

LED 배열을 이용한 광논리 게이트에 관한 연구

84324

권원현 박한규  
연세대학교 전자공학과

A Study on the optical logic gate using LED array

Won Hyun Koun Han Kyu Park  
Dept. of Electronics, Yonsei Univ.

ABSTRACT

2. 광논리 게이트

Using LED sources, the system that performs optical logic function of the input data arrays will be presented. Sixteen possible functions of two binary data arrays, such as AND, OR, NOR and XOR are simply obtained in parallel by controlling LED switching mode. Experimental result and some examples of application will be given.

기하광학 ( geometrical optics )의 기본법칙을 이용한 본 시스템의 특징은 다음과 같다.  
1) LED 를 사용함으로써 시스템이 매우 간단하고 실용성이 높다.  
2) 이전 데이터 배열에 대한 Parallel 처리 능력  
3) 데이터들 Scanning 할 필요가 없다.  
4) 입력을 코딩 : 출력을 디코딩  
5) Single instruction, multi-data  
6) 렌즈를 사용하지 않음  
먼저 입력의 코딩 방법에 대하여 알아본다.  
0 혹은 1 로 주어진 데이터 배열 A 에 대하여 그림 1 a)의  $a_{ij}$  와 같은 코딩을 한다.  
입력 B는 그림 1 a)의  $b_{ij}$  와 같이 코딩하여 서로 겹치면  $ij$  cell의 형태는 그림 1 b)와 같이 주어진다.  
그림 2는 시스템의 구성도를 나타내었다.  
네개의 LED 사이의 거리를, 입력 및 디코딩 마스크의 Cell 크기를 각각  $2d_1, 2d$ , 광원과 입력, 입력과 스크린과의 거리를 각각  $Z_1, Z$  라 할 때,

1. 서론

2차원 혹은 3차원 회상과 같은 대량의 데이터들 고속으로 처리하기에는, 현재의 컴퓨터는 기본적으로 serial 로 데이터를 처리하므로 근본적인 문제를 안고 있다. 이런 결함을 극복하기 위하여 광의 초고속 및 parallel 처리 능력을 이용하여 정보를 처리하기 위한 노력이 계속되고 있다.

1873년 Abbe 의 렌즈에 대한 이론 이후 계속 되어온 광정보처리에 관한 연구는 현재 광논리 소자는 물론 광 TR, 광 IC 등의 개발도 광 컴퓨터의 실현을 위한 연구가 활발히 수행되고 있다.

본 연구에서는 인코더이런트 광원인 LED 를 사용하여 광학적으로 두 입력 데이터 배열에 대한 논리 동작을 할 수 있는 게이트를 구성하였다. 또한 시스템의 적용으로서 두 입력 데이터 배열에 대한 덧셈 및 뺄셈을 수행하였고 이전변수 뿐만 아니라 gray-level의 데이터에 대한 가능성도 알아보았다.

$$d = \frac{l \cdot d_1}{l - d_1}$$

$$z + z_1 = \frac{l \cdot z_1}{l - d_1}, \quad d_1 < l$$

인 관계를 만족하면 LED  $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ 에 의해  $ij$  cell 에 전사된 후 디코딩 마스크 뒤에 나타난 출력광의 세기는

$$g_{ij} = \alpha(a_{ij}b_{ij}) + \beta(a_{ij}\bar{b}_{ij}) + \gamma(\bar{a}_{ij}b_{ij}) + \delta(\bar{a}_{ij}\bar{b}_{ij})$$

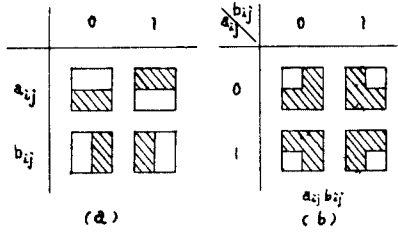


그림 1. 입력데이터의 코딩 방법

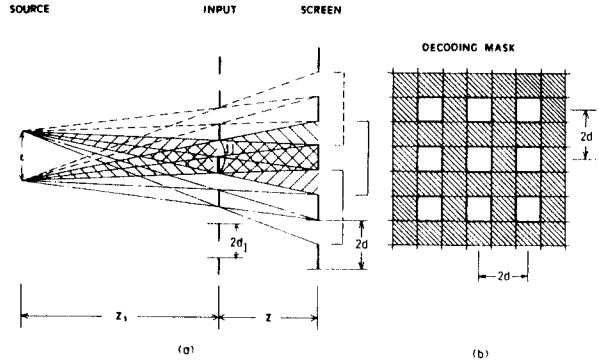


그림 2. 시스템 구성도

따라서 LED  $\alpha, \beta, \gamma, \delta$  를 적절히 조합하여 개폐시킴으로써 16개의 논리 동작에 대한 결과를 얻을 수 있게 된다.

3. 실험 및 분석

앞의 이론을 실증하기 위하여 16 x 16 데이터 배열을 갖는 두 입력을 설정하여 실험하였다. 이 데이터를 BTL (Bright-true logic)으로 그려보면 그림 3과 같이 되고 이론 코딩하여 얻은 것과 디코딩 마스크를 그림 4에 나타내었다.

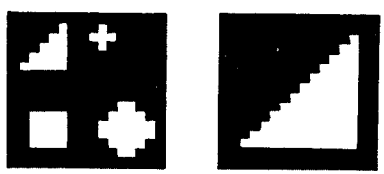


그림 3. 입력 데이터 배열

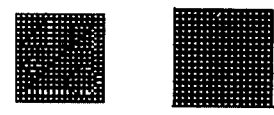


그림 4. 코딩된 입력 및 디코딩 마스크

입력과 디코딩 마스크는 필름으로 제작하였고 광원 사이의 거리 = 7.2 mm,  $d_1 = 1.25$  mm,  $d = 1.5$  mm,  $Z_1 = 6.5$  mm,  $Z = 13.7$  mm로 하였다. LED는 발산각이  $27^\circ$  인 청색 광원을 사용하였다. 이를 이용하여 LED를 적절히 개폐시킴으로써 16 x 16 cell (256 채널)인 두 데이터에 대하여 16개의 논리 함수를 parallel로 수행한 결과를 얻었다. 그런데 채널의 수가 증가함에 따라 기하광학을 회절 현상의 영향을 받게 된다. 본 방법의 최대 공간 대역폭적 (space-bandwidth product)을 알아보기 위하여 그림 5와 같이 크기 d를 갖는 slit에 점광원이 조사되는 경우 스크린 상의 광분포는 Fresnel - Kirchhoff 적분식에 의해

$$u(x, z) = \int_{-\frac{d}{2}}^{\frac{d}{2}} \exp\left\{j\pi \left[ \left(\frac{x-x_0}{z}\right)^2 + \left(\frac{x_0-z}{z}\right)^2 \right]\right\} dx_0$$

따라서 기하광학의 법칙이 성립하려면 다음 식을 만족하여야 한다.

$$4\lambda < z \ll \frac{d^2}{\lambda} \left(\frac{z+z_0}{z}\right)^2$$

여기에서  $z_0 \gg z$  이므로

$$4\lambda < z \ll \frac{d^2}{\lambda}$$

이를 이용하여  $20 \times 20 \text{ mm}^2$  의 면적으로 가능한 채널의 수 및 z를 파장에 대하여 구하였다.

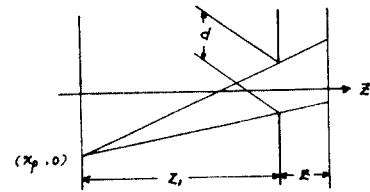


그림 5. 회절 현상의 모델

채널 수	Z의 값	채널 수	Z의 값
1	1.0	16	1.0
2	1.0	17	1.0
3	1.0	18	1.0
4	1.0	19	1.0
5	1.0	20	1.0
6	1.0	21	1.0
7	1.0	22	1.0
8	1.0	23	1.0
9	1.0	24	1.0
10	1.0	25	1.0
11	1.0	26	1.0
12	1.0	27	1.0
13	1.0	28	1.0
14	1.0	29	1.0
15	1.0	30	1.0

표 1. 채널수에 따른 Z의 값

#### 4. 응용

논리 동작에 대한 응용으로 두 데이터 배열에 대한 덧셈과 뺄셈을 parallel로 수행하는 경우를 알아본다.

이를 그림 6에 나타내었고 원 안의 숫자는 빛의 세기를 나타낸다. 뺄셈의 경우는 그림 7의 D처럼 LED의 빛의 세기를 조절하면 가능하다. 이를 발전시킴으로써 carry를 고려하지 않은 경우의 4 bit adder를 그림 8과 같이 구성할 수 있다.

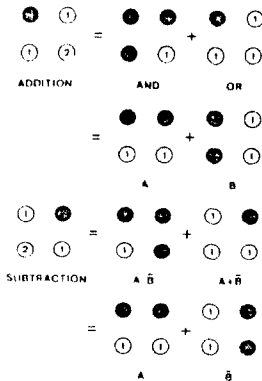


그림 6. 빛의 뺄셈에 대한 LED 상사원리

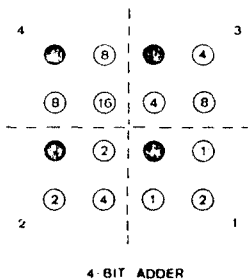


그림 7. 4 bit adder

또한 적당한 코딩 방법을 도입하면 gray-level 데이터에 대한 논리 동작도 가능하다.

그런데 앞의 실험 방법은 데이터를 각각 코딩하여 마스크를 제작하여야 하므로 실시간 동작이 불가능하다. 이를 해결하기 위하여 CGH (Computer - Generated Holography) 나 LC LV (Liquid Crystal Light Valve) 를 사용하여야 할 것이다.

#### 5. 결론

LED의 배열을 이용하여 16개의 논리 동작을 행할 수 있는 광 논리 게이트를 256개의 채널을 갖는 경우에 대하여 실험으로 입증하였다.

앞으로 게이트의 실시간 동작을 위한 CGH 및 LCLV에 의한 코딩 등에 대한 연구가 계속되어야 할 것이다.

#### REFERENCES

1. D.R. Maure, "Optical logic function generator," U.S. Patent, 3,680,080, July 25, 1972.
2. S.A. Collins, et al "Optical logic gates using liquid crystal light valve," Appl. Opt. Vol. 20, 2250-2256, 1981.
3. D.H. Schaefer, "Beyond the super computer", IEEE Spectrum, Vol 19, 32-37, Mar. 1982.
4. E. Abraham, et. al. "The Optical computer", Sci. Amer. 85-93, Feb. 1983.
5. Y. Ichioka, "Image encoding by a CGH filter", proc. of SPIE, vol 437, 119-124, August, 1983.
6. Y. Ichioka, "Optical parallel logic gates using a shadow-casting system for optical digital computing", IEEE Proc., 787-801, July, 1984.
7. S.H. Lee, "Optical Information Processing Fundamentals", Springer-Verlag, 1981.