	5분 03초	35%
4	2016	5분 40초	26%

두 가지 감광물질 중에서 홀로콘 구동에 용이하고 높은 회절 효율을 갖는 필름을 사용하여 편향 소자를 제작하였다.

13개의 주사선을 갖는 편향소자를 제작하기 위해 본 논문에서는 각각 3개의 주사선을 갖는 facet 3개와 1개의 주사선을 갖는 facet 4개를 조합하여 편향 형태를 설계하였다.

그림 4는 원하는 주사 형태를 얻기 위한 광학 배치도이다.

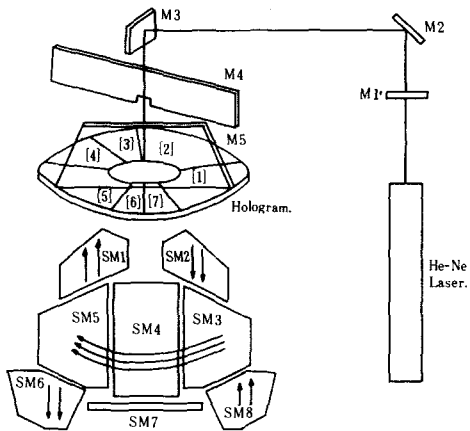


그림 4. 주사 형태 실현을 위한 광학계
Fig. 4. The optical system for scan patterns.

레이저에서 출력된 빔은 거울 M1, M2, M3를 통해 편향소자에 입사되고 편향소자에서 회절된 빔은 광학적으로 배치된 거울을 통해 주사형태를 구성한다. 긴 주사선을 갖는 facet 1, 2, 5에서 회절된 빔은 거울 SM3, SM4, SM5에 의해 반사되어 SM7에 입사된다. 작은 주사선을 갖는 facet 3, 6에서 회절된 빔은 거울 SM1에서 반사되어 거울 SM6에 입사하고 fac-

et 4, 7에서 회절된 빔은 거울 SM2와 SM8에 입사되어 주사선을 실현한다. 주사선이 실현되는 방향은 그림 4의 화살표 방향과 일치한다. 표 3은 제작된 홀로콘 스캐너의 제원이다.

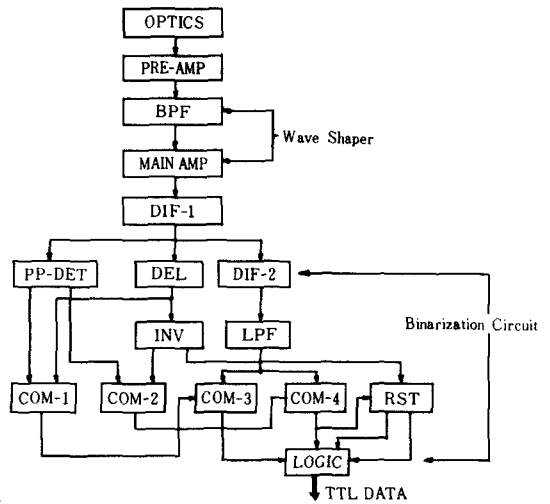
표 3. 홀로콘 스캐너의 제원
Table 3. Specifications of the hologon scanner.

1. 사용파장 : 632.8nm
2. 디스크 직경 : 190mm
3. 형태 : 통과형 디스크
4. FACET의 갯수 : 7(큰 것 3개, 작은 것 4개)
5. 회절효율 : 24.4%~38.9%
6. 홀로콘 두께 : 8mm
7. 입사각 : 8° (디스크에 수직)
8. 회절각 : 약 36°~42°
9. 디스크 회전속도 : 3,000rpm
10. 재생광원 : 2mW He-Ne 레이저

Ⅲ. 바코드 신호 처리부

1. 아나로그 신호처리

바코드 레이저 스캐너 시스템의 한 구성부분인 아나로그 신호처리기의 전체 구성도는 그림5와 같다. 홀로그램 스캐너에 의해 바코드 라벨에 주사된 빔은



- BPF : Band Pass Filter
- PP-DET : Positive Peak Detector
- LPF : Low Pass Filter
- COM : Comparator
- DIF : Differentiator
- DEL : Delay
- INV : Inverter
- RST : Reset Control

그림 5. 아나로그 신호 처리부의 블럭도
Fig. 5. Block diaegram of the analog signal processor.

역반사(retroreflective) 집광되어 Fresnel 렌즈에 의해 광검출기로 모여진다. 이때 광검출기에는 광신호의 세기에 비례하는 전류(광전류)가 발생하며 전치 증폭기에서는 이 전류를 전압으로 변환, 증폭하게 된다.⁶⁾ 전류-전압 변환된 신호는 외부요인(외부광, label의 printing 상태 등)과 포토다이오드의 암전류, 자체 노이즈 등에 의해 잡음 성분이 포함되어 있으므로 BPF(band pass filter)에 의해 필터링시키면 그림 6의 (a)와 같은 신호 파형을 얻는다.¹⁴⁾ 이 신호는 주증폭기에서 신호처리에 적합한 크기로 증폭되어 다음 단의 미분기로 전달된다. 원래의 바코드 정보를 재생하기 위해서는 백색 bar와 흑색 bar 사이의 정확한 경계점을 찾아내야 하며 이 목적을 위해 본 연구에서는 2차 미분을 통해 변곡점을 검출하는 방법을 채택하였다.

그림 6의 (h)에서와 같이 2차 미분된 파형은 변곡점 이외에도 많은 zero-crossing point를 가지므로 변곡점 부근에서만 zero-crossing 비교가 될 수 있도록 비교기에 strobe 동작이 행해져야 한다. 이를 위해 1차 미분된 파형의 positive peak치를 검출하여 그림 6의 (b), (e) 파형을 얻은 다음 최소 모듈 폭(2μs)만큼 지연된 1차 미분 파형과 비교하여 (d)와 (g)의 strobe signal을 얻는다. Positive 1차 미분 파형에서 (d)의 strobe 신호는 2차 미분 파형의 (+)변곡

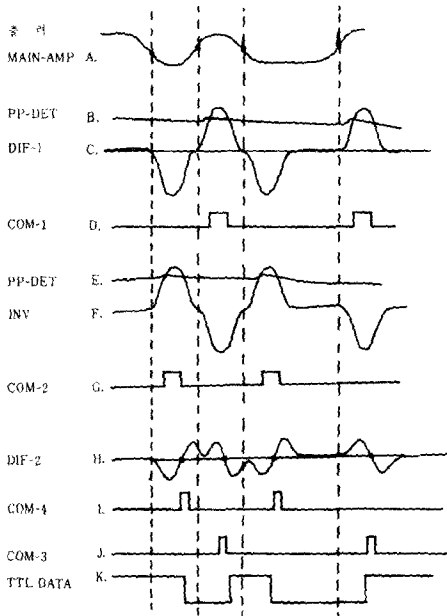


그림 6. 아날로그 신호 처리부의 동작개요
Fig. 6. Overall operations of the analog signal processor.

점 (j)를 찾아내고 negative 1차미분 파형에서 얻어진 (g) strobe 신호는 (-) 변곡점 (i)을 검출한다. 이렇게 얻어진 (i)와 (j)는 flip-flop 로직에 의해 (k)와 같은 바코드 데이터로 변환되어 전치 처리기(pre-processor)로 전송된다. 또한 그림이나 문자등에 의해 발생하는 에러를 막기위해 실제 바코드에서는 발생될 수 없는 최소 모듈보다 작거나, 최대 모듈보다 긴 데이터가 검출되면 reset 로직에 의해 데이터가 전치 처리기로 전달되지 않는다.

2. 전치 처리기(Preprocessor)

전치 처리기는 수광부를 거쳐서 TTL 레벨로 변환된 데이터 중에는 바코드 라벨을 모두 다 주사(scan)한 정보도 있지만, 바코드의 일부만을 포함하는 완전하지 못한 데이터들도 포함되어 있으므로 이러한 불필요한 데이터를 배제하고 거의 완전한 데이터만을 추출하여 디코딩 로직부로 보내는 역할을 수행하는 부분이다.^{6, 9)}

그림 7은 전치 처리기의 전체 개략도이다. 시스템 클락(system clock)과 동기된 TTL 데이터는 edge transition detector, latch signal 발생부, register와 adder array를 거쳐서 디코딩 로직에서 필요한 문자당 4개의 정보, Tx, Ty, Tz, Tm의 조합으로 나누어진다.

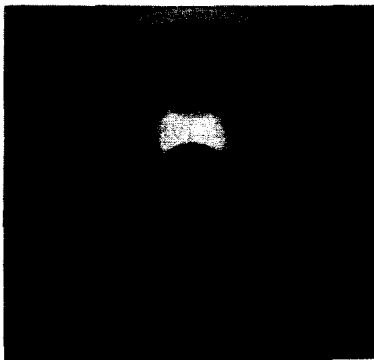
Guard bar와 문자들 그리고 center bar의 시작점에서 발생하는 adaptive impulse에 의하여 module counter는 reset 되어 다시 up-count를 하게 되는데 reset 되기 이전에 당시의 count 값이 latch signal의 positive-going edge에서 register array로 전송된다. Adder array는 register array에 저장되어 있던 네 개의 count 값으로부터 바코드 관독의 기본이 되는 네 개의 정보 Tx, Ty, Tz, Tm을 연산하는데, 병렬적으로 전송되는 이들 네 개의 정보는 data selector와 buffer array에 의해서 순차적인 데이터의 흐름으로 바뀌며 write signal과 micro-processor의 통제하에서 데이터 storage에 저장된다. Guard bar detector는 adder array에서 연산된 Ty, Tz 값을 비교하여 이값이 같고 또한 문자길이(character length)가 Tn-1(바로 이전의 문자길이) < Tn(현재의 문자 길이)인 경우에 equal T signal을 만들어 내고, 잠정적인 데이터로서의 가치를 부여하는 데이터 window를 만들어 내며, Tn-1 > Tn과 equal T signal이 동시에 만족하는 경우 center bar pattern이 인지되어 center window가 만들어지며 center window에 의하여 center bar 이후의 latch signal의 조합이 바뀌어진다.

그림 8은 전치 처리기의 개략적인 timing diagram

IV. 실험 및 결과고찰

본 논문에서는 표준 바코드 규격인 경우(0.33mm/1 module) 정상적인 스캔에서 각 문자는 7개의 모듈로 구성되어 있으므로 한 문자의 폭은 대략 14μs가 되도록 하였고 UPC-A, UPC-E, JAN, EAN 코드를 판독할 수 있도록 스캐너를 설계하였다.

사진 1은 제작된 홀로그래프와 고밀도 스캔을 하기 위한 홀로그래프의 주사형태를 나타낸다. 사진 2는 아나로그 신호 처리부의 출력 데이터 파형을 나타내며, 사진 3과 사진 4는 주증폭기의 출력과 positive detection 파형을 나타낸다.

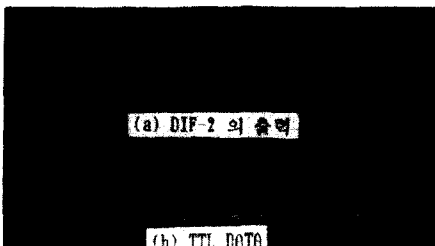


(a) 제작된 홀로그래프

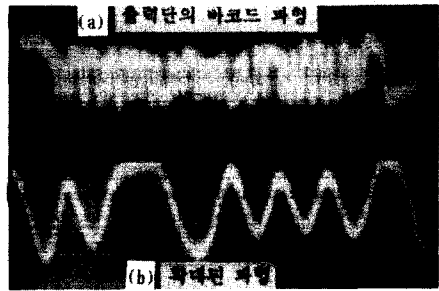


(b) 홀로그래프의 주사형태

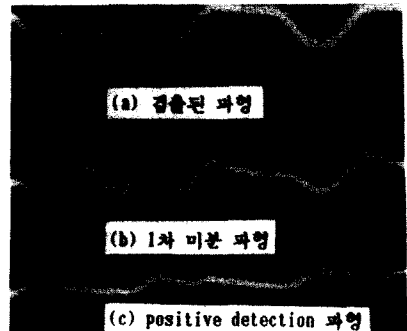
사 진 1. 제작된 홀로그래프와 주사형태
Photo. 1. Fabricated hologram and scan patterns.



사 진 2. TTL 데이터 파형
Photo. 2. TTL data waveform.



사 진 3. 주 증폭기 출력단의 바코드 파형
Photo 3. Bar code waveform of main amp. output.



사 진 4. 1차 미분 파형과 positive detection 파형
Photo.4. 1st differential waveform and positive detection.

제작된 홀로그래프는 직경이 137mm이고 중심의 공간 주파수는 1315.4 lines/mm이며 가장 작은 공간 주파수는 1104 lines/mm이므로 이러한 공간 주파수의 차이를 이용하여 7개의 facet으로 홀로그래프를 구성하였다.

필름을 감광 매질로써 사용하여 얻은 최대 효율은 67%였지만 실제로 홀로그래프에 사용되기 위해서는 큰 facet이 필요하므로 빔을 확대하여 홀로그래프를 만드는 경우는 효율이 훨씬 저하되므로 직경이 크고 수차가 작은 lens와 이에 부수되는 거울, 그리고 필름 지지대가 필요하다.

아나로그 바코드 신호처리 과정에서는 광학 시스템에서 retroreflective되는 신호 광량이 매우 적고, 외부 영향에 의한 잡음이 같이 검출되므로 잡음원에 대한 신중한 고려가 필요하다. 특히 바코드는 폭에 관한 정보이므로 검출된 파형이 본래 파형을 유지할 수 있도록 잡음에 의한 영향을 억제해야 한다. 즉 S/N비의 향상과 아울러 검출 신호의 파형이 왜곡되지

않도록 설계해야 한다. 또한, 전치 처리기에서는 guard pattern과 center pattern의 인식이 중요하며, 로직부에서는 여러 종류의 바코드에 대한 선별 과정과 바코드의 검증이 성능에 큰 영향을 미친다.

V. 결 론

본 논문에서 구성한 바코드 레이저 스캐너 시스템은 실험결과, 주사방향에 수직으로 바코드를 놓았을 때는 98% 이상 판독율을 보였으며 바코드를 경사지게 놓으면 75% 정도의 판독율을 보여 POS 시스템의 구현을 위한 진단계로서의 가능성을 보여주었다.

앞으로는 홀로그래피의 효율 향상과 아울러 대량 생산의 문제, 신호 처리단에서의 S/N비의 향상과 시스템의 안정화, 그리고 좀 더 효율적인 디코딩 체계에 대한 연구가 계속된다면 홀로그래피를 이용한 바코드 레이저 스캐너 시스템은 유통과 판매 자동화를 포함한 종합정보 시스템의 중추적인 역할을 수행할 것이다.

參 考 文 獻

- [1] C.J. Kramer, "Hologon laser scanners," *Photonics, Spectra*, pp. 89-96, 1985.
- [2] D. Savir and G.J. Laurer, "The characteristics and decodability of the universal product code symbol," *IBM Sys. Jour.* 1975.
- [3] K. Biedermann, *Holographic Recording Materials*, ed. by H.M. Smith, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1977.
- [4] W.R. Graver, J.Q. Gladden and J.W. Eastes, "Phase holograms formed by silver halide (sensitized) gelatin processing," *Appl. Opt.*, vol. 19, no. 9, pp. 1529-1535, 1980.
- [5] P. Hariharan, "Bleached photographic phase holograms," *Opt. Comm.*, vol. 56, pp. 318-320, Jan. 1986.
- [6] M.H. El-Diwanly, "Design of low noise bipolar transimpedance preamplifier for optical receiver," *IEEE*, pp. 299-305, 1985.
- [7] T. Witkowitz, "Transistor noise model for photodetector amplifiers," *IEEE*, vol. SC-13, pp. 722-724, 1978.
- [8] H. Miyazaki, K. Shirakabe, K. Yasui and Y. Yamaguchi, "Built-in type POS scanner using holographic deflector," *NEC Res. & Dev.*, pp. 56-62, 1984.
- [9] H. Ikeda, S. Matsumoto and T. Inagaki, "Hologram scanner for POS bar code symbol reader," *Fujitsu Sci. & Tech. Jour.*, Dec. pp. 59-76, Dec. 1979.
- [10] 김 남, 신광용, 박한규, "다중-Facet 홀로그래피를 이용한 레이저 주사 시스템에 관한 연구," 대한 전자공학회 논문집, 제25권 5호 pp. 94-99, 5월, 1988. *

著 者 紹 介

申 光 容 (正會員)

1963年 6月 26日生. 1986年 2月 연세대학교 전자공학과 공학사학위 취득. 1988年 2月 연세대학교 대학원 전자공학과 공학석사학위 취득. 1988年 8月~현재 특수전문요원(군복무중). 주관심분야는 광정보처리, 홀로그래피 및 응용분야 등임.

任 鍾 太 (正會員)

1960年 10月 2日生. 1986年 2月 연세대학교 전자공학과 공학사학위 취득. 1988年 2月 연세대학교 대학원 전자공학과 공학석사학위 취득. 1988年 3月~현재 연세대학교 대학원 전자공학과 박사과정 재학중. 주관심분야는 광정보처리, 패턴인식, 광컴퓨팅, 신경회로망 등임.

殷 在 定 (正會員)

1959年 5月 25日生. 1982年 2月 연세대학교 전자공학과 공학사 학위 취득. 1986年 8月 연세대학교 대학원 전자공학과 공학석사 학위 취득. 1986年 9月~현재 연세대학교 대학원 전자공학과 박사과정

재학중. 주관심분야는 광정보처리, 광컴퓨터, 신경회로망 등임.

朴 漢 奎 (正會員) 第25卷 第8號 參照

현재 연세대학교 전자공학과 교수

金 男 (正會員)

1959年 3月 30日生. 1981年 2月 연세대학교 전자공학과 공학사학위 취득. 1983年 2月 연세대학교 대학원 전자공학과 공학석사학위 취득. 1988年 8月 연세대학교 대학원 전자공학과 공학박사학위 취

득. 1989年 2月~충북대학교 정보통신과 전임강사. 주관심분야는 광정보처리, 레이더신호처리, 광패턴인식 등임.