



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2011년05월02일  
(11) 등록번호 10-1032218  
(24) 등록일자 2011년04월22일

(51) Int. Cl.  
H04J 14/02 (2006.01) H04B 10/13 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2006-7013178  
(22) 출원일자(국제출원일자) 2003년12월30일  
심사청구일자 2008년10월07일  
(85) 번역문제출일자 2006년06월30일  
(65) 공개번호 10-2007-0003810  
(43) 공개일자 2007년01월05일  
(86) 국제출원번호 PCT/IT2003/000879  
(87) 국제공개번호 WO 2005/064834  
국제공개일자 2005년07월14일

(73) 특허권자  
유니버시티 ' 데글리 스투디 ' 로마 트리 ' 이탈리아, 로마 아이-00154, 비아 오스티엔스 159  
(72) 발명자  
신코티, 가브리엘라  
이탈리아, 로마 아이-00146, 비아 델라 바스카 나발레 84, 디프.디 일렉트로니카 애플리카타, 유니버시티 ' 데글리 스투디 로마트리  
(74) 대리인  
강명구

(56) 선행기술조사문헌  
EP1309116 A  
EP1115222 A  
US6628864 B2

전체 청구항 수 : 총 41 항

심사관 : 고연화

**(54) 광학 코드를 동시 발생 및 처리하기 위한 광학 장치**

**(57) 요약**

본 발명은, P개의 입력(s)과 N개의 출력(k)으로 구성되는 광학 장치에 관한 것으로서, 이때  $1 \leq s \leq P$  및  $P \geq 1$ 이고  $1 \leq k \leq N$  및  $N \geq 1$ 이며, 상기 광학 장치는 하나 이상의 파장에서  $N_c$ 개의 서로 다른 위상 또는 진폭을 갖는 광학 코드를 동시에 발생시키고 처리하는데, 이때  $N_c \geq 2$ 이며, 상기 광학 코드는 C개의 칩(chip)과 칩 간 간격( $\tau$ )으로 구성되며,  $C \geq 2$ 이며, 입력(s)에서 출력(k)으로의 전달함수  $T_{sk}(f)$  는,

$$|T_{sk}(f)| = \prod_{v=0}^{V-1} \left| F_v \left( a_v f + \frac{S_{sk}}{N_k \tau} \right) \right|, \text{ for } s=1,2..P \quad k=1,2,..N$$

의 수식을 만족시키며, 여기서,

$v=0, 1, \dots, V-1$ 에 대하여  $F_v(f)$ 는 광학 필터의 전달함수이고,

$v=0, 1, \dots, V-1$ 에 대하여  $a_v$ 는 상수이고,

$S_{sk}$ 는 정수이며(즉,  $S_{sk} \in Z$ ),

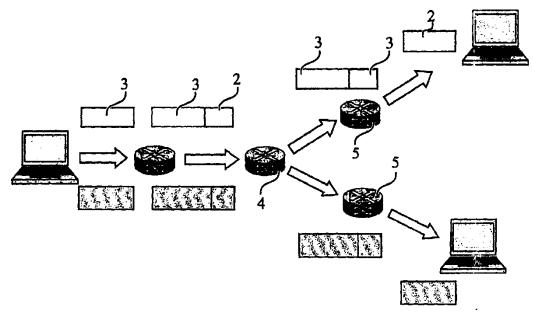
$k=1, 2, \dots, N$ 에 대하여  $N_k$ 는 상수이고,

V는 양의 정수이며,  $1 \leq V \leq \log_2 N$ 인 것을 특징으로 한다.

본 발명은 또한 특히 상기와 같은 광학 장치에 의해 발생되기 적합한 세트의 광학 코드에 대한 것이며, 그리고 그와 같은 광학 장치로 구성된 네트워크 및 장비에 대한 것이다.

대표도

$$|r_n(f)| = \prod_{m=0}^{N-1} \left| F_n \left( a_m f + \frac{S_m}{N_s T} \right) \right| \quad (1)$$



**특허청구의 범위**

**청구항 1**

P개의 입력(s)과 N개의 출력(k)으로 구성되는 광학 장치로서, 이때  $1 \leq s \leq P$  및  $P \geq 1$ 이고  $1 \leq k \leq N$  및  $N \geq 1$ 이며, 상기 광학 장치는 하나 이상의 파장에서  $N_c$ 개의 서로 다른 위상 또는 진폭을 갖는 광학 코드를 동시에 발생시키고 처리하는데, 이때  $N_c \geq 2$ 이며, 상기 광학 코드는 C개의 칩(chip)과 칩 간 간격( $\tau$ )으로 구성되며,  $C \geq 2$ 이며,

입력(s)에서 출력(k)으로의 전달함수  $T_{sk}(f)$ 는,

$s=1, \dots, P$  및  $k=1, \dots, N$ 에 대하여, 
$$|T_{sk}(f)| = \prod_{v=0}^{V-1} \left| F_v \left( a_v f + \frac{S_{sk}}{N_k \tau} \right) \right|$$
의 수식을 만족시키며, 여기서,

$v=0, 1, \dots, V-1$ 에 대하여  $F_v(f)$ 는 광학 필터의 전달함수이고,

$v=0, 1, \dots, V-1$ 에 대하여  $a_v$ 는 상수이고,

$S_{sk}$ 는 정수이며(즉,  $S_{sk} \in Z$ ),

$k=1, \dots, N$ 에 대하여  $N_k$ 는 상수이고,

V는 양의 정수이며,  $1 \leq V \leq \log_2 N$ 인 것을 특징으로 하는 광학 장치.

**청구항 2**

삭제

**청구항 3**

제 1 항에 있어서,  $C \geq N$ 에 따라, 상기 광학 코드를 구성하는 칩의 개수 C는, 출력(k)의 개수 N보다 크거나 같은 것을 특징으로 하는 광학 장치.

**청구항 4**

제 1 항에 있어서,  $N_c \geq N$ 에 따라, 동시에 발생되고 처리될 수 있는 광학 코드의 개수  $N_c$ 는, 출력(k)의 개수 N보다 크거나 같은 것을 특징으로 하는 광학 장치.

**청구항 5**

삭제

**청구항 6**

제 1 항에 있어서,  $k=1, \dots, N$ 에 대하여  $N_k$ 는 상수이며 정수인 것을 특징으로 하는 광학 장치.

**청구항 7**

제 1 항에 있어서,  $P=1$ 에 따라, 입력(s)의 개수 P는 1인 것을 특징으로 하는 광학 장치.

**청구항 8**

삭제

**청구항 9**

삭제

**청구항 10**

삭제

**청구항 11**

삭제

**청구항 12**

삭제

**청구항 13**

삭제

**청구항 14**

삭제

**청구항 15**

삭제

**청구항 16**

삭제

**청구항 17**

삭제

**청구항 18**

삭제

**청구항 19**

삭제

**청구항 20**

제 1 항에 있어서, 상기 장치는 하나 이상의 노드를 갖는 하나 이상의 트리로 구성되며, 상기 장치는  $N_{IN}$ 개의 입력 도파관 및  $N_a$ 개의 출력 도파관을 갖는 제 1 커플러(21)와,  $N_a$ 개의 입력 도파관 및  $N_{OUT}$ 개의 출력 도파관을 갖는 제 2 커플러(23)를 포함하고, 여기서  $N_{IN} \geq 1$ ,  $N_a \geq 1$  및  $N_{OUT} \geq 1$ 이며, 상기 제 1 커플러(21)의  $N_a$ 개의 출력 도파관은,  $N_a$ 개의 도파관(j)으로 구성된 격자(22)로 연결되고, 상기 격자(22)는 제 2 커플러(23)의  $N_a$ 개의 입력 도파관으로 연결되는 것을 특징으로 하는 광학 장치.

**청구항 21**

제 20 항에 있어서,  $N_{IN}=N_a=N_{OUT}$ 임을 특징으로 하는 광학 장치.

**청구항 22**

제 20 항에 있어서,  $\theta_j$ 만큼의 정위상 편이를 야기하는 광학 정위상 편이기(constant phase shifter)가, 격자(22)의 도파관(j)에 삽입되며, 이때,  $j=1, \dots, N_a$ 인 것을 특징으로 하는 광학 장치.

**청구항 23**

제 20 항에 있어서, 격자(22)의 도파관(j)의 길이  $L_j$ 는,

$j=1, 2, \dots, N_a$ 에 대하여,  $L_j=L_{m'}+d_j \Delta L$ 와 같으며,

여기서  $d_j$ 는 정수이고,  $d_j \in [0, 1, 2, \dots, N_a-1]$ 이며,  $k \neq k'$ 인 한,  $d_k \neq d_{k'}$ 이고(이때,  $d_k, d_{k'} \in [0, 1, \dots, N_a-1]$ 이  
고,  $k, k' \in [1, 2, \dots, N_a]$ ),  $L_{m'}$ 은 기준 도파관(reference waveguide)의 길이이면서 가장 짧은 도파관의 길이와  
동일하고, 이에 따라  $d_{m'}=0$ 이고,  $\Delta L$ 은 격자(22)의 2개의 도파관 간 최소 길이 차이인 것을 특징으로 하는 광학  
장치.

**청구항 24**

제 23 항에 있어서,

$$d_j = \left\{ \frac{1}{2} \left[ (-1)^{j+m'} \left( j - \frac{1}{2} \right) - \left( m' - \frac{1}{2} \right) \right] \right\} \bmod N_a \quad \dots \quad m', j = 1, 2, \dots, N_a$$

이며, 이때, "mod" 연산자는 산술 나머지 연산자  
(arithmetical module operator)를 의미함을 특징으로 하는 광학 장치.

**청구항 25**

제 23 항에 있어서, 짝수 입력(i)과 짝수 출력(k)이 사용되는 경우( $r=1, 2, \dots, \text{int}[N_{IN}/2]$ 에 대하여  $i=2r$ 이고,  
 $r'=1, 2, \dots, \text{int}[N_{OUT}/2]$ 에 대하여  $k=2r'$ 이며, "int" 연산자는 나눗셈의 정수 몫을 산출하는 산술 연산자를 의미  
함),  $d_j=2j$ 이며, 이때,  $j=1, 2, \dots, N_a$ 인 것을 특징으로 하는 광학 장치.

**청구항 26**

제 20 항에 있어서, 상기 제 1 커플러(21)는 균일 MMI 커플러(multimode interference coupler)임을 특징으로  
하는 광학 장치.

**청구항 27**

제 20 항에 있어서, 상기 제 1 커플러(21)는 비균일 파워 분할기(non uniform power splitter)인 MMI 커플러임을  
특징으로 하는 광학 장치.

**청구항 28**

제 26 항 또는 제 27 항에 있어서, 상기 제 1 커플러(21)의 길이  $L_c$ 는,

$L_c=M_c 3L_\pi/N_a$ 와 같으며,

여기서,  $M_c$ 는 양의 정수이고,

$$L_\pi = \frac{\pi}{\beta_0 - \beta_1} = \frac{4n_g W_e^2}{3\lambda} \quad \text{인데, 여기서,}$$

$\beta_0$ 와  $\beta_1$ 은 각각, 0차 모드(mode)와 1차 모드의 전파 상수이며,

$n_g$ 는 유효 굴절률이고,

$\lambda$ 는 입력 복사선의 자유 공간 파장이며,

$W_e$ 는 기본 횡방향 모드(fundamental transverse mode)의 유효 폭이며,

제 1 커플러의 입력 도파관의 식별자  $i$ 는 도파관의 횡방향을 따라 증가하고, 출력 도파관의 식별자  $j'$ 도 상기  
횡방향을 따라 증가한다고 가정하면, 제 1 커플러의 입력 도파관(i)와 상기 제 1 커플러의 출력 도파관(j')은  
각각, 위치( $x_i$ )와 위치( $x_{j'}$ )에 위치하며, 상기 위치( $x_i$ ) 및 위치( $x_{j'}$ )는,

$$i=1, 2, \dots, N_{IN} \text{에 대하여, } x_i = (2i-1) \frac{W_g}{2N_{IN}},$$

$$j'=1, 2, \dots, N_a \text{에 대하여, } x_{j'} = (2j'-1) \frac{W_g}{2N_a},$$

와 같은 것을 특징으로 하는 광학 장치.

**청구항 29**

제 28 항에 있어서,  $M_c$ 와  $N_a$ 는 1보다 큰 공약수를 갖지 않는 2개의 양의 정수임을 특징으로 하는 광학 장치.

**청구항 30**

제 28 항에 있어서,  $M_c=1$ 인 것을 특징으로 하는 광학 장치.

**청구항 31**

제 20 항에 있어서, 상기 제 2 커플러(23)는 균일 MMI 커플러(multimode interference coupler)임을 특징으로 하는 광학 장치.

**청구항 32**

제 20 항에 있어서, 상기 제 2 커플러(23)는 비균일 파워 분할기(non uniform power splitter)인 MMI 커플러임을 특징으로 하는 광학 장치.

**청구항 33**

제 31 항 또는 제 32 항에 있어서, 상기 제 2 커플러의 길이  $L'_c$ 는,

$$L'_c = M'_c 3L'_\pi / N_{OUT} \text{이며,}$$

여기서,  $M'_c$ 는 양의 정수이고,

$$L'_\pi = \frac{\pi}{\beta'_0 - \beta'_1} = \frac{4n'_g W_g^2}{3\lambda}$$

인데, 여기서

$\beta'_0$ 와  $\beta'_1$ 는 각각, 0차 모드와 1차 모드의 전파 상수이며,

$n'_g$ 는 유효 굴절률이고,

$\lambda$ 는 입력 복사선의 자유 공간 파장이며,

$W_g$ 는 기본 횡방향 모드(fundamental transverse mode)의 유효 폭이고,

상기 제 2 커플러의 입력 도파관의 식별자  $j$ 는 도파관의 횡방향에 따라 증가하고, 출력 도파관의 식별자  $k$ 도 상기 횡방향에 따라 증가한다고 가정하면, 제 2 커플러의 입력 도파관( $j$ )과 상기 제 2 커플러의 출력 도파관( $k$ )은 각각, 위치( $x'_{j''}$ )와 위치( $x'_k$ )에 위치하며, 상기 위치( $x'_{j''}$ ) 및 위치( $x'_k$ )는,

$$j''=1, 2, \dots, N_a \text{에 대하여, } x'_{j''} = (2j''-1) \frac{W_g'}{2N_a},$$

$$k=1, 2, \dots, N_{OUT} \text{에 대하여, } x'_k = (2k-1) \frac{W_g'}{2N_{OUT}}$$

와 같은 것을 특징으로 하는 광학 장치.

**청구항 34**

제 33 항에 있어서,  $M'_c$ 와  $N_{OUT}$ 는 1보다 큰 공약수를 갖지 않는 2개의 양의 정수인 것을 특징으로 하는 광학 장치.

**청구항 35**

제 33 항에 있어서,  $M'_c=1$ 인 것을 특징으로 하는 광학 장치.

**청구항 36**

제 33 항에 있어서,

$N_{IN}=N_a=N_{OUT}$ 이며,

$\theta_j$ 만큼의 정위상 편이를 야기하는 광학 정위상 편이기(constant phase shifter)가 격자(22)의 도파관(j)에 삽입되며, 이때,  $j=1, 2, \dots, N_a$ 이며, 제 1 커플러(21)는 MMI 커플러이며, 상기 제 1 커플러(21)의 길이  $L_c$ 는,

$L_c=M_c 3L_\pi/N_a$ 와 같고,

여기서  $M_c$ 는 양의 정수이며,

$$L_\pi = \frac{\pi}{\beta_0 - \beta_1} = \frac{4n_g W_e^2}{3\lambda}$$

이며, 여기서

$\beta_0$ 과  $\beta_1$ 은 각각, 0차 모드와 1차 모드의 전파 상수이며,

$n_g$ 는 유효 굴절률이고,

$\lambda$ 는 입력 복사선의 자유 공간 파장이며,

$W_e$ 는 기본 횡방향 모드(fundamental transverse mode)의 유효 폭이며,

제 1 커플러의 입력 도파관의 식별자  $i$ 는 도파관의 횡방향을 따라 증가하고, 상기 제 1 커플러의 출력 도파관의 식별자  $j'$ 도 상기 횡방향을 따라 증가한다고 가정하면, 제 1 커플러의 입력 도파관( $i$ )과 출력 도파관( $j'$ )은 각각, 위치( $x_i$ )와 위치( $x_{j'}$ )에 위치하며, 상기 위치( $x_i$ ) 및 위치( $x_{j'}$ )는,

$$x_i = (2i-1) \frac{W_e}{2N_{IN}},$$

$i=1, 2, \dots, N_{IN}$ 에 대하여,

$$x_{j'} = (2j'-1) \frac{W_e}{2N_a}$$

$j'=1, 2, \dots, N_a$ 에 대하여,

와 같고,

격자(22)의 도파관(j)에 제공되는 위상 편이기의 위상 편이 값  $\theta_j$ 은,

$i=1, 2, \dots, N_{IN}$ ,  $j=1, 2, \dots, N_a$  및  $k=1, 2, \dots, N_{OUT}$ 에 대하여,

$\varphi_{ij} + \varphi'_{jm} + \theta_j = 2\pi A_{ikm}$  를 만족시키며, 여기서

$$\varphi_{ij} = \phi_1 - \frac{\pi}{2}(-1)^{i+j+N_a} + \frac{\pi}{4N_a} \left[ i + j - i^2 - j^2 + (-1)^{i+j+N_a} \left( 2ij - i - j + \frac{1}{2} \right) \right]$$

이고, 이때

$$\phi_1 = -\beta_0 \frac{3M_c L_\pi}{N_a} - \frac{9\pi}{8N_a} + \frac{3\pi}{4} \text{이며,}$$

$$\phi'_{jm} = \phi'_1 - \frac{\pi}{2} (-1)^{j+m+N_a} + \frac{\pi}{4N_a} \left[ j+m-j^2-m^2 + (-1)^{j+m+N_a} \left( 2jm - j - m + \frac{1}{2} \right) \right] \text{이고,} \quad \text{이때,}$$

$$\phi'_1 = -\beta'_0 \frac{3M'_c L'_\pi}{N_a} - \frac{9\pi}{8N_a} + \frac{3\pi}{4} \text{이고, 여기서 } A_{ikm} \text{는 정수 상수인 것을 특징으로 하는 광학 장치.}$$

**청구항 37**

제 20 항에 있어서, 상기 제 1 커플러의 입력(i)에서 제 2 커플러의 출력(k)으로의 전달함수  $T_{ik}(f)$ 의 절대값은, 제 1 커플러(21)의 입력(i)에서 제 2 커플러의 기준 출력(m)으로의 기준 전달함수  $T_{im}(f)$ 의 절대값의 주파수 편이된 값으로서,  $i=1, 2, \dots, N_{IN}$  및  $k, m=1, 2, \dots, N_{OUT}$ 에 대하여,

$$\left| T_{ik}(f) \right| = \prod_{v=0}^{V-1} \left| F_v \left( a_v f + \frac{S_{ik}}{N_k \tau} \right) \right| = \left| T_{im} \left( f - n \frac{c}{n_e N_k \Delta L} \right) \right| \text{와 같고, 여기서,}$$

$$F_0(f) = T_{im}(f) \text{이고,}$$

$c$ 는 광속이며,

$$a_v=1 \text{이고,}$$

$n_e$ 는 상기 격자(22)의 도파관의 굴절률이며,

$V=1$ 이고,

$S_{sk}=-n$ 이며, 여기서  $n$ 은, 서로 다른 2개의 출력( $k$ ) 및 출력( $k'$ )에 대응하는 값들이 서로 상이하다는 조건,

$$k \neq k' \rightarrow n \neq n' \quad k, k' = 1, 2, \dots, N_{OUT} \quad \tau = \frac{\Delta L \cdot n_e}{c} \text{인 것을}$$

특징으로 하는 광학 장치.

**청구항 38**

제 37 항에 있어서,  $k=1, 2, \dots, N_{OUT}$ 에 대하여  $N_k=N_{OUT}$ 인 것을 특징으로 하는 광학 장치.

**청구항 39**

제 20 항에 있어서, 상기 제 1 커플러는 포커싱 커플러 또는 "slab(슬랩)"인 것을 특징으로 하는 광학 장치.

**청구항 40**

제 20 항에 있어서, 상기 제 2 커플러는 포커싱 커플러 또는 "slab(슬랩)"인 것을 특징으로 하는 광학 장치.

**청구항 41**

제 20 항에 있어서, 상기 제 1 커플러는 포커싱 커플러 또는 "slab(슬랩)"이고, 상기 제 2 커플러는 포커싱 커플러 또는 "slab(슬랩)"이며, 상기 제 1 커플러에서 그리고 상기 제 2 커플러에서 입력 및 출력 도파관의 위치는 로울랜드 원형 구성(Rowland circle construction)에 따름을 특징으로 하는 광학 장치.

**청구항 42**

제 39 항 또는 제 40 항 또는 제 41 항에 있어서, 격자의 서로 이웃하는 도파관의 길이는 상수  $\Delta L$ 만큼 차이남을 특징으로 하는 광학 장치.



**청구항 43**

제 39 항 또는 제 40 항 또는 제 41 항에 있어서,

$$N_a = \frac{\lambda R}{n_s d d_0}$$

이며,

여기서,

$\lambda$  는 입력 광학 신호의 파장이고,

R는 제 1 및 제 2 포커싱 커플러 초점 길이이며,

$n_s$ 는 제 1 및 제 2 포커싱 커플러 유효 굴절률이고,

d는 도파관 격자의 격자간격이고,

$d_0$ 는  $N_{IN}$ 개의 입력 도파관과  $N_{OUT}$ 개의 출력 도파관의 격자간격을 특징으로 하는 광학 장치.

**청구항 44**

제 39 항 또는 제 40 항 또는 제 41 항에 있어서,  $N_{IN}$ 개의 입력 도파관과  $N_{OUT}$ 개의 출력 도파관은 도파관의 횡방향에 따라 증가하는 식별자  $i$ 와  $k$ 로 각각 표시됨을 가정하면, 제 1 커플러의 입력( $i$ )에서 제 2 커플러의 출력( $k$ )으로의 전달함수  $T_{ik}(f)$ 의 절대값은, 상기 제 1 커플러의 입력( $i$ )에서, 이에 대응하는 기준 출력( $m_{REF-i}$ )(이 때,  $1 \leq m_{REF-i} \leq N_{OUT}$ )으로의 기준 전달함수  $T_{im_{REF-i}}(f)$ 의 절대값의 주파수 편이된 값으로서,  $i=1, 2, \dots, N_{IN}$  및

$$k=1, 2, \dots, N_{OUT}$$

에 대하여,  $|T_{ik}(f)| = \prod_{v=0}^{V-1} \left| F_v \left( \alpha_v f + \frac{S_{ik}}{N_k \tau} \right) \right| = \left| T_{im_{REF-i}} \left( f - \frac{i+k}{N_k \tau} \right) \right|$  과 같으며, 여기서

$$F_0(f) = T_{im_{REF-i}}(f) \text{ 이고,}$$

$c$ 는 광속이고,

$\alpha_v=1$ 이며,

$n_e$ 는 격자(22)의 도파관의 굴절률이며,

$V=1$ 이고,

$S_{sk}=(i+k)$ 이며

$$\tau = \frac{\Delta L \cdot n_e}{c}$$

시간 상수  $\tau$ 는 와 같은 것을 특징으로 하는 광학 장치.

**청구항 45**

제 44 항에 있어서,

$N_{IN}=N_a=N_{OUT}$ 이며, 입력( $i$ )에 대응하는 기준 출력 도파관의 식별자  $m_{REF-i}$  는,

$$m_{REF-i} = \begin{cases} i \neq N_a \text{에 대해, } N_a - i \\ i = N_a \text{에 대해, } N_a \end{cases} \text{ 여기서, } i = 1, 2, \dots, N_a$$

와 같은 것을 특징으로 하는 광학 장치.

**청구항 46**

제 44 항에 있어서,  $k=1, 2, \dots, N_{OUT}$ 에 대하여,  $N_k=N_{OUT}$ 인 것을 특징으로 하는 광학 장치.

**청구항 47**

삭제

**청구항 48**

삭제

**청구항 49**

삭제

**청구항 50**

삭제

**청구항 51**

삭제

**청구항 52**

삭제

**청구항 53**

삭제

**청구항 54**

삭제

**청구항 55**

하나 이상의 코드 생성 장치(1)와, 하나 이상의 코드 처리 및 인식 장치(4, 5)를 포함하는 통신 네트워크에 있어서,

상기 하나 이상의 코드 생성 장치(1)와 상기 하나 이상의 코드 처리 및 인식 장치(4, 5) 중 한 가지 이상의 장치는 하나 이상의 광학 장치(6)를 포함하며,

상기 광학 장치(6)는 P개의 입력(s)과 N개의 출력(k)으로 구성되는데, 이때  $1 \leq s \leq P$  및  $P \geq 1$ 이고  $1 \leq k \leq N$  및  $N \geq 1$ 이며,

상기 광학 장치(6)는 하나 이상의 파장에서  $N_c$ 개의 서로 다른 위상 또는 진폭을 갖는 광학 코드를 동시에 발생시키고 처리하는데, 이때  $N_c \geq 2$ 이며, 상기 광학 코드는 C개의 칩(chip)과 칩 간 간격( $\tau$ )으로 구성되며,

$C \geq 2$ 이며, 입력(s)에서 출력(k)으로의 전달함수  $T_{sk}(f)$ 는,

$$s=1, \dots, P \text{ 및 } k=1, \dots, N \text{에 대하여, } \left| T_{sk}(f) \right| = \prod_{v=0}^{V-1} \left| F_v \left( a_v f + \frac{S_{sk}}{N_k \tau} \right) \right| \text{의 수식을 만족시키며, 여기서,}$$

$v=0, 1, \dots, V-1$ 에 대하여  $F_v(f)$ 는 광학 필터의 전달함수이고,

$v=0, 1, \dots, V-1$ 에 대하여  $a_v$ 는 상수이고,

$S_{sk}$ 는 정수이며(즉,  $S_{sk} \in Z$ ),

$k=1, 2, \dots, N$ 에 대하여  $N_k$ 는 상수이고,

V는 양의 정수이며,  $1 \leq V \leq \log_2 N$ 인 것을 특징으로 하는 통신 네트워크.

**청구항 56**

제 55 항에 있어서, 상기 하나 이상의 광학 장치(6)는, 하나 이상의 광학 코드(2)를 하나 이상의 정보 광학 신호(3)에 관련시키기 위해, 상기 하나 이상의 코드 생성 장치(1) 내에 포함됨을 특징으로 하는 통신 네트워크.

**청구항 57**

제 55 항에 있어서, 상기 하나 이상의 광학 장치(6)는, 상기 하나 이상의 코드 처리 및 인식 장치(4, 5) 내에 포함되어, 하나 이상의 인식된 광학 코드(2)를 사용하여 하나 이상의 광학 스위치(13)를 제어하도록 함을 특징으로 하는 통신 네트워크.

**청구항 58**

제 57 항에 있어서, 상기 하나 이상의 코드 처리 및 인식 장치(4, 5)는 라우터 장치이며, 상기 라우터 장치 내에 하나 이상의 광학 장치(6)가 포함됨을 특징으로 하는 통신 네트워크.

**청구항 59**

제 55 항에 있어서, 상기 통신 네트워크는 멀티 프로토콜 라벨 스위칭(MPLS) 통신 네트워크임을 특징으로 하는 통신 네트워크.

**청구항 60**

제 55 항에 있어서, 상기 통신 네트워크는 코드 분할 다중 접속(CDMA) 통신 네트워크임을 특징으로 하는 통신 네트워크.

**청구항 61**

광학 장치(6)를 포함하는 코드 생성 장치(1)에 있어서,

상기 광학 장치(6)는 P개의 입력(s)과 N개의 출력(k)으로 구성되는데, 이때  $1 \leq s \leq P$  및  $P \geq 1$ 이고  $1 \leq k \leq N$  및  $N \geq 1$ 이며,

상기 광학 장치(6)는 하나 이상의 과정에서  $N_c$ 개의 서로 다른 위상 또는 진폭을 갖는 광학 코드를 동시에 발생시키고 처리하는데, 이때  $N_c \geq 2$ 이며, 상기 광학 코드는 C개의 칩(chip)과 칩 간 간격( $\tau$ )으로 구성되며,

$C \geq 2$ 이며, 입력(s)에서 출력(k)으로의 전달함수  $T_{sk}(f)$ 는,

$$|T_{sk}(f)| = \prod_{v=0}^{V-1} \left| F_v \left( a_v f + \frac{S_{sk}}{N_k \tau} \right) \right|$$

$s=1, \dots, P$  및  $k=1, \dots, N$ 에 대하여,의 수식을 만족시키며, 여기서,

$v=0, 1, \dots, V-1$ 에 대하여  $F_v(f)$ 는 광학 필터의 전달함수이고,

$v=0, 1, \dots, V-1$ 에 대하여  $a_v$ 는 상수이고,

$S_{sk}$ 는 정수이며(즉,  $S_{sk} \in Z$ ),

$k=1, 2, \dots, N$ 에 대하여  $N_k$ 는 상수이고,

V는 양의 정수이며,  $1 \leq V \leq \log_2 N$ 이며,

상기 코드 생성 장치는 통신 네트워크에서 사용되며, 상기 통신 네트워크는 하나 이상의 코드 생성 장치와 하나 이상의 코드 처리 및 인식 장치(4, 5)를 포함하는 것을 특징으로 하는 코드 생성 장치.

**청구항 62**

코드 처리 및 인식 장치(4, 5)에 있어서, 상기 코드 처리 및 인식 장치(4, 5)는 하나 이상의 인식된 광학 코드

(2)를 이용하여 하나 이상의 광학 스위치(13)를 제어하기 위한 광학 장치(6)를 포함하며,

상기 광학 장치(6)는 P개의 입력(s)과 N개의 출력(k)으로 구성되는데, 이때  $1 \leq s \leq P$  및  $P \geq 1$ 이고  $1 \leq k \leq N$  및  $N \geq 1$ 이며,

상기 광학 장치(6)는 하나 이상의 파장에서  $N_c$ 개의 서로 다른 위상 또는 진폭을 갖는 광학 코드를 동시에 발생시키고 처리하는데, 이때  $N_c \geq 2$ 이며, 상기 광학 코드는 C개의 칩(chip)과 칩 간 간격( $\tau$ )으로 구성되며,

$C \geq 2$ 이며, 입력(s)에서 출력(k)으로의 전달함수  $T_{sk}(f)$ 는,

$$|T_{sk}(f)| = \prod_{v=0}^{V-1} \left| F_v \left( a_v f + \frac{S_{sk}}{N_k \tau} \right) \right|$$

$s=1, \dots, P$  및  $k=1, \dots, N$ 에 대하여,  $|T_{sk}(f)|$ 의 수식을 만족시키며, 여기서,

$v=0, 1, \dots, V-1$ 에 대하여  $F_v(f)$ 는 광학 필터의 전달함수이고,

$v=0, 1, \dots, V-1$ 에 대하여  $a_v$ 는 상수이고,

$S_{sk}$ 는 정수이며(즉,  $S_{sk} \in Z$ ),

$k=1, 2, \dots, N$ 에 대하여  $N_k$ 는 상수이고,

V는 양의 정수이며,  $1 \leq V \leq \log_2 N$ 이며,

상기 코드 처리 및 인식 장치(4, 5)는 통신 네트워크에서 사용되며, 상기 통신 네트워크는 하나 이상의 코드 생성 장치(1)와 하나 이상의 코드 처리 및 인식 장치(4, 5)를 포함하는 것을 특징으로 하는 코드 처리 및 인식 장치.

### 청구항 63

제 62 항에 있어서, 상기 코드 처리 및 인식 장치는 라우터 장치임을 특징으로 하는 코드 처리 및 인식 장치.

## 명세서

### 기술분야

[0001] 본 발명은 광학 장치에 대한 것이며, 특히 라벨(label) 발생 및 처리가 광학 영역에서 직접 실행될 수 있도록 하는, 광학 코드를 동시 발생 및 처리하기 위한 평판광파회로(즉, PLC) 기술로 실행되는 것이 바람직한 광학 장치에 대한 것이다. 이 같은 장치는 정확하고, 신뢰할 수 있으며, 간단하고 그리고 가격이 비싸지 않다는 장점이 있으며, 특히 멀티 프로토콜 라벨 스위칭(즉, MPLS) 통신 네트워크에서 사용될 수 있으며, 그리고 코드 분할 다중 접속(즉, CDMA) 네트워크에서 사용될 수 있다.

[0002] 본 발명은 특히 높은 정확도로 서로에 대하여 인식될 수 있도록 서로 직교하는 광학 장치들에 의해 발생될 수 있는 한 세트의 광학 코드에 대한 것이다. 특히, 이 같은 코드를 사용함으로써, MPLS 네트워크를 통하여 전송되는 정확하고 신뢰할 수 있는 데이터 패킷 라우팅이 가능하고, CDMA 네트워크를 통해 전송된 신호의 정확한 수신 이 가능하다.

[0003] 본 발명은 또한 상기와 같은 광학 장치를 포함하는 네트워크 및 장치에 대한 것이다.

### 배경 기술

[0004] IP 프로토콜 (인터넷 프로토콜)을 사용하는 현재 가장 널리 퍼진 통신 네트워크는 SONET/SDH(동기식 광학 네트워크/동기식 디지털 계층) 전송 계층(transport layer)을 사용하며, 이 같은 계층 위에 ATM(비동기식 전송 모드) 스위칭 계층이 있고, 이 계층에서 IP 프로토콜에 따라 데이터가 이동한다. 특히, 음성 트래픽은 SONET/SDH 계층을 통해 이동한다. 이 같은 네트워크에 의해, 둘 이상의 파장이 WDM(파장 분할 멀티플렉싱)에 따라 송신하기 위해 사용될 수 있다. 이 같은 4-계층 아키텍처는 적당한 비용으로 높은 트래픽 볼륨을 처리하기에는 너무 느리다. 그러나 무엇보다도 전체 네트워크의 확장성과 유연성과 관련하여 효율적이지 못한 점이 있다.

- [0005] 이 같은 이유로, MPLS 시스템이 IETE(인터넷 엔지니어링 테스크 포스) 기구에 의해 제안되고 표준화되었으며, 상기 시스템은 SONET/SDH 및 ATM 층을 단일의 IP/MLS 층으로 통합함으로써, 프로토콜 스택을 줄이기 위해 광학 네트워크를 스케일링하고 관리하기 위한 한 세트의 프로토콜을 기반으로 한다. 사실, 다음과 같은 문헌(발표자, 발표 타이틀, 문헌 소속 명 등, 문헌 위치 쪽 및 발표 시기의 순서)에서와 같이:
- [0006] K. H. Liu, "IP OverWDM", John Wiley & Sons, Ltd West Sussex, England 2003;
- [0007] M. Murata 및 K. I. Kitayama, "A perspective on photonic multi protocol label switching", IEEE Network, July/August, pp. 56-63,2001;
- [0008] R. Xu, Q. Gong 및 P. Ye, "A novel IP with MPLS over WDM-based broad-band wavelength switched IP network", IEEE J. Light wave Technol., vol. 19, n. 5, pp. 596-602,2001;
- [0009] M. Kogam "Photonic MPLS route", Proc. Lasers and Electro-Optics, (CLEO), Long Beach, California USA, vol. 1, pp.581-582, vol. 1,2002;
- [0010] D. J. Blumenthal, "Photonic packet and all-optical label switching technologies and techniques", Opt. Fiber Comm. Conf. (OFC), Anaheim, California USA, paper W03, pp. 282-284,2002;
- [0011] 트래픽 엔지니어링을 간단하게 하고, 네트워크 자원의 사용을 효율적이도록 하기 위해, MPLS 프로토콜은 IP 프로토콜과 중복된다.
- [0012] 도 1a를 참조하면, MPLS 네트워크의 입력 노드(1)에서, 각각의 데이터 패킷(3)의 앞 부분(head)(또는 뒷 부분(tail))에 일정한 포맷을 갖는 라벨(2)이 삽입된다. 특히, 이 같은 라벨은 보통 최대 32비트를 갖는 코드이며, 더 적합하게는, 각각의 라벨 비트는 칩(chip)이라고 불리운다. 다음 노드(4) 각각에서, 패킷(3)은, 상기 패킷(3)을 최종적으로 수신할 목적지 노드(5)까지, 라벨(2) 자체의 값을 기초로 하여 라우팅된다.
- [0013] 다시 말해서, MPLS 네트워크는 광학 네트워크의 외부 노드(1)과 (5)를 연결하는 가상의 링크, 즉 터널(tunnel)을 발생시킨다. 데이터 패킷(3)이 터널의 입구에서 입력되면, 정규 IP 프로시저가 중단되고, 이른바 라벨 스위칭(label switching)이라는 것에 따라, 패킷이 라벨(2)의 값을 토대로 목적지 노드(5)로 라우팅된다.
- [0014] 따라서, MPLS 프로토콜은 IP 패킷의 정규 라우팅을 대체하는 것이 아니라, 서로 다른 QoS(서비스 품질) 요구사항을 갖는 트래픽 흐름에 대해 충분한 대역을 할당하면서, 데이터 전송 속도를 증가시키기 위해 이러한 프로토콜과 중첩하는 것이다.
- [0015] 그러나 MPLS 네트워크는 몇 가지 단점을 갖고 있다.
- [0016] 현재의 MPLS 네트워크의 주요한 단점은, 라벨 발생 및 처리가 광학(optical) 레벨이 아닌 전자(electronic) 레벨에서 이뤄진다는 것인데, 이는 최대 전송 속도를 약 10 Gbit/sec까지로 크게 제한한다.
- [0017] 사실, 현재 기술은 라벨(즉 상기 데이터 패킷의 전단(또는 후단)에 삽입되는 최대 32칩 길이를 갖는 코드)를 사용하고, 따라서 얻어진 전자 신호가 광학 신호로 변환되고 MPLS 네트워크로 전송된다. 각각의 단일 노드에서, 데이터 패킷(3)과 라벨(2)로 구성된 광학 신호는 전자 신호로 다시 변환되어야하고, 그로부터 상기 라벨(2)이 추출된다.
- [0018] 상기 라벨(2)은, 상기 라벨(2) 자신과, 저장 코드들의 테이블에 삽입되어 있는 나머지 모든 라벨 간에 상관 연관(correlation)을 실행시킴으로써 판독된다.
- [0019] 상기 라벨들 모두는 서로에 대하여 직교(orthogonal) 관계이며, 입력 라벨이 테이블 내 대응하는 라벨과 매칭될 때만, 자기상관(auto-correlation) 함수에서 피크(peak)가 존재한다. 이 같은 경우, 상기 라벨(2)이 포함된 데이터 패킷(3)은 다시 전자 신호에서 광학 신호로 변환되며, 다음 번 노드로 라우팅된다. 라벨 변경이 필요한 때, 라벨 교환기를 통하여 데이터 패킷에 새로운 라벨이 제공되고, 그 후 라우팅된다. 이상의 모든 과정은 각각의 노드에서 전기-광학-전기의 이중 변환을 필요로 하며, 광 탐지기와 레이저 소스를 사용함을 포함한다. 이들 장치는 광학 네트워크의 비용의 75% 이상을 차지하며, 따라서 이들의 사용을 최대한 줄이는 것이 경제적으로 바람직한 것이다.
- [0020] 상기 단점들에 대한 몇 가지 해결이 다음의 문헌(발표자, 발표 타이틀, 문헌 소속 명 등, 문헌 위치 쪽 및 발표 시기의 순서)에서 제안되었다:
- [0021] K.-I. Kitayama, N. Wada, 및 H. Sotobayashi, "Architectural considerations for photonic IP router based

upon optical code correlation", IEEE J. Lightwave Technol., vol. 18, n. 12, pp. 1834-1844, 2000;

- [0022] K.-I. Kitayama 및 N. Wada, "Photonic IP routing", IEEE J. Lightwave Technol., vol. 11, n. 12, pp. 1689-1691, 1999;
- [0023] N. Wada 및 K.-I. Kitayama, "Photonic IP routing using optical codes : 0 Gbit/s optical packet transfer experiment", Proc. Optical Fiber Communication Conference (OFC), Baltimore, Maryland USA, vol. 2, paper WM51-1, pp. 362-364, 2000;
- [0024] K.-I. Kitayama 및 M. Murata, "Photonic access node using optical-code based label processing and its applications to optical data networking", IEEE J. Lightwave Technol., vol. 19, n. 10, pp. 1401-1415, 2001.
- [0025] 구체적으로, 상기와 같은 아키텍처에서, 광학 영역에서 직접 라벨을 발생시키고 처리하는 것이 제안되었다.
- [0026] 라벨을 관독하기 위하여, 입력 라벨과 테이블 내 모든 라벨(N개의 라벨) 간의 상관 연산을 N번 수행할 필요가 있기 때문에, 이러한 해결책은 N개의 서로 다른 장치를 이용하여 광학 영역에서, 각각의 라벨에 대해 하나씩, N번의 상관 연산을 수행한다.
- [0027] 그러나 이러한 해결책은, 각각의 패킷의 N개의 복사본과 N개의 상관기(correlator)를 필요로 하는 상관 연산 장치의 복잡함과 비용 때문에, 또 다른 단점을 수반한다.
- [0028] 광학 영역에서 직접 MPLS 네트워크를 관리하기 위한 또 다른 해결책은 멀티 프로토콜 과장 스위칭 즉 MPLS(멀티 프로토콜 램다 스위칭) 시스템(GMPLS라고 불리기도 함)을 사용하는 것이다. 여기서 각기 다른 과장이 라벨로서 사용된다.
- [0029] 그러나, 이들 시스템들도 몇 가지 단점을 가지고 있다.
- [0030] 이들 시스템의 주요 단점은 코드 집합원의 개수가 적다는 것인데, 즉, 라벨과 이에 대응하는 과장  $\lambda$  간의 엄격한 1대1 대응관계로 인해, 라벨의 개수가 적다는 것이다.
- [0031] 또한 상기 GMPLS 시스템은 일반적인 레이저 소스보다 값비싼, 각기 다른 과장을 발생시키기 위한 동조가능한 레이저 소스(tunable laser source)를 필요로 한다.
- [0032] 또한, 이들 시스템은 각기 다른 레벨을 관독하기 위해 각 노드에서 디멀티플렉서를 필요로 한다.
- [0033] 지금까지 설명된 바는, 다중 접속 기법이 많은 수의 사용자를 위한, 하나의 전송 채널로의 동시 접속을 가능하게 하는 CDMA 네트워크에서도 유효하다.
- [0034] 특히, 상기 CDMA 기술은 특정 코드를 각 사용자에게 할당하는데, 이때, 상기 특정 코드는 전송될 정보 신호에 독립적이다. 확산(spreading)이라 불리는 인코딩 동작은, 각각의 사용자에게 할당된 코드와 정보 신호를 곱하는 과정을 포함한다. 대신, 디코딩 동작에서, 수신기가 수신된 신호와 (수신받은) 사용자의 코드 간의 상관 연산을 수행한다(역확산). 네트워크에 동시에 접근하는 다양한 사용자들 간의 간섭을 피하기 위해, 코드들이 서로 직교할 것이 필요하다.
- [0035] 다음의 문헌(발표자, 발표 타이틀, 문헌 소속 명 등, 문헌 위치 쪽 및 발표 시기의 순서)에서 설명되는 바와 같이:
- [0036] D. D. Sampson, G. J. Pendock, 및 R. A. Griffin, "Photonic Code-division multiple access communications" Fibre and Int. Opt. , vol. 16, pp. 129-157, 1997;
- [0037] M. Azizoglu, J. A. Salehi, 및 Y. Li, "Optical CDMA via temporal codes" IEEE Trans. Commun., vol 40, n. 7, pp. 1162-1170 (1992);
- [0038] J. A. Saiehi, "Code division multiple-access techniques in optical fiber networks-part 1 : fundamental principles," IEEE Trans. Commun., vol 37, n. 8, pp. 824-833 (1989);
- [0039] M. E. Marhic, "Coherent optical CDMA networks", J. Lightwave Technol., vol. 11, n.5/6, pp. 854-864 (1993);
- [0040] K.-I. Kitayama, "Code division multiplexing lightwave networks based upon optical code conversion" IEEE J. Select. Areas Commun., vol. 16, n. 7, pp. 1309-1319, 1998,

- [0041] 도 1b에서 개략적으로 도시된 바와 같이, 다중 접근 광학 네트워크에서, 모든 사용자(50)에 의해 전송된 신호들이, 성형 커플러(star coupler, 52)를 이용하여, 수신기(51) 각각으로 분산된다. 데이터 코딩 및 디코딩이 광학 영역에서 수행된다면, 전체 전송 속도가 전자 인코더 및 디코더로 도달될 수 있는 속도보다 매우 높을 것이다. N개의 각기 다른 인코더(53)로 제안되는 모든 아키텍처에서, 사용자(50) 각각에 대하여 하나씩 사용된다. 수신 측에서, 희망 사용자 코드가 알려져 있다면, 적응성 필터를 이용하여 디코딩이 수행된다. 물론 각 코드에 하나씩, N 개의 각기 다른 디코더(54)를 가질 것이 필요하다.
- [0042] MPLS 및 CDMA 네트워크는 또 다른 단점을 갖는다.
- [0043] 사실, 각기 다른 광학 코드들을 정확하게 구분시키기 위해, 자기상관(auto-correlation) 함수의 피크가 가능한 한 높아야 하고, 반면 상호상관(cross-correlation) 함수는 모든 곳에서 제로에 가까워야 한다. 광학 코드의 특성 및 속성이 다음과 같은 문헌(발표자, 발표 타이틀, 문헌 소속 명 등, 문헌 위치 쪽 및 발표 시기의 순서)에서 제공된다:
- [0044] S. W. Lee 및 D. H. Green, "Coding for coherent optical CDMA networks", IEEE Proc. Commun. , vol. 145, n. 3, pp. 117-125, 1998;
- [0045] S. W. Lee 및 D. H. Green, "Performance analysis method for optical codes in coherent optical CDMA networks", IEEE Proc. Commun. , vol. 147, n. 1, pp. 41-46, 2000;
- [0046] S. W. Lee 및 D. H. Green, "Performance analysis of optical orthogonal codes in CDMA LANs", IEEE Proc. Commun., vol. 147, n. 4, pp. 256-271, 1998;
- [0047] F. R. K. Chung, J. A. Salehi, 및 V. K. Wei, "Optical orthogonal codes : design, analysis, and applications" IEEE Trans. Inform. Theory, vol. 35, n. 3, pp.595-604, 1989; 그리고
- [0048] G. -C. Yang 및 T. E. Puja, "Optical orthogonal codes with unequal auto-and cross- correlation constraints", IEEE Trans. Inform. Theory, vol. 41, n. 1, pp. 96- 106, 1995. The codes proposed by K.-I. Kitayama, N. Wada, and H.
- [0049] 다음 문헌(발표자, 발표 타이틀, 문헌 소속 명 등, 문헌 위치 쪽 및 발표 시기의 순서)
- [0050] Sotobayashi, "Architectural considerations for photonic IP router based upon optical code correlation", IEEE J. Lightwave Technol., vol. 18, n. 12, pp. 1834-1844, 2000; 그리고
- [0051] K.-I. Kitayama, "Code division multiplexing lightwave networks based upon optical code conversion" IEEE J. Select. Areas Commun., vol. 16, n. 7, pp. 1309-1319, 1998에서 제안된 코드는,
- [0052] 하다마드 코드(Hadamard code)로서,  $ACP=N^2$ 과 같은 자기상관 피크(즉, ACP)를 제공하며, 반면  $CCP=(N-1)^2$ 인 상기 상호상관 함수의 최대값, 즉, 상호상관 피크(CCP)를 제공한다. 일례로서,  $N=8$ 인 경우 자기상관 피크는  $ACP=64$ 이며, 상호상관 함수의 최대값은  $CCP=49$ 이다. 결과적으로, 코드 직교성(code orthogonality) 파라미터는  $r=CCP/ACP=49/64=0.77$ 로 꽤 높으며, 따라서 MPLS 네트워크의 라우터와 CDMA 시스템에서 탐지를 위한 특별히 정확한 성능을 가능하게 하지 못한다.

**발명의 상세한 설명**

- [0053] 따라서 본 발명의 목적은 광학 영역에서 직접 정확하고, 신뢰할 수 있으며, 간단하고, 그리고 비싸지 않은 방법으로 라벨 발생을 가능하게 하는 것이다.
- [0054] 본원 발명의 목적은 높은 정확도로 서로에 대하여 인식할 수 있도록 높은 직교성을 갖는 한 세트의 광학 코드를 제공하는 것이며, 특히 MPLS 네트워크를 통하여 전송된 데이터 패킷의 정확하고 신뢰할 수 있는 라우팅을 가능하게 하고, CDMA 네트워크에서 이들과 관련된 단일 사용자에게 대한 정확하고 신뢰할 수 있는 식별을 가능하게 하는 광학 코드를 제공하는 것이다.
- [0055] 본원 발명의 특수한 광학 장치는 P개의 입력(s)과 N개의 출력(k)으로 구성되며, 이때  $1 \leq s \leq P$  및  $P \geq 1$ 이고  $1 \leq k \leq N$  및  $N \geq 1$ 이며, 상기 광학 장치는 하나 이상의 파장에서  $N_c$ 개의 서로 다른 위상 또는 진폭을 갖는 광학 코드를 동시에 발생시키고 처리하는데, 이때  $N_c \geq 2$ 이며, 상기 광학 코드는 C개의 칩(chip)과 칩 간 간격( $\tau$ )으로 구

성되며,  $C \geq 2$ 이며, 입력(s)에서 출력(k)으로의 전달함수  $T_{sk}(f)$  는,

$$|T_{sk}(f)| = \prod_{v=0}^{V-1} \left| F_v \left( a_v f + \frac{S_{sk}}{N_k \tau} \right) \right|, \text{ for } s=1,2..P \quad k=1,2,..N$$

[0056] 을 만족하고, 여기서

$v=0, 1, \dots, V-1$ 에 대하여  $F_v(f)$  는 광학 필터의 전달함수이고,

$v=0, 1, \dots, V-1$ 에 대하여  $a_v$  는 상수이고,

$S_{sk}$ 는 정수이며(즉,  $S_{sk} \in Z$ ),

$k=1, \dots, N$ 에 대하여  $N_k$ 는 상수이고,

[0057]  $V$ 는 양의 정수이며,  $1 \leq V \leq \log_2 N$ 이다.

[0058] 본 발명에 따라, 상기 입력 s로부터 출력 k로의 전달 함수  $T_{sk}(f)$ 는 다음 식과 같다.

$$T_{sk}(f) = \prod_{v=0}^{V-1} F_v \left( a_v f + \frac{S_{sk}}{N_k \tau} \right), \text{ for } s=1,2..P \quad k=1,2,..N$$

[0059]

[0060] 본 발명에 따라, 칩의 개수  $C$ 는 출력(k)의 개수  $N$  과 같거나 그보다 클 수 있다( $C \geq N$ ).

[0061] 본 발명에 따라, 동시에 발생시키고 처리할 수 있는 광학 코드의 개수  $N_c$ 는 출력(k)의 개수  $N$ 과 같거나 그보다 클 수 있다( $N_c \geq N$ ).

[0062] 또한 본 발명에 따라, 출력(k)의 개수는 2의 거듭 제곱( $N=2^z$ ,  $z$ 는 양의 정수 또는 제로)일 수 있다.

[0063] 본 발명에 따라,  $k = 1, 2, \dots, N$  에 대하여  $N_k$ 는 정수 상수이다.

[0064] 본 발명에 따라 입력(s)의 개수  $P$ 는 1이다( $P=1$ ).

[0065] 본 발명에 따라, 상기 장치는 적어도 한 트리(tree)의 광학 필터로 구성되며, 필터 각각은 하나의 입력 그리고 두 개의 출력을 포함하고, 트리 각각은 하나의 입력,  $L$  레벨 그리고  $N_t$  출력으로 구성되며,  $L \geq 1$  이고  $1 \leq N_t \leq 2^L$  이다. 필터 각각은 각각의 직접 전달 함수  $H(f)$  그리고 각각의 크로스 전달 함수  $G(f)$ 를 가지며, 상기 트리(tree)의  $L$  레벨은 루트(root)에서 리브(leaves) 또는 리브에서 루트로 오름차순에 따라 위치된다.

[0066] 본 발명에 따라, 상기 적어도 한 트리의 광학 필터 각각의 직접 및 크로스 전달 함수  $H(f)$  및  $G(f)$ 는 길이가  $M$  이고,  $M \geq 2$ 인 두 개의 무한 임펄스 응답 또는 FIR, 구상 미러 필터 또는 QMF의 전달 함수에 해당하며, 다음 식을 만족한다;

$$G(f) = e^{-j2\pi f \tau} H^* \left( f + \frac{1}{2\tau} \right)$$

[0067]

[0068] 여기서 별표는 복소 쥬레(complex conjugation)를 나타낸다.

[0069] 본 발명에 따라, 트리 입력으로부터 레벨  $V$ 에 위치한 출력(k)으로의 전달 함수  $T_{sk}(f)=T_k(f)$ 는,

$$|T_k(f)| = \prod_{v=0}^{V-1} \left| F_v \left( a_v f + \frac{S_{sk}}{N_k \tau} \right) \right| = \prod_{v=0}^{V-1} |F_v(2^v f)|, \text{ for } k=1,2,..N_t$$

[0070] 을 만족한다.

[0071] 여기서,  $v=0, 1, \dots, V-1$ 에 대하여, 곱셈의 각 인자  $F_v(f)$  는  $G(f)$  또는  $H(f)$ 이며;  $v=0, 1, \dots, V-1$ 인 때



$\alpha_v=2^V$  이고;  $S_{sk}=0$ 이며, 그리고  $V \leq L$ 이다.

[0072] 본 발명에 따라, 광학 필터 각각의 상기 직접 및 크로스 전달 함수  $H(f)$  및  $G(f)$ 의 계수  $h[k]$  및  $g[k]$ 는 각각 다음을 만족시킨다:

[0073] 
$$g[k] = (-1)^k h[1-k]$$

$$\sum_{k=0}^{M-1} h[k] h[k+2n] = \delta[n] \quad n \in Z$$

$$\sum_{k=0}^{M-1} h[k] = \sqrt{2}$$

[0074] 
$$\sum_{k=0}^{M-1} (-1)^k h[k] = 0$$

[0075] 여기서  $\delta[n]$ 는 크로네커 델타 함수(Kronecker delta function)이다.

[0076] 본 발명에 따라, 광학 필터 각각은 유닛 지연  $2^1 \tau$ 을 갖는 평면 필터이며, 여기서 1은 필터가 위치하는 레벨이며,  $0 \leq 1 \leq L-1$  이고, 상기 트리의 L 레벨은 루트로부터 리브로 또는 리브로부터 루트로 오름 차수에 따라 식별자 1로 표시된다.

[0077] 또한 본 발명에 따라, 입력으로부터 출력으로의 전달 함수  $T_{sk}(f) = T_k(f)$ 는,

[0078] 
$$|T_k(f)| = \prod_{v=0}^{V-1} \left| F_v \left( \alpha_v f + \frac{S_{sk}}{N_k \tau} \right) \right| = \left| F_0 \left( f + \frac{S_k}{N_t \tau} \right) \right|, \text{ for } k = 1, 2, \dots, N_t$$
 을 만족시키며,

[0079] 여기서,  $F_0(f)$ 는 기준 전달 함수이며;  $\alpha_v=1$ ;  $S_{sk}=S_k$ ;  $N_k=N_t$ 이고;  $V=1$ 이다.

[0080] 여기서 본 발명에 따라, 입력에서 출력(k)으로의 전달함수  $T_{sk}(f) = T_k(f)$ 는,

[0081] 
$$|T_k(f)| = \prod_{v=0}^{V-1} \left| F_v \left( \alpha_v f + \frac{S_{sk}}{N_k \tau} \right) \right| = \left| F_0 \left( f + \frac{S_k}{2^l \tau} \right) \right|, \text{ for } k = 1, 2, \dots, N_t$$
 을 만족시키며,

[0082] 여기서,  $F_0(f)$ 는 기준 전달 함수이고;  $\alpha_v=1$ ;  $S_{sk}=S_k$ ;  $N_k=2^l$ 이며; l는 출력 k가 위치하는 레벨이고;  $0 \leq l \leq L-1$ 이며; 상기 L 트리 레벨은 루트로부터 리브로 또는 리브로부터 루트로 오름 차수에 따라 식별자 1로 표시되며;  $V=1$ 이다.

[0083] 본 발명에 따라, 광학 필터 각각은 적어도 하나의 Mach-Zehnder 간섭기(MZI)를 포함한다.

[0084] 본 발명에 따라, 광학 필터 각각은 입력 그리고 출력 3dB 대칭 방향성 커플러를 갖는다.

[0085] 또한 본 발명에 따라, 광학 필터 각각은 단 하나의 MZI만을 포함할 수 있으며, 길이  $M=2$  그리고 아암들 사이 지연  $2^l \tau$  이고, 이때 1은 상기 필터가 위치하는 레벨이고,  $0 \leq l \leq L-1$ 이며, 상기 L 트리 레벨은 루트로부터 리브로 또는 리브로부터 루트로 오름 차수에 따라 식별자 1에 의해 표시된다.

[0086] 본 발명에 따라, 광학 필터 각각은 두 개의 MZI 체인으로 구성되며, 상기 체인은 길이  $M = 4$  그리고 아암  $2^l \tau$  과  $2^{l+1} \tau$  사이의 지연을 갖고, 1은 상기 필터가 위치하는 레벨이며,  $0 \leq l \leq L-1$ 이고, 상기 L 트리 레벨은 루트로부터 리브로 또는 리브로부터 루트로 오름 차수에 따라 식별자 1에 의해 표시된다.

[0087] 본 발명에 따라,  $\Theta_j$ 만큼의 정위상 편이(constant phase shift)를 야기하는 광학 정위상 편이기가 하나 이상의

MZI 아암에 삽입될 수 있다.

본 발명에 따라 상기 장치는 하나 이상의 노드를 갖는 하나 이상의 트리로 구성되며, 상기 장치는  $N_{IN}$ 개의 입력 도파관 및  $N_a$ 개의 출력 도파관을 갖는 제 1 커플러와,  $N_a$ 개의 입력 도파관 및  $N_{OUT}$ 개의 출력 도파관을 갖는 제 2 커플러를 포함하고, 여기서  $N_{IN} \geq 1$ ,  $N_a \geq 1$  및  $N_{OUT} \geq 1$ 이며, 상기 제 1 커플러의  $N_a$ 개의 출력 도파관은,  $N_a$ 개의 도파관으로 구성된 격자로 연결되고, 상기 격자는 제 2 커플러의  $N_a$ 개의 입력 도파관으로 연결된다. 특히, 상기 커플러들은 구분 방향성 커플러 및/또는 포커싱 커플러 또는 "slabs(슬랩스)" 및/또는 멀티 모드 간섭 커플러일 수 있다.

[0088] 삭제

[0089] 본 발명에 따라, 상기 장치는  $N_{IN}=N_a=N_{OUT}=N_{GRA}$ 일 수 있다.

[0090] 본 발명에 따라,  $\theta_j$ 만큼의 정위상 편이(constant phase shift)를 야기하는 광학 정위상 편이기가  $j=1,2,\dots,N_a$ 에 대하여 격자의 하나 이상의 도파관(j)에 삽입된다.

[0091] 본 발명에 따라, 격자의 도파관(j)의 길이  $L_j$ 는,  $j=1, 2, \dots, N_a$ 에 대하여,  $L_j=L_m+d_j \Delta L$ 와 같으며, 여기서  $d_j$ 는 정수이고,  $d_j \in [0, 1, 2, \dots, N_a-1]$ 이며,  $k \neq k'$ 인 한,  $d_k \neq d_{k'}$ 이고(이때,  $d_k, d_{k'} \in [0, 1, \dots, N_a-1]$ 이고,  $k, k' \in [1, 2, \dots, N_a]$ ),  $L_m$ 은 기준 도파관(reference waveguide)의 길이이면서 가장 짧은 도파관의 길이와 동일하고, 이에 따라  $d_m=0$ 이고,  $\Delta L$ 은 격자(22)의 2개의 도파관 간 최소 길이 차이이다.

[0092] 삭제

[0093] 삭제

[0094] 본 발명에 따라, 본 발명 장치는 다음 식을 만족시키며,

$$d_j = \left\{ \frac{1}{2} \left[ (-1)^{j+m} \left( j - \frac{1}{2} \right) - \left( m' - \frac{1}{2} \right) \right] \right\} \bmod N_a \quad m', j = 1, 2, \dots, N_a$$

[0095]

[0096] 이때 "mod"는 산술 나머지 연산자를 나타낸다.

[0097] 본 발명에 따라, 짝수 입력(i)과 짝수 출력(k)이 사용되는 경우( $r=1, 2, \dots, \text{int}[N_{IN}/2]$ )에 대하여  $i=2r$ 이고,  $r'=1, 2, \dots, \text{int}[N_{OUT}/2]$ 에 대하여  $k=2r'$ 이며, "int" 연산자는 나눗셈의 정수 몫을 산출하는 산술 연산자를 의미함),  $d_j=2j$ 이며, 이때,  $j=1, 2, \dots, N_a$ 이다.

[0098] 또한 본 발명에 따라, 상기 제 1 커플러가 균일한 멀티 모드 간섭 또는 MMI 커플러, 또는 비 균일 파워 분할기 MMI 커플러이다.

[0099] 본 발명에 따라, 상기 제 1 커플러의 길이  $L_c$ 는,

[0100]  $L_c = M_c 3L_\pi / N_a$ 와 같으며,

[0101] 여기서,  $M_c$ 는 양의 정수이고,

$$L_\pi = \frac{\pi}{\beta_0 - \beta_1} = \frac{4n_g W_a^2}{3\lambda}$$

[0102] 인데, 여기서,

$\beta_0$ 와  $\beta_1$ 은 각각, 0차 모드(mode)와 1차 모드의 전파 상수이며,

$n_g$ 는 유효 굴절률이고,

$\lambda$ 는 입력 복사선의 자유 공간 파장이며,

$W_e$ 는 기본 횡방향 모드(fundamental transverse mode)의 유효 폭이며,

[0103] 제 1 커플러의 입력 도파관의 식별자  $i$ 는 도파관의 횡방향에 따라 증가하고, 출력 도파관의 식별자  $j'$ 도 상기 횡방향에 따라 증가한다고 가정하면, 제 1 커플러의 입력 도파관( $i$ )와 상기 제 1 커플러의 출력 도파관( $j'$ )은 각각, 위치( $x_i$ )와 위치( $x_{j'}$ )에 위치하며, 상기 위치( $x_i$ ) 및 위치( $x_{j'}$ )는,

$$i=1, 2, \dots, N_{IN} \text{에 대하여, } x_i = (2i-1) \frac{W_e}{2N_{IN}},$$

$$j'=1, 2, \dots, N_a \text{에 대하여, } x_{j'} = (2j'-1) \frac{W_e}{2N_a} \text{이다.}$$

[0104] 삭제

[0105] 본 발명에 따라,  $M_c$ 와  $N_a$ 가 1보다 큰 공약수를 갖지 않는 두 개의 양의 정수이다.

[0106] 본 발명에 따라,  $M_c=1$ 이다.

[0107] 본 발명에 따라, 제 2 커플러는 균일한 MMI 커플러, 또는 비 균일 파워 분할기 MMI 커플러일 수 있다.

[0108] 본 발명에 따라, 상기 제 2 MMI 커플러의 길이  $L'_c$ 는,

$$L'_c = M'_c 3L'_\pi / N_{OUT} \text{이며,}$$

[0110] 여기서,  $M'_c$ 는 양의 정수이고,

$$L'_\pi = \frac{\pi}{\beta'_0 - \beta'_1} = \frac{4n'_g W_e'^2}{3\lambda} \text{ 인데, 여기서}$$

$\beta'_0$ 와  $\beta'_1$ 는 각각, 0차 모드와 1차 모드의 전파 상수이며,

$n'_g$ 는 유효 굴절률이고,

$\lambda$ 는 입력 복사선의 자유 공간 파장이며,

$W_e'$ 는 기본 횡방향 모드(fundamental transverse mode)의 유효 폭이고,

[0112] 상기 제 2 커플러의 입력 도파관의 식별자  $j''$ 는 도파관의 횡방향에 따라 증가하고, 출력 도파관의 식별자  $k$ 도 상기 횡방향에 따라 증가한다고 가정하면, 제 2 커플러의 입력 도파관( $j''$ )과 상기 제 2 커플러의 출력 도파관( $k$ )은 각각, 위치( $x'_{j''}$ )와 위치( $x'_k$ )에 위치하며, 상기 위치( $x'_{j''}$ ) 및 위치( $x'_k$ )는,

$$j''=1, 2, \dots, N_a \text{에 대하여, } x'_{j''} = (2j''-1) \frac{W_e'}{2N_a} \text{이고,}$$

$$k=1, 2, \dots, N_{OUT} \text{에 대하여, } x'_k = (2k-1) \frac{W_e'}{2N_{OUT}} \text{이다.}$$

[0114] 본 발명에 따라,  $M'_c$ 와  $N_{OUT}$ 는 1보다 큰 공약수가 없는 두 양의 정수이도록 된다.

[0115] 본 발명에 따라,  $M'_c=1$ 이다.

[0116] 본 발명에 따라, 격자의 도파관(j)에 제공되는 위상 편이기의 위상 편이 값  $\theta_j$ 은,  
 $i=1, 2, \dots, N_{IN}$ ,  $j=1, 2, \dots, N_a$  및  $k=1, 2, \dots, N_{OUT}$ 에 대하여,

$\varphi_{ij} + \varphi'_{jm} + \theta_j = 2\pi A_{ikm}$  를 만족시키며, 여기서

$$\varphi_y = \phi_1 - \frac{\pi}{2}(-1)^{y+j+N_a} + \frac{\pi}{4N_a} \left[ i + j - i^2 - j^2 + (-1)^{y+j+N_a} \left( 2ij - i - j + \frac{1}{2} \right) \right] \text{ 이고, 이때}$$

$$\phi_1 = -\beta_0 \frac{3M_c L_\pi}{N_a} - \frac{9\pi}{8N_a} + \frac{3\pi}{4} \text{ 이며,}$$

$$\varphi'_{jm} = \phi'_1 - \frac{\pi}{2}(-1)^{j+m+N_a} + \frac{\pi}{4N_a} \left[ j + m - j^2 - m^2 + (-1)^{j+m+N_a} \left( 2jm - j - m + \frac{1}{2} \right) \right] \text{ 이고, 이때,}$$

$$\phi'_1 = -\beta'_0 \frac{3M'_c L'_\pi}{N_a} - \frac{9\pi}{8N_a} + \frac{3\pi}{4} \text{ 이고, 여기서 } A_{ikm} \text{ 는 정수 상수이다.}$$

[0117] 삭제

[0118] 삭제

[0119] 삭제

[0120] 본 발명에 따라, 상기 제 1 커플러의 입력(i)에서 제 2 커플러의 출력(k)으로의 전달함수  $T_{ik}(f)$ 의 절대값은 상기 제 1 커플러의 입력(i)으로부터 제 2 커플러의 기준 출력(m)으로의 기준 전달함수  $T_{im}(f)$ 의 절대값의 주파수 편이된 값일 수 있으며, 다음과 같다:

$$\left| T_{ik}(f) \right| = \prod_{v=0}^{V-1} \left| F_v \left( a_v f + \frac{S_{sk}}{N_k \tau} \right) \right| = \left| T_{im} \left( f - n \frac{c}{n_s N_k \Delta L} \right) \right|$$

$$\text{for } i=1,2,\dots,N_{IN} \quad k,m=1,2,\dots,N_{OUT}$$

[0121]

여기서,  $F_0(f) = T_{im}(f)$  이고, c는 광속이며,  $a_v=1$ 이고,  $n_s$ 는 상기 격자(22)의 도파관의 굴절률이며,  $V=1$ 이고,  $S_{sk}=-n$ 이며, 여기서 n은, 서로 다른 2개의 출력(k) 및 출력(k')에 대응하는 값들이 서로 상이하다는 조건,

$$k \neq k' \rightarrow n \neq n' \quad k, k'=1,2,\dots,N_{OUT} \quad \tau = \frac{\Delta L \cdot n_c}{c} \text{ 이다.}$$

을 만족시키는 정수이며, 이에 따라, 시간 상수  $\tau$ 는

[0122] 삭제

[0123] 삭제

[0124] 본 발명에 따라,  $k=1, 2, \dots, N_{OUT}$ 에 대하여  $N_k=N_{OUT}$ 이다.

[0125] 본 발명에 따라, 상기 제 1 커플러는 포커싱 커플러 또는 "slab(슬랩)"일 수 있다.

[0126] 본 발명에 따라, 상기 제 2 커플러는 포커싱 커플러 또는 "slab(슬랩)"일 수 있다.

[0127] 본 발명에 따라, 상기 제 1 커플러에서 그리고 제 2 커플러에서 상기 입력 및 출력 도파관의 위치는 로울랜드 원형 구성에 따를 수 있다.

[0128] 본 발명에 따라, 격자의 인접한 두 도파관의 길이는 상수  $\Delta L$ 만큼 차이난다.

[0129] 본 발명에 따라, 상기 장치는 다음과 같도록 된다:

$$N_a = \frac{\lambda R}{n_s d d_o}$$

[0130]

[0131] 여기서  $\lambda$ 는 입력 광학 신호의 파장이고; R는 제 1 및 제 2 포커싱 커플러 초점 길이이며;  $n_s$ 는 제 1 및 제 2 포커싱 커플러 유효 굴절률이고; d는 도파관 격자의 격자간격이고,  $d_o$ 는  $N_{IN}$ 개의 입력 도파관과  $N_{OUT}$ 개의 출력 도파관의 격자간격이다.

[0132] 본 발명에 따라,  $N_{IN}$ 개의 입력 도파관과  $N_{OUT}$ 개의 출력 도파관은 도파관의 횡방향에 따라 증가하는 식별자 i와 k

로 각각 표시됨을 가정하면, 제 1 커플러의 입력(i)에서 제 2 커플러의 출력(k)으로의 전달함수  $T_{ik}(f)$ 의 절대값은, 상기 제 1 커플러의 입력(i)에서, 이에 해당하는 기준 출력( $m_{REF\_i}$ )(이때,  $1 \leq m_{REF\_i} \leq N_{OUT}$ )으로의 기준 전달 함수  $T_{im_{REF\_i}}(f)$ 의 절대값의 주파수 편이된 값으로서,  $i=1, 2, \dots, N_{IN}$  및  $k=1, 2, \dots, N_{OUT}$ 에 대하여,

$$|T_{ik}(f)| = \prod_{v=0}^{V-1} \left| F_v \left( \alpha_v f + \frac{S_{ik}}{N_k \tau} \right) \right| = \left| T_{im_{REF\_i}} \left( f - \frac{i+k}{N_k \tau} \right) \right|$$

과 같으며, 여기서,  $F_0(f) = T_{im_{REF\_i}}(f)$  이고, c는 광속이고,

$$\tau = \frac{\Delta L \cdot n_e}{c}$$

$\alpha_v=1$ 이며,  $n_e$ 는 격자(22)의 도파관의 굴절률이며,  $V=1$ 이고,  $S_{sk}=(i+k)$ 이며, 시간 상수  $\tau$ 는

[0133] 삭제

[0134] 삭제

[0135] 본 발명에 따라, 상기 입력(i)에 해당하는 기준 출력 도파관의 인덱스  $m_{REF\_i}$ 는 다음과 같다:

$$m_{REF\_i} = \begin{cases} i \neq N_a \text{에 대해, } N_a - i \\ i = N_a \text{에 대해, } N_a \end{cases} \quad \text{여기서, } i = 1, 2, \dots, N_a$$

[0136]

[0137] 본 발명에 따라, 상기 장치는 다음과 같도록 된다:

[0138]  $k=1, 2, \dots, N_{OUT}$ 에 대하여,  $N_k=N_{OUT}$

[0139] 본 발명의 한 특징에 따라, 하나 이상의 파장에서 간격  $\tau$ 인 C개의 칩으로 구성된 하나 이상의 서로 다른 위상 또는 진폭을 갖는 광학 코드로 구성된 광학 신호에 있어서, 하나 이상의 광학 신호를 상기 광학 장치의 P개의 입력(s) 중 하나 이상으로 보냄으로써, 앞서 설명된 광학 장치의 N개의 출력(k) 중 하나 이상의 출력에서 신호가 발생됨을 특징으로 한다.

[0140] 본 발명에 따라, 상기 하나 이상의 코드의 칩 위상이  $2\pi/C$ 의 정수 배이며, 즉  $2k_2\pi/C$ 같고, 이때  $k_2$ 는 양 또는 음 정수이거나 영이다( $k_2 \in \mathbb{Z}$ ).

[0141] 본 발명에 따라, 상기 하나 이상의 광학 코드는 PSK 코드이다.

- [0142] 본 발명에 따라, 상기 하나 이상의 광학 코드는  $2 \leq U \leq P$ 인 때 U 임펄스 광학 신호를 상기 광학 장치의 U 상응 입력으로 보냄으로써 앞서 설명된 광학 장치에 의해 발생될 수 있으며, 이때  $U = \text{int}(P/2)$ 이다.
- [0143] 본 발명에 따라, 상기 U 임펄스 광학 신호는 서로 동일한 파장을 가질 수 있다.
- [0144] 본 발명의 다른 한 특징에 따라, 하나 이상의 파장에서 간격  $\tau$ 이고 C개의 칩으로 구성된 하나 이상의 서로 다른 위상 또는 진폭을 갖는 광학 코드로 구성된 광학 신호에 있어서,  $C \geq 2$ 이며, 상기 하나 이상의 코드 칩 위상이  $2\pi/C$ 의 정수 배이고, 즉  $2k_2\pi/C$ 이며, 이때  $k_2$ 는 양 또는 음의 정수이거나 영( $k_2 \in Z$ )임을 특징으로 한다.
- [0145] 본 발명에 따라, 상기 하나 이상의 코드가 상기 두 개 이상의 파장에서 상기 C개의 칩을 포함한다.
- [0146] 또한, 본 발명의 다른 한 특징에 따라, 하나 이상의 코드 생성 장치와, 하나 이상의 코드 처리 및 인식 장치를 포함하는 통신 네트워크가 제공된다. 상기 하나 이상의 코드 생성 장치와 상기 하나 이상의 코드 처리 및 인식 장치 중 한 가지 이상의 장치는 하나 이상의 광학 장치를 포함한다.
- [0147] 본 발명에 따라, 상기 통신 네트워크는 멀티 프로토콜 라벨 스위칭(MPLS) 통신 네트워크이며, 또는 코드 분할 다중 접속(CDMA) 통신 네트워크이다.
- [0148] 본 발명의 특징에 따라, 코드 발생장치는 앞서 설명된 광학 장치를 포함하며, 바로 앞서 설명된 바와 같이 통신 네트워크에서 사용되는 데 적합한 특징을 갖는다.
- [0149] 본 발명의 다른 한 특징에 따라, 코드 처리 및 인식 장치, 특히 라우터 장치가 하나 이상의 인식 광학 코드를 사용하여 하나 이상의 광학 스위치를 제어하기 위한 앞서 설명된 광학 장치를 포함하며, 바로 앞서 설명된 바와 같이 통신 네트워크에서 사용하는 데 적합함을 특징으로 한다.
- [0150] 하기에서는 첨부 도면을 참조하여 본원 발명을 상세하게 설명한다.

**실시예**

- [0165] 도면에서, 유사 요소는 유사한 도면 부호로 표시된다.
- [0166] 본 발명자는 모든 광학-전자 변환 및 그 반대의 변환을 피하는, 광학 영역 내에서 직접 N개의 코드를 동시에 발생시키고 처리하는 것을 가능하게 하는 장치를 개발하였다. 이 같은 장치는 모든 코드를 동시에 발생시키고 동시에 이들을 처리 할 수 있으며, 따라서 MPLS 광학 네트워크의 입력 노드(input node)와 중간 노드(passage node) 모두에서, 또는 CDMA 네트워크의 전송 및 수신단 모두에서 사용될 수 있다.
- [0167] 본 발명에 따른 광학 장치의 제 1 실시예는 웨이블릿 패킷(WP: Wavelet Packet) 분석 및 다중 해상도 분석(MRA: Multi-Resolution Analysis)을 사용하는데, 이러한 분석은 한 쌍의 유한 임펄스 응답(FIR: Finite Impulse Response), 복소 직교위상 거울 필터(QMF: Quadrature Mirror Filter),  $H(f)$  및  $G(f)$ 를 사용한다. 이 같은 필터의 계수  $h[n]$  및  $g[n]$ 는 M과 동일한 길이를 가지며, 다음의 식 [1]을 만족시킨다:

$$\begin{aligned}
 g[k] &= (-1)^k h[1-k] \\
 \sum_{k=0}^{M-1} h[k]h[k+2n] &= \delta[n] \quad n \in Z \\
 \sum_{k=0}^{M-1} h[k] &= \sqrt{2} \\
 \sum_{k=0}^{M-1} (-1)^k h[k] &= 0
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

- [0168]
- [0169] 여기서,  $\delta[n]$ 는 크로네커 델타 함수(Kronecker delta function)이다. 상기 웨이블릿 원자(atom)들은 다음과 같이 귀납적인 방식으로 정의되는 일련의 함수(식 [2])이다:

$$w_{1+1,2m}(t) = \sum_{k=0}^{M-1} h[k]w_{1,m}(t-2^k\tau)$$

[0170]

$$w_{i+1,2m+1}(t) = \sum_{k=0}^{M-1} g[k]w_{i,m}(t-2^l k\tau)$$

$$l \geq 0, \quad 0 \leq m \leq 2^l - 1 \quad [2]$$

[0171]

[0172] 여기서  $l$ 은 양의 정수이고( $l \in \mathbb{Z}^+$ ), 분해 레벨(decomposition level)을 나타내고,  $m$ 도 역시 양의 정수이며( $m \in \mathbb{Z}^+$ ), 트리에서의 웨이블릿 원자의 위치이며,  $\tau$ 는 일정한 유닛 딜레이(unit delay)이며 코드 시퀀스의 칩들 간 간격과 일치한다. 함수  $w_{0,0}(t)$ 는 MRA의 스케일링 함수(scaling function)이며, 다음의 스케일링 식 [3]을 만족시킨다:

$$w_{0,0}(t) = \sqrt{2} \sum_{k=0}^{M-1} h[k]w_{0,0}(2t - k\tau) \quad [3]$$

[0173]

[0174] 상기 WP 원자들은 이분 구간(dyadic interval)의 정수 배에서의 자기 직교 및 상호 직교 함수(self and mutually orthogonal function)이다:

$$\langle w_{i,m}(t-2^l n\tau)w_{\lambda,\mu}(t-2^l k\tau) \rangle = \delta[l-\lambda]\delta[m-\mu]\delta[n-k]$$

$$l, \lambda \geq 0, \quad 0 \leq m \leq 2^l - 1, \quad 0 \leq \mu \leq 2^l - 1, \quad n, k \in \mathbb{Z}^+ \quad [4]$$

[0175]

[0176] 여기서 괄호 " $\langle \rangle$ "은 내적을 나타내며, 식 [2]에서 시작하여, 웨이블릿 원자가 다음 식 [5]과 같이 표시된다:

$$w_{i,m}(t) = \sum_{k=0}^{(2^l-1)(M-1)} f_{i,m}[k]w_{0,0}(t-k\tau) \quad [5]$$

[0177]

[0178] 여기서

$$f_{i,m}[k] = \langle w_{i,m}(t)w_{0,0}(t-k\tau) \rangle \quad [6]$$

[0179]

[0180] 상기 식 [6]은 식 [2]을 사용하여 ( $l, m$ ) 단말 노드로부터 루트 노드까지 재귀적으로 계산될 수 있는 등가 필터이다. 따라서, 식 [4]의 직교성 조건은 다음의 식[7]과 같다:

$$\langle f_{i,m}[k-2^l n]f_{\lambda,\mu}[k-2^l i] \rangle = \delta[l-\lambda]\delta[m-\mu]\delta[n-i]$$

$$l, \lambda \geq 0, \quad 0 \leq m \leq 2^l - 1, \quad 0 \leq \mu \leq 2^l - 1, \quad n, i \in \mathbb{Z}^+ \quad [7]$$

[0181]

[0182] 그리고 필터  $f_{i,m}[k]$ 의 계수(단,  $l \geq 0, 0 \leq m \leq 2^l - 1$ )는,  $(2^l - 1)(M - 1) + 1$ 의 길이를 갖는, 자기 직교 코드 및 상호 직교 코드의 한 세트이다.

[0183] 삭제

[0184] 삭제

[0185] 완전 WP 분해 트리의 구조가 도 2에 도시되며, 여기서 각각의 스테이지(stage)가, 기하급수적으로 증가하는 유닛 딜레이를 갖는 하나의 필터이다. 도 2의 광학 장치(6)의 입력단에서  $\tau$ 보다 짧은 지속시간(duration)의 단일 펄스가 길이  $(2^l - 1)(M - 1) + 1$ 를 갖는 트리의 단말 노드에서 한 세트의 광학 코드(OC)로 원점을 제공한다. 동일한 분해 레벨의(즉, 동일한  $l$ 을 갖는) 단말 노드만 동일한 길이의 라벨을 생성할지라도, 모든 트리 노드가 서로

다른 OC(광학 코드)를 제공하며, 또한 상기 트리의 단말 노드들을 추가시키거나 가지치기만을 함으로써, 기존 라벨들을 변경시키지 않고 사용자들을 추가시키거나 나오시키는 것이 가능하며, 이와 같이 함으로써 이론상 무한한 코드 집합원 수를 갖는 OC 세트를 도출할 수 있다. 다시 말해서 각각의 라벨은 자신의 시간 편이된 버전과 직교하고, 임의의 분해 레벨에서 생성된 모든 라벨은 서로에 대해 직교이다.

[0186] 도 2의 장치는 한 세트의 다중 대역 필터로 간주될 수 있으며, 여기서 푸리에 변환이 다음의 식[8]과 같이 이뤄지며:

$$F_{l,m}(\omega) = \sum_{k=0}^{(2^{l-1})(M-1)} f_{l,m}[k] e^{-j\omega k \tau} \quad l \geq 1, 0 \leq m \leq 2^l - 1 \quad [8]$$

[0187]

그리고 다음의 식 [9]과 같이 표현될 수 있으며,

$$F_{l,m}(\omega) = \prod_{k=0}^{l-1} F(2^k \omega) \quad [9]$$

[0189]

(여기서 F = H 또는 G). 또한 다음과 같이 식 [10]으로 표현된다:

$$F_{1,0}(\omega) = H(\omega) = \sum_{k=0}^{M-1} h[k] e^{-j\omega k \tau}$$

$$F_{1,1}(\omega) = G(\omega) = \sum_{k=0}^{M-1} g[k] e^{-j\omega k \tau} \quad [10]$$

[0191]

완전 WP 분해 트리가 단일 기관에서 PLC 기술을 사용하여 광학 영역에서 구현될 수 있다. 도 3은 분해 레벨 l=3 인 Haar 웨이블릿 패킷과 관련된 본 발명에 따른 장치의 바람직한 실시예를 도시한다. 상기 장치는 기하급수적으로 증가하는 유닛 딜레이와, 입력 및 출력 3dB 대칭 방향성 커플러를 갖는 Mach-Zehnder 간섭기(MZI)의 트리이다. 상기 Haar 웨이블릿 분해의 QMF는 길이 M=2를 갖는다:

$$h[k] = \frac{1}{\sqrt{2}} [1 \quad 1]$$

$$g[k] = \frac{1}{\sqrt{2}} [1 \quad -1]$$

[0193]

도 3에서 개략적으로 도시된 장치는 하다마드 코드(Hadamard code)와 일치하고 N개의 칩 펄스(간격  $\tau$ )로 구성된 길이 N의, 이진 위상 편이 키잉(PSK: binary Phase Shift Keying) 코드인 광학 코드를 발생시킨다.

[0195]

도 4a에서 (MPLS 네트워크에서의) 라벨 발생기로서의 도 3의 광학 장치의 사용이 관찰되며, 여기서, 상기 장치는 도면 부호(6)로 표시되고, 하나의 입력단과 N개의 출력단을 가지며, 여기서 N는 발생된 라벨의 개수이다. 광 펄스열(train of light pulse)(단일 칩 펄스이며, 광학 코드를 발생시킴)이 장치(6)의 입력으로 전송되며, 이때, 제 1 변조기(11)를 통해 광원(7)의 출력을 변조함으로써, 상기 광 펄스가 얻어지고, N개의 라벨이 각각의 출력 포트에서 동시에 제공된다. 하나의 라벨을 선택하기 위해 전자-광학 스위치(8)를 통해 상기 장치(6)의 해당하는 출력을 선택하기만 하면 되기 때문에, 광학 네트워크는 필요한 때는 언제든지 매우 간단한 방법으로 재구성될 수 있다. 상기 선택된 라벨(2)은 데이터 패킷(3)의 전단(또는 후단)에 삽입되는데, 이는 방향성 커플러(9)와 딜레이 라인(10)을 이용해 광원의 출력을 제 2 변조기(12)를 통해 변조시킴으로써 이뤄진다.

[0196]

상기 장치는 도 4b에서 도시된 바와 같이, CDMA 네트워크의 전송 노드에서 인코더로서 사용될 수 있다. 이 경우에, 전송될 데이터는 광원(7)의 출력을 변조기(12)를 통해 변조시킴으로써 얻어지며, 상기 장치의 입력단으로 직접 보내진다. 출력단에서, 인코딩된 신호(40)가 얻어지며, 상기 신호(40)는 다중 접속 네트워크로 전송된다.

[0197]

도 3에서 도시된 바와 같은 동일한 장치는 MPLS 네트워크에서 또는 CDMA 네트워크 수신 시스템 내 한 라우터 노드에서의 모든 광학 코드를 동시에 처리하기 위해 사용될 수 있다.

[0198]

사실, 도 5에서 도시된 바와 같이, MPLS 네트워크의 경우, 상기 장치에 의해, 모든 상관 연산이 동시에 수행될 수 있다.



[0199] 페이로드 데이터 신호의 앞 부분(또는 뒷 부분)에 부착되는 광 라벨(photonic label)을 포함하는 IP 패킷이 도 3의 장치의 입력단으로 보내지면, 해당 라벨의 단말 노드에서의 출력 신호가 자기상관 피크(ACP)를 제공하는 자기상관 신호와 일치하며, 또 다른 출력단에서의 신호는 더 낮은 값을 갖는 상호상관 함수이다. 따라서, 상기 장치로부터의 출력 신호들은 광학 스위치를 제어하는 신호로서 사용될 수 있으며, 상기 스위치의 입력단으로 라우팅될 IP 패킷이 제공된다.

[0200] 상기와 같은 방법으로, CDMA 네트워크의 인코딩된 신호가 상기 장치의 입력단으로 보내지면, 사용되는 코드에 해당되는 출력 단말 노드에서, 전송된 신호가 얻어질 수 있으며, 다른 코드를 이용해 전송된 신호들은 그 밖의 다른 출력단에서 탐지된다.

[0201] 유입 라벨(incoming label)을 올바르게 식별하기 위해, 상호상관 신호의 최대값(CCP)이 ACP보다 훨씬 낮을 필요가 있다. 실제로, 도 3의 장치에 의해 발생된 하다마드 코드는 동일하지 않은 상호상관 함수들을 갖는다: 모든 라벨들은,

[0202]  $ACP = N^2 = 8^2 = 64$  을 갖지만,

[0203] 이들 라벨 중 일부는,

[0204]  $CCP = (N-1)^2 = 7^2 = 49$  와 동일한 최대 CCP를 제공한다.

[0205] 특히 도 6에서 도시된 바와 같이, 도 6a는 100Gbit/sec의 데이터 패킷 그리고 5 ps의 칩 펄스 지속시간, 그리고 12.5 ps의 간격( $\tau$ )을 갖는 전단 라벨(front label)로 구성된 광학 신호를 도시하며, 도 6b 및 6c는 자기상관 신호와 상호상관 신호를 각각 나타낸다.

[0206] 상관 성능을 설명하는 파라미터는 최대값 CCP와 ACP 간의 비( $r$ )이며, 이 실시예의 경우, 상기 비는 다음과 같다:

[0207]  $r = 0.77$

[0208] 따라서, 상기 코드 세트는 만족스럽지 못한 성능을 제공한다.

[0209] 코드의 최적 세트는 동일한 자기상관 함수와 상호상관 함수를 제공하는 광학 코드로 이루어진다. 이러한 목적을 위해, 식[9]과 식[10]을 다시 살펴보면, 모든 필터  $F_{i,m}$ 는 동일한 길이(즉, 동일한 분해 레벨  $l$ )을 가지며, (다음의 식[11]에 따라) 원형(prototype) 필터  $F_{i,0}$ 의 편이된 복사본(shifted copy)들이 될 것이 필수이다:

[0210]  $|F_{i,m}(\omega)| = \left| F_{i,0} \left( \omega + \frac{2\pi m}{2^l \tau} \right) \right|$  [11]

[0211] H 및 G가 다음 관계 식[12]을 만족시키는 한 쌍의 QMF 필터이기 때문에,

[0212]  $G(\omega) = e^{-j\sigma\tau} H^* \left( \omega + \frac{\pi}{\tau} \right)$  [12]

[0213] 여기서 표시(\*)는 복소수를 나타내며, 조건 [11]은  $l=1$ 인 때 자동으로 만족된다.  $l>1$ 인 때, 트리의 루트 노드에서 단말 노드로 딜레이가 감소되게 함으로써, 도 3의 분해 구조를 반전시키는 것이 가능하고, 조건 식[11]을 만족시키기 위해 정위상 편이기(constant phase shifter)를 추가하는 것이 가능하다.

[0214] 도 7에서 최적 코드 세트를 발생시키기 위한 본 발명에 따르는 장치의 제 2 실시예가 도시된다. 상기 장치는 8개의 위상 PSK 라벨을 발생시키는데, 상기 8개의 위상 PSK 라벨 모두는  $ACP=64$ 를 갖고, 최대  $CCP=6.83$ 을 가지며,  $r=0.107$ 을 가지며 이는 도 8에 도시된 바와 같고, 도 8a는 100 Gbit/sec의 데이터 패킷과, 칩 펄스 지속시간이 5 ps이고, 간격( $\tau$ )이 12.5 ps인 전단 광학 코드를 포함하는 광학 신호를 도시하면, 도 8b와 8c는 자기상관 신호와 상호상관 신호를 각각 도시한다. 특히, N개의 출력을 갖는 유사한 최적 인코더/디코더를 구현하기 위해, N-1개의 MZI 간섭계와 몇 개의 위상 편이기가 필요하다.

[0215] 이 경우, 실제 사용자 수가 N보다 적은 경우, 트리를 가지치기하는 것이 가능하다. 또한 모든 생성된 코드들은 동일한 길이를 갖는다. 가령, 도 9는 QMF 필터의 마지막 두 쌍을 가지치기함으로써, 도 7의 실시예로부터 얻어지는 제 3 실시예를 도시한다. 도 9의 장치는 동일한 길이 8을 갖는 N=6개의 라벨을 발생시킨다. 단말 노드 (3,0) (3,1) (3,2) 및 (3,3)에서 발생되는 라벨은  $ACP=64$ 를 가지며, 단말 노드(2,2) 및 (2,3)에서 발생되는 라

벨은  $ACP=16$ 을 갖고, 모든 라벨은 최대  $CCP=2$ 를 갖는다.

[0216] 도 10a는 도 1a의 MPLS 네트워크의 일부를 개략적으로 도시하며, 여기서 도 7의 장치(6)가 입력 노드(1)와 라우터 노드(4) 모두에서, 광학 스위치(13)를 제어하기 위해 사용된다.

[0217] 도 10b는 도 1b의 CDMA 네트워크를 도시하며, 여기서 도 7의 장치로서 단 하나의 장치(6)가 복수의 전송 노드(53)를 위해 사용되어 각기 다른 코드를 갖는 N명의 사용자의 데이터를 인코딩하고, 이와 유사한 단일 장치(6')가 복수의 수신 노드(54)를 위해 사용되어, N개의 수신된 신호를 디코딩한다.

[0218] 코드 직교성은 N를 증가시킴으로써 더욱 향상될 수 있다. 그러나, 각각의 QMF 필터의 길이 M를 증가시킴으로써, 사용자 수 N를 변경시키지 않고 매우 양호한 상관 속성을 갖는 코드 시퀀스를 발생시키는 것이 가능하다.

[0219] 예를 들어, 도 11에서 길이  $M=4$ 를 갖는 Daubechies 웨이블릿 필터의 전체 트리를 구현하는 본 발명의 장치의 제 4 실시예가 도시된다. 상기 장치는 길이가 22인  $N=8$ 개의 광학 코드를 발생시키며, 광 라벨(photonic label)은 서로 상이한 진폭 및 위상을 갖는 칩 펄스로 구성된다. 각각의 코드는  $ACP=13.5$ , 최대  $CCP=1.55$  및  $r=0.114$ 을 갖는다.

[0220] 도 12에서, 도 7의 장치에서와 같은 동일한 광학 코드를 발생시키는 본 발명에 따른 장치의 제 5 실시예가 도시된다. 상기 장치는 2개의 다중모드 간섭(MMI) 커플러(21 및 23)와, N개의 도파관의 격자(22)와, N개의 광학 위상 편이기로 구성된다. 특히, 도 12의 장치는 N개의 입력과 N개의 출력을 갖는다. 이하에서, 입력 포트(i), 출력 포트(k) 및 격자 암(j)이 모두 1에서 N까지의 번호로 오름 순서로 참조된다.

[0221] 제 1 MMI 커플러(21)는  $N \times N$  균일 파워 분할기이다. 즉, 제 1 MMI 커플러(21)는 횡방향의 복수의 모드를 지원하는 도파관이며, 수직 축을 따라서는 단일모드를 지원하며, N개의 유입 단일모드 도파관으로부터 연결되고, N개의 출력 단일모드 도파관으로 연결된다. 다중모드 도파관의 자체결상 속성(self-imaging property)으로 인해, 임의의 하나의 입력단에서의 필드 분산이, 동일한 진폭과 상이한 위상을 갖는 N개의 이미지 내 출력 평면에서 재생된다.

[0222] N개의 이미지를 발생시키기 위해, MMI 커플러(21)는 길이  $L_c = M3L_\pi/N$ 를 가져야 하며(여기서 M 및 N는 1보다 큰 공약수를 갖지 않는 임의의 2개의 양의 정수),  $L_\pi$ 는 다음의 식[13]과 같으며:

$$L_\pi = \frac{\pi}{\beta_0 - \beta_1} = \frac{4n_g W_e^2}{3\lambda} \quad [13]$$

[0223] 여기서  $\beta_0$ 와  $\beta_1$ 은 각각 0차 모드와 1차 모드의 전파 상수이며,  $n_g$ 는 (유효) 굴절률이고,  $\lambda$ 는 자유 공간 파장 (free space wavelength)이다.  $W_e$ 는 기본 횡방향 모드(fundamental transverse mode)의 유효 폭이며, 이는 실제 관의 폭(W)보다 약간 더 커서, 각각의 단일모드 필드의 종방향 침투 깊이(lateral penetration depth)를 감안할 수 있다. 고-contrast 도파관(high-contrast waveguide)의 경우,  $W_e \approx W$ 이다. 대부분의 실제 응용에서, 집적된 광학 장치는 가능한 짧아야 하고, MMI 커플러(21)에 있어서,  $M=1$ 이라고 가정될 수 있다.

[0225] 도 13은 도 12의 장치로서의  $N \times N$  MMI 커플러를 개략적으로 도시한다. 유입 및 출력 도파관은 등간격으로 이격되어 위치한다:

$$\begin{aligned} x_i &= (2i-1) \frac{W_e}{2N} \quad i=1,2,\dots,N \\ x_j &= (2j-1) \frac{W_e}{2N} \quad j=1,2,\dots,N \end{aligned} \quad [14]$$

[0226] 입력(i)에서 출력(j)으로의 이미징과 관련된 위상  $\phi_{ij}$ 은 다음의 식[15] 및 식[16]과 같다:

$$\varphi_{ij} = \phi_1 - \frac{\pi}{2}(-1)^{i+j+N} + \frac{\pi}{4N} \left[ i+j-i^2-j^2 + (-1)^{i+j+N} \left( 2ij - i - j + \frac{1}{2} \right) \right]$$

[0228]

$$i, j = 1, 2, \dots, N \quad [15]$$

[0229]

삭제

[0230]

여기서,

[0231]

$$\phi_1 = -\beta_0 \frac{3L_\pi}{N} - \frac{9\pi}{8N} + \frac{3\pi}{4} \quad [16]$$

[0232]

입력 포트와 출력 포트가 상호 교환 가능하게 사용되기 때문에, 장치의 대칭성 덕분에, 식[15]은  $\varphi_{ij} = \varphi_{ki}$ 을 보여준다. 따라서 상기 입력(i)에서 출력(k)까지의 임펄스 응답  $h_{ik}(t)$ 는, ( $i'=k$ 이고  $k'=i$ 인 때) 입력(i')에서 출력(k')까지의 임펄스 응답  $h_{i'k'}(t)$ 과 일치한다.

[0233]

상기 MMI 커플러(21)의 포트 입력 어느 곳에서의 광학 펄스도 상기 커플러(21)의 모든 출력에서 재생되며, 각기 다른 길이를 갖는 격자(22)의 도파관으로 분산된다. 따라서, 상기 펄스들은 상기 격자(22)의 도파관(이하, 암 (arm))의 각기 다른 경로를 따라 이동되고, 그 후, 상기 펄스의 딜레이된 복제본들이 MMI 커플러(23)에 의해 다 함께 조합된다. 따라서, 입력(i)에서 출력(k)까지의 상기 장치의 임펄스 응답은 다음의 식[17]과 같다(정위상 인자(constant phase factor)를 제외하고, 또한 정진폭 인자(constant amplitude factor)를 제외):

[0234]

$$h_{ik}(t) = \sum_{j=1}^N e^{j(\varphi_j + \varphi_{jk} + \theta_j)} \delta \left( t - \frac{n_e L_j}{c} \right) \quad i, k = 1, 2, \dots, N \quad [17]$$

[0235]

여기서,  $j = \sqrt{-1}$ 이고,  $\delta$ 는 디랙 델타 함수(dirac delta function)이며,  $\theta_j$ 는 j-번째 위상 편이기에 의해 발생 되는 정위상 편이 값(constant phase shift)이다. 또한  $L_j$ 는 격자(22)의 j-번째 암(arm)의 길이이며,  $n_e$ 는 해당 (유효) 굴절률이다.

[0236]

등간격 칩들로 만들어진 광학 코드를 발생시키기 위해, 격자(22) 아암의 길이  $L_j (j=1, 2, \dots, N)$ 는 다음 조건[18]을 만족시키며:

[0237]

$$L_j = L_m + d_j \Delta L \quad j = 1, 2, \dots, N \quad [18]$$

[0238]

여기서 정수  $d_j \in [0, 1, 2, \dots, N-1]$ 는 다음의 조건을 만족시킨다:

[0239]

$j \neq j'$ 인 한,  $d_j \neq d_{j'}$ .

[0240]

$L_m$ 는 상기 격자(22)의 기준 도파관의 가장 짧다고( $d_m=0$ ) 가정되는 길이이며,  $\Delta L$ 는 상기 격자(22)의 두 도파관의 길이 간의 최소 차이이다. 대부분의 일반 구성에서, 상기 격자의 길이는 j와 선형관계로 증가하지 않으며, 격자(22) 아암의 인자  $d_j$ 는 모두 서로 상이하고, 간격  $[0 \div N-1]$ 을 완전히 커버한다.

[0241]

입력(i)에서 기준 출력(m)까지의 임펄스 응답은 다음 식[19]과 같으며:

[0242]

$$h_{im}(t) = \sum_{j=1}^N e^{j(\varphi_j + \varphi_{jm} + \theta_j)} \delta \left( t - \frac{n_e L_j}{c} \right) \quad i = 1, 2, \dots, N \quad [19]$$

[0243]

출력(m)에서의 광학 코드는 진폭은 서로 동일하고 위상은 서로 상이한 N개의 PSK 칩의 시퀀스이다. 위상 편이

값  $\theta_j$ 는, 기준 코드가 모두 동일한 위상을 갖는 칩들로 구성되도록, 선택되어야 한다, 즉:

[0244]

$$\varphi_y + \varphi_m + \theta_j = 2\pi A_{ijm} \quad i, j = 1, 2, \dots, N \quad [20]$$

[0245]

여기서,  $A_{ijm}$ 는 정수 상수이다.

[0246]

입력의 고정된 입력(i)과 기준 출력(m)에 대하여, 상기 식[20]으로부터 위상 편이 값  $\theta_j$ 를 계산하는 것이 가능하다.

[0247]

출력(k)과 출력(k')에서의 광학 코드들이 직교한다면, 다음[21]에서처럼, 해당하는 임펄스 응답의 상호상관 함수는 거의 0이 된다:

[0248]

$$h_{ik}(t) \otimes h_{ik'}(t) \cong 0 \quad i, k, k' = 1, 2, \dots, N \quad \text{and} \quad k \neq k' \quad [21]$$

[0249]

상기 입력(i)에서 상기 출력(k)으로의 전달함수  $H_{ik}(f)$ 는 임펄스 응답의 푸리에 변환[17]을 수행함으로써 다음의 식[22]과 같이 계산될 수 있다:

[0250]

$$H_{ik}(f) = \sum_{j=1}^N e^{j(\varphi_y + \varphi_m + \theta_j)} e^{-j \frac{2\pi f n_j L_j}{c}} \quad i, k = 1, 2, \dots, N \quad [22]$$

[0251]

주파수 영역에서 관계식[21]은 식[23]과 같이 된다:

[0252]

$$H_{ik}^*(f) H_{ik'}(f) \cong 0 \quad i, k, k' = 1, 2, \dots, N \quad \text{and} \quad k \neq k' \quad [23]$$

[0253]

이 조건은, 전달함수가 기준 전달 함수  $H_{im}(f)$ 의 편이된 복사본이면 항상 만족된다. 즉, 다음[24]과 같다:

[0254]

$$H_{ik}(f) = H_{im} \left( f - n \frac{c}{n_i N \Delta L} \right) \quad k = 1, 2, \dots, N \quad [24]$$

[0255]

여기서, n는, 2개의 각기 다른 출력에 해당하는 크기가 각각 다르다는 조건을 만족시키는 정수이다.

[0256]

$$k \neq k' \rightarrow n \neq n' \quad k, k' = 1, 2, \dots, N \quad [25]$$

[0257]

동일한 자기상관 및 상호상관 함수를 갖는 광학 코드들로 구성된 하나의 광학 코드 세트가, 주파수 영역에서 기준 코드의 푸리에 변환을 번역함으로써 생성될 수 있다. 식[20]을 사용함으로써, 입력(i)과 기준 출력(m) 간의 전달함수는 다음의 식[26]과 같아진다:

[0258]

$$H_{im}(f) = \sum_{j=1}^N e^{-j \frac{2\pi f n_j L_j}{c}} \quad i = 1, 2, \dots, N \quad [26]$$

[0259]

그리고 식[24]에서 이를 치환함으로써, 다음의 결과[27]를 얻는다:

[0260]

$$H_{ik}(f) = \sum_{j=1}^N e^{-j \frac{2\pi f n_j L_j}{c}} e^{j \frac{2\pi m L_j}{N \Delta L}} \quad i, k = 1, 2, \dots, N \quad [27]$$

[0261]

식[22]과 식[27]의 비교로부터, 다음의 조건[28]이 만족되면 0C(광학 코드)가 직교하는 것을 알 수 있다.

[0262]

$$\varphi_y + \varphi_m + \theta_j = \frac{2\pi m L_j}{N \Delta L} + 2\pi A_{jmk} \quad i, j, k = 1, 2, \dots, N \quad [28]$$

[0263] 식[18]과 식[20]을 사용함으로써, 다음의 식[29]이 도출되고:

$$\varphi_{jk} - \varphi_{jm} = \frac{2\pi n L_m}{N \Delta L} + \frac{2\pi n d_j}{N} + 2\pi A_{jmk} \quad j, k = 1, 2, \dots, N \quad [29]$$

[0264]

[0265] 그리고  $j=m$ 이라 놓으면, 다음의 결과[30]가 얻어지고:

$$\varphi_{mk} - \varphi_{mm} = \frac{2\pi n L_m}{N \Delta L} \quad k = 1, 2, \dots, N \quad [30]$$

[0266]

[0267] 식[29]에서 이를 치환하면, 다음의 결과[31]가 얻어진다:

$$\Delta \varphi_{jk} \equiv \varphi_{jk} - \varphi_{jm} - \varphi_{mk} + \varphi_{mm} = \frac{2\pi n d_j}{N} + 2\pi A_{jmk} \quad j, k = 1, 2, \dots, N \quad [31]$$

[0268]

[0269] 특히,  $\Delta \varphi_{jm} = 0$ 이다.

[0270] 위상 차가 식[15]으로부터 계산될 수 있으며,

$$\Delta \varphi_{jk} = \frac{2\pi(-1)^N}{N} A_j A_k - \frac{\pi(-1)^N}{2} A_{jk} \quad j, k = 1, 2, \dots, N$$

[0271]

[0272] 와 같고, 여기서

$$A_q = \frac{1}{2} \left[ (-1)^{q+m} \left( q - \frac{1}{2} \right) - \left( m - \frac{1}{2} \right) \right] \quad \text{per } q = k, j \quad [32]$$

$$A_{jk} = \left[ 1 - (-1)^{j+m} - (-1)^{k+m} + (-1)^{j+k} \right]$$

[0273]

이다.

[0274] 여기서,  $A_q$ 는 정수이고,  $A_{jk}$ 는 4의 정수 배수이다. 따라서 조건 [31]은 다음[33]과 같이 표현될 수 있으며:

$$n = (-1)^N A_k = \left\{ \frac{(-1)^N}{2} \left[ (-1)^{k+m} \left( k - \frac{1}{2} \right) - \left( m - \frac{1}{2} \right) \right] \right\} \quad k = 1, 2, \dots, N$$

$$d_j = A_j = \left\{ \frac{1}{2} \left[ (-1)^{j+m} \left( j - \frac{1}{2} \right) - \left( m - \frac{1}{2} \right) \right] \right\} \text{mod } N \quad j = 1, 2, \dots, N$$

$$A_{jmk} = -\frac{(-1)^N}{4} A_{jk} = -\frac{(-1)^N}{4} \left[ 1 - (-1)^{j+m} - (-1)^{k+m} + (-1)^{j+k} \right] \quad k, j = 1, 2, \dots, N$$

[33]

[0275]

[0276] 여기서, "mod"는,  $d_j \in [0, 1, 2, \dots, N-1]$ 이도록 하는, 나머지 연산자(module arithmetic operator)를 의미한다.

[0277] 식[33]은 도 12에서 도시된 장치의 제 5 실시예를 실시하기 위한 규칙을 제공한다. 특히, 제 1 식[33]은 기준 출력(m)에서의 광학 코드와 상기 출력(k)에서의 광학 코드 간의 상대적 위상 편이 값을 제공하며; 제 2 식[33]은 인자  $d_j$  그리고 도파관 격자(22)의 암의 길이  $L_j$ 를 제공한다.

[0278] 입력(i)에서 출력(k)으로의 전달함수는 다음의 식[34]과 같다:

$$H_{ik}(f) = \sum_{j=1}^N e^{-j \frac{2\pi f L_j}{c}} e^{j \frac{2\pi L_j}{N \Delta L}} = \sum_{j=1}^N e^{-j \frac{2\pi f L_j}{c}} e^{j \frac{2\pi L_j}{N \Delta L}} e^{j \frac{2\pi d_j}{N}} \quad i, k = 1, 2, \dots, N \quad [34]$$

[0279]

[0280] 명료성을 위해, 전달함수[34]가 다음 식[35]이 되도록, 기준 길이  $L_m=N\Delta L$ 를 선택하는 것이 가능하다:

$$H_{ik}(f) = \sum_{j=1}^N e^{-j\frac{2\pi f_n L_i}{c}} e^{j\frac{2\pi m d_j}{N}} \quad i, k = 1, 2, \dots, N \quad [35]$$

[0281]

[0282] 그리고 출력(k)에서의 OC의 위상은  $2\pi/N$ 의 배수이다. 이 같은 경우, 식 [30]으로부터, 다음[36]이 도출된다:

$$\varphi_{mk} = \varphi_{nm} \quad k = 1, 2, \dots, N \quad [36]$$

[0283]

[0284] 그리고 도 12의 장치에 의해 생성된 OC는 도 7의 장치에 의해 생성된 OC와 일치한다.

[0285] 실시예로서, 도 12의 장치가  $N=8$ 개의 입력과  $N=8$ 개의 출력을 갖는 경우, 기준 출력이  $m=2$ 이고, 입력 포트가  $i=4$ 라고 가정할 때, 식[33]으로부터 격자(22) 아암의 인자는  $d_j=(7 \ 0 \ 6 \ 1 \ 5 \ 2 \ 4 \ 3)$ 이고, 식[20]에 따른 위상 편이는,

$$\theta_j = -2\phi_j - (13\pi/32 \ 29\pi/32 \ -19\pi/32 \ 29\pi/32 \ -3\pi/32 \ 13\pi/32 \ -3\pi/32 \ -19\pi/32) \quad \text{와 같다.} \quad [0286]$$

[0287] 출력  $m=2$ 에서 기준 코드는 0인 모든 위상을 가지며, 다른 출력에서 발생된 코드들은 도 12에서 나타나는 것으로서, 도 7의 장치에 의해 생성되는 것들과 동일한 것들이다.

[0288] 식[33]에 따라, 상기 격자(22) 아암의 인자는 단조롭게  $j$ 에 따라 증가하지 않으며, 평면 도파관의 교차(crossing)를 피하기 위해, 복수의 U자형(U-bend)을 레이아웃에 삽입시키거나, S자 구성을 사용하는 것이 필요하다. 또는,  $d_j = a \cdot j$ 인 조건(이때,  $a$ 는 정수임)을 세우는 것이 가능하다. 이 같은 경우, 격자(22)의 인자  $d_j$ 는 다음[37]과 같다:

$$\frac{2\alpha j - \frac{1}{2}}{j - \frac{1}{2}} = (-1)^{j+m} \quad j = 1, 2, \dots, N \quad [37]$$

[0289]

[0290] 상기 식[37]은  $j$ 가 짝수이고  $\alpha=2$ 이면 항상 만족된다. 따라서, 짝수의 입력만 고려되고, 짝수 출력과 짝수 인덱스를 갖는 도파관 격자(22) 아암이 고려되는 경우에만, 도 12의 장치는  $j$ 에 따라 단조롭게 증가하는 상기 격자(22) 아암의 길이를 갖는 것으로 구현될 수 있다. 하나의 입력과  $N$ 개 출력을 갖는  $1 \times N$ 개의 비 균일 분할기인 경우에 도 12의 장치를 적용할 수 있음을 해당업계 종사자라면 즉시 이해할 수 있을 것이다.

[0291] 삭제

[0292] 본 발명에 따른 또 다른 실시예는 하나의 트리 구조를 제공하는데, 이 트리 구조의 노드에서, 도 12의 장치와 유사한 장치가 제공되며, 이와 같은 경우, 집합원 수가 매우 많은 코드 세트를 생성하는 것이 가능하다.

[0293] 도 14는 도파관 격자와 2개의 포커싱 커플러 또는 "slabs"를 사용하는 본 발명에 따른 제 6 실시예를 도시한다. 특히, 도 14의 장치(25)는  $N$ 개 입력 도파관,  $N$ 개 출력 도파관, 2개의 커플링 도파관 및 하나의 도파관 격자로 구성된다. 각각의 커플러의 입력단과 출력단에서 도파관은 롤랜드 원(Roland circle) 구성에 따라 위치되며, 상기 격자 내 서로 인접한 2개의 도파관의 길이는 상수  $\Delta L$ 에 의해 달라진다.

[0294] 입력(i)과 출력(k) 간의 전달함수는 다음의 식[38]과 같다(정위상 인자(constant phase factor)와 가능하다면 정진폭 인자(constant amplitude factor)를 제외):

$$H_{ik}(f) = \sum_{j=1}^N e^{-j\frac{2\pi f_n \Delta L}{c}} e^{-j\frac{2\pi f_n d_j}{c}(\sin \theta_i + \sin \theta_k)} \quad i, k = 1, 2, \dots, N \quad [38]$$

[0295]

[0296] 여기서,  $n_s$  및  $n_e$ 는 각각, 슬랩(slab)의 유효 굴절률 및 격자 도파관의 유효 굴절률이며,  $d$ 는 도파관 격자의 격

자간격(pitch)이고,  $\theta_i$  및  $\theta_0$ 는 각각, 입력 및 출력 도파관을 마주 대하는 각의 크기이다. 즉 식[39]과 같다:

$$\sin \theta_i \cong i \frac{d_i}{R} \quad \sin \theta_0 \cong k \frac{d_0}{R} \quad [39]$$

상기 입력 및 출력 도파관 격자의 격자간격은 각각,  $d_i$  및  $d_0$  로 표시되며,  $R$ 은 슬랩 초점 길이이다.  $d_i=d_0$ 이라 하고, 레이아웃 파라미터를 다음[40]과 같이 선택한다면:

$$N = \frac{\lambda R}{n_s d d_0} \quad [40]$$

식[38] 및 식[39]으로부터 다음의 결과[41]가 얻어진다:

$$H_{ik}(f) = \sum_{j=1}^N e^{-j \frac{2\pi n_s \Delta L}{c}} e^{-j \frac{2\pi}{N}(i+k)} \quad i, k = 1, 2, \dots, N \quad [41]$$

입력( $i$ ) 각각에 대하여, 기준 출력 도파관은,  $i \neq N$ 인 경우  $m=N-i$ ,  $i=N$ 인 경우  $m=N$ 으로 정의될 수 있다. 기준 전달함수는 다음[42]과 같다:

$$H_{im}(f) = \sum_{j=1}^N e^{-j \frac{2\pi n_s \Delta L}{c}} \quad i = 1, 2, \dots, N \quad [42]$$

그리고 관련 임펄스 응답은 다음[43]과 같다:

$$h_{im}(t) = \sum_{j=1}^N \delta(t - j\tau) \quad i = 1, 2, \dots, N \quad [43]$$

여기서,  $\tau = \Delta L n_s / c$  는 광학 코드의 칩 주기이다.

이러한 방식으로, 도 14의 장치(25)는 도 7과 도 12의 장치에 의해 생성되는 것과 동일한 코드를 생성시킨다. 사실, 입력( $i$ )에서 출력( $k$ )으로의 전달함수는 기준 함수의 편이된 버전으로서 다음[44]과 같다:

$$H_{ik}(f) = H_{im} \left( f - \frac{i+k}{N\tau} \right) \quad i, k = 1, 2, \dots, N \quad [44]$$

본 발명에 따르는 장치의 또 다른 실시예에 의해, 가변 파장식, 즉 동조가능한 레이저 소스를 단일 입력 칩의 소스로서 이용하여, 여러 다른 파장에서 라벨을 인코딩함으로써, 코드 길이는 증가되지 않고 코드 집합원 수가 증가될 수 있다.

코드 길이를 증가시키지 않고 코드 집합원 수를 증가시키기 위한 또 다른 방법은, 다-차원 코드를 발생시키는 것이다. 사실, 둘 이상의 펄스들을 동일한 파장으로 도 12 또는 도 14의 장치 입력으로 전송함으로써,  $N$ 개의 직교상태인 광학 코드가 얻어진다. 가능한 입력 설정의 개수가 점점 더 많아지기 때문에, 더 많은 직교상태 광학 코드로 구성된 세트를 구축하는 것이 가능하다.

$n$ 을 하나의 펄스가 전송되는 입력의 개수라고 할 때( $n < N$ ), 생성되는 코드의 세트의 집합원 수는,

$$\binom{N}{n} \text{ 까지 증가된다.}$$

이에 반해, 코드 길이는  $N$ 을 유지한다. 다차원 설정을 이용하여 생성될 수 있는 길이  $N$ 의 광학 코드의 최대 개수는

[0314]  $\begin{pmatrix} N \\ N/2 \end{pmatrix}$  와 같으며, 이는  $n=N/2$ 개의 입력을 감안하여 얻어진 것이다.

[0315] 삭제

[0316] 실시예로서,  $N=8$ 인 때, 상기 4-차원 OC의 코드 집합원 수는 70개이다.

[0317] 또 다른 예로서, 도 14의 장치의 입력( $i_1$  및  $i_2$ )으로 전송된 동일한 파장의 2개의 동일한 펄스를 생각할 때, 출력( $k$ )에서의 전달함수는 다음[45]과 같다:

$$\begin{aligned}
 H_k(f) &= H_{i_1 k}(f) + H_{i_2 k}(f) = \sum_{j=1}^N e^{-j2\pi f\tau} e^{-j\frac{2\pi}{N}(i_1+k)} + \sum_{j=1}^N e^{-j2\pi f\tau} e^{-j\frac{2\pi}{N}(i_2+k)} \\
 &= H_{i_1 m_1} \left( f - \frac{i_1+k}{N\tau} \right) + H_{i_2 m_2} \left( f - \frac{i_2+k}{N\tau} \right) \quad k=1,2,\dots,N
 \end{aligned}
 \tag{45}$$

[0318]

[0319] 여기서,  $m_1$ 은  $i_1$ 에 상응하는 기준 출력이다. 즉,  $i_1 \neq N$ 인 경우  $m_1=N-i_1$ 이고  $i_1=N$ 인 경우  $m_1=N$ 이다. 상응하는 임펄스 응답은 다음의 [46]과 같다:

$$h_k(t) = \sum_{j=1}^N \left( e^{-j\frac{2\pi}{N}(i_1+k)} + e^{-j\frac{2\pi}{N}(i_2+k)} \right) \delta(t-j\tau) = 2 \sum_{j=1}^N e^{-j\frac{2\pi}{N} \left[ k + \frac{(i_1+i_2)}{2} \right]} \cos \left[ \frac{\pi j (i_1 - i_2)}{N} \right] \delta(t-j\tau)$$

[46]

[0320]

[0321] 따라서, OC는 대체로 균일하지 않은 진폭과 위상을 갖도록 한다. 특히,  $i_1-i_2=N/2$ 이면, 동일한 진폭을 갖는 짝수 칩 펄스들만으로 만들어진 길이  $N$ 의 OC가 생성된다.

[0322] 본 발명의 장치가 라우터 노드에서 라벨 프로세서로서 사용되는 경우, 라벨이 입력 포트( $i=k$ )로 전송된다면, 상기 장치의 상호성 때문에 출력( $k=i_1$  및  $k'=i_2$ )에 두 개의 자기상관 신호가 있게 된다. 따라서, 다차원 OC 세트의 경우, 두 코드 간의 정확한 매치가 둘 이상의 자기상관 피크의 동시 존재를 측정함으로써 검출된다.  $N=8$ 인 2차원 코드 세트의 경우,  $ACP=16$ 이고, 최대  $CCP=3$ 이며, 따라서  $r=0.187$ 이며, 이는 1차원 OC의 경우에서보다 다소 약화된 값이다.

[0323] 본 발명에 따르는 광학 장치와 광학 코드 세트에 의해 제공되는 이점이, 가령 MPLS 네트워크와 CDMA 네트워크와 관련된 응용에서 분명하다.

[0324] 특히, 하나의 장치가 인코더와 디코더 모두로 사용될 수 있으며, 장치 출력을 적합하게 선택함으로써, 각기 다른 광학 코드가 선택된다.

[0325] 다중 접속 네트워크 내 본 발명에 따른 광학 코드의 사용과 관련하여, MPLS 네트워크와 관련된 동일한 고려사항이 적용된다. 특히, 본 발명의 광학 코드는 높은 직교성을 갖기 때문에,  $N$ 명의 사용자의 신호들이, 다중 액세스 간섭(MAI)이 실질적으로 널(null)인 채로 수신된다.

**산업상 이용 가능성**

[0326] 바람직한 실시 예가 설명되었으나, 몇 가지 수정이 제안될 수 있으며, 본원 첨부 청구범위의 범위를 벗어나지 않는 한도에서 여러 수정 및 변경이 가능하다.

**도면의 간단한 설명**

[0151] 도 1a 및 1b는 MPLS 네트워크 및 CDMA 네트워크를 개략적으로 도시한 도면.

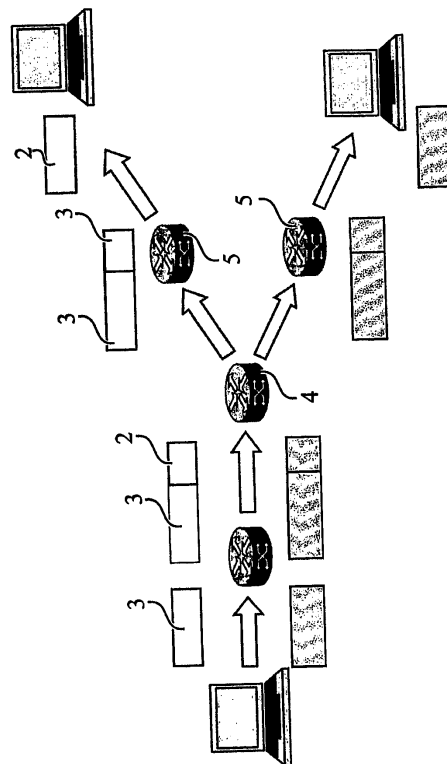
[0152] 도 2는 본 발명에 따른 광학 장치의 제 1 실시 예를 개략적으로 도시한 도면.



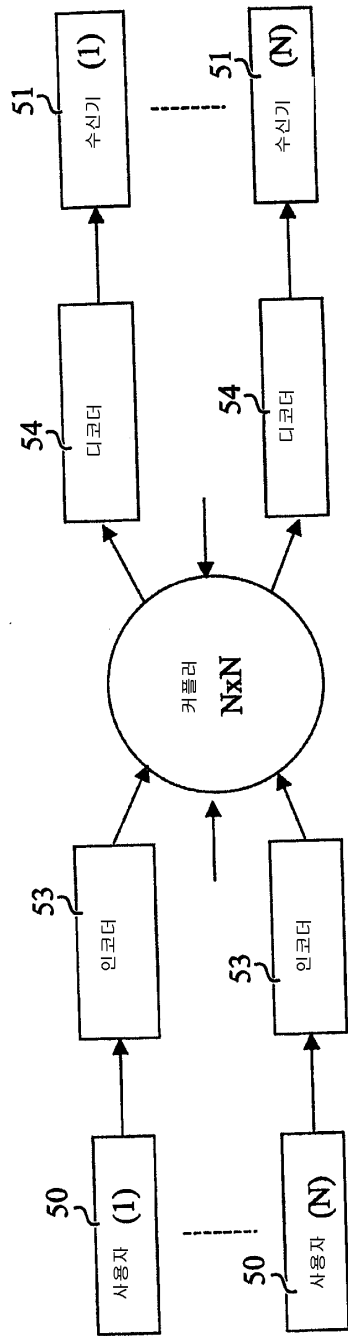
- [0153] 도 3은 도 2의 도면 본원 발명에 따른 광학 장치의 바람직한 실시 예를 도시한 도면.
- [0154] 도 4a 및 4b는 MPLS 네트워크에서의 라벨 발생기로서, 그리고 CDMA 네트워크 에서의 인코더로서 각각 도 3 장치의 응용을 도시한 도면.
- [0155] 도 5는 광학 코드 처리기로서 도 3 장치의 응용을 도시한 도면.
- [0156] 도 6a, 6b 그리고 6c는 도 3 장치의 입력에서 광학 신호를 각각 도시하며, 그리고 출력에서 얻어진 최대 상호상관 신호를 도시한 도면.
- [0157] 도 7은 본 발명에 따른 광학 장치의 두 번째 실시 예를 도시한 도면.
- [0158] 도 8a, 8b, 및 8c는 도 7 장치의 입력에서 광학 신호를 각각 도시하며, 출력에서 얻어진 결과의 자기상관 및 최대 상호상관 신호를 도시한 도면.
- [0159] 도 9는 본 발명에 따른 광학 장치의 세 번째 실시 예를 도시한 도면.
- [0160] 도 10a, 및 도 10b는 MPLS 네트워크 및 CDMA 네트워크에서 각각 도 7 장치의 응용을 도시한 도면.
- [0161] 도 11은 본 발명에 따른 광학 장치의 네 번째 실시를 도시한 도면.
- [0162] 도 12는 본 발명에 따른 광학 장치의 다섯 번째 실시 예를 도시한 도면.
- [0163] 도 13은 도 12 장치의 NxN MMI 커플러를 도시한 도면.
- [0164] 도 14는 본 발명에 따른 광학 장치의 여섯번째 실시를 도시한 도면.

**도면**

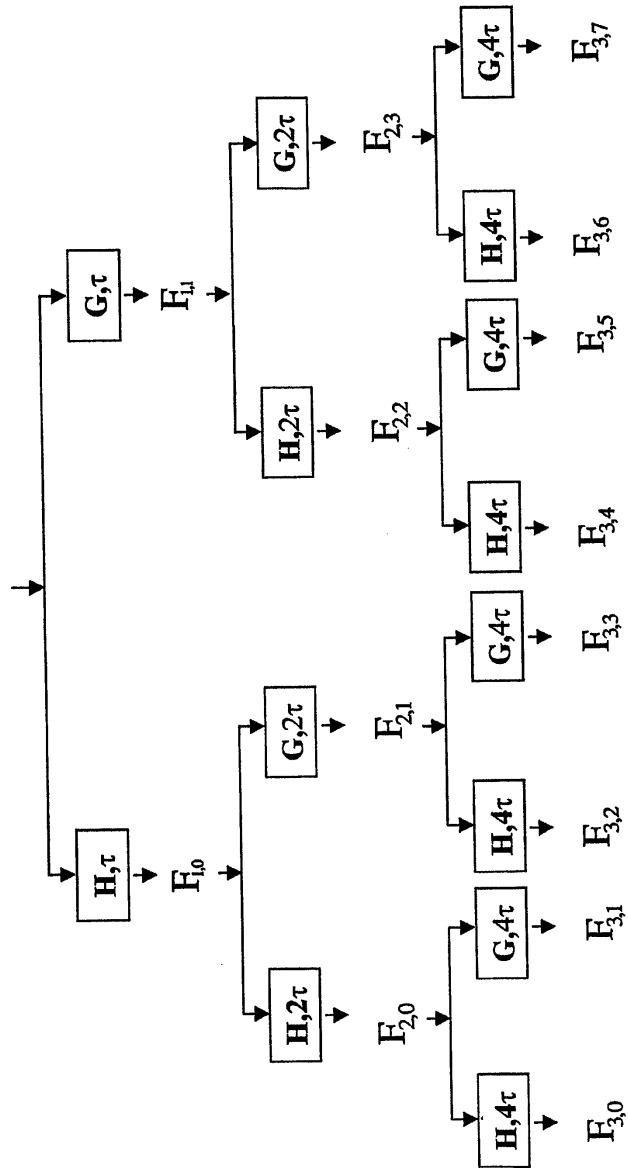
**도면1a**



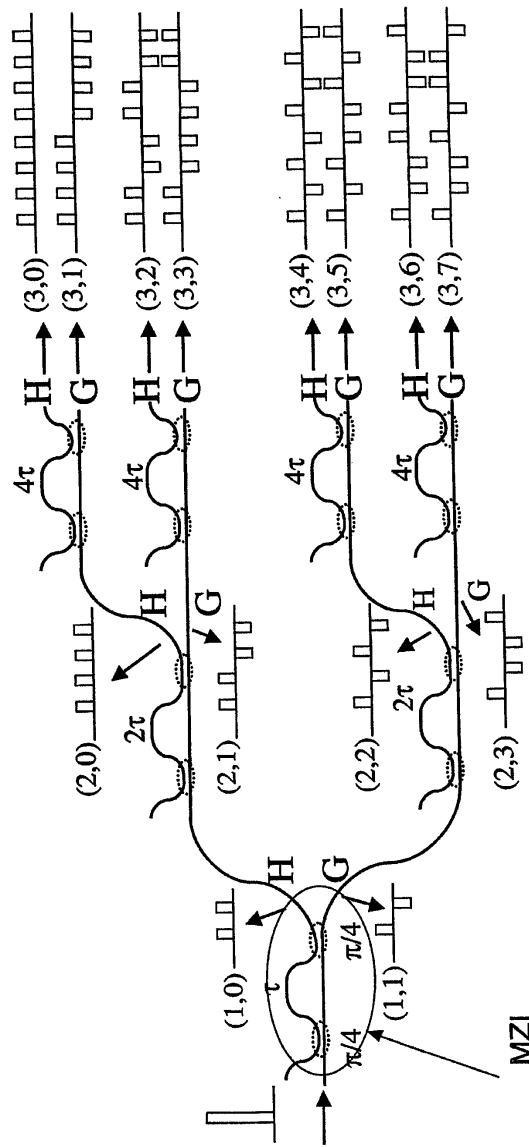
도면1b



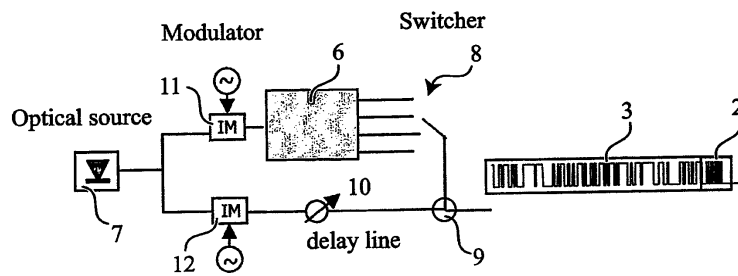
도면2



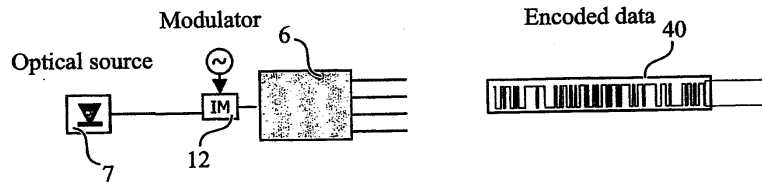
도면3



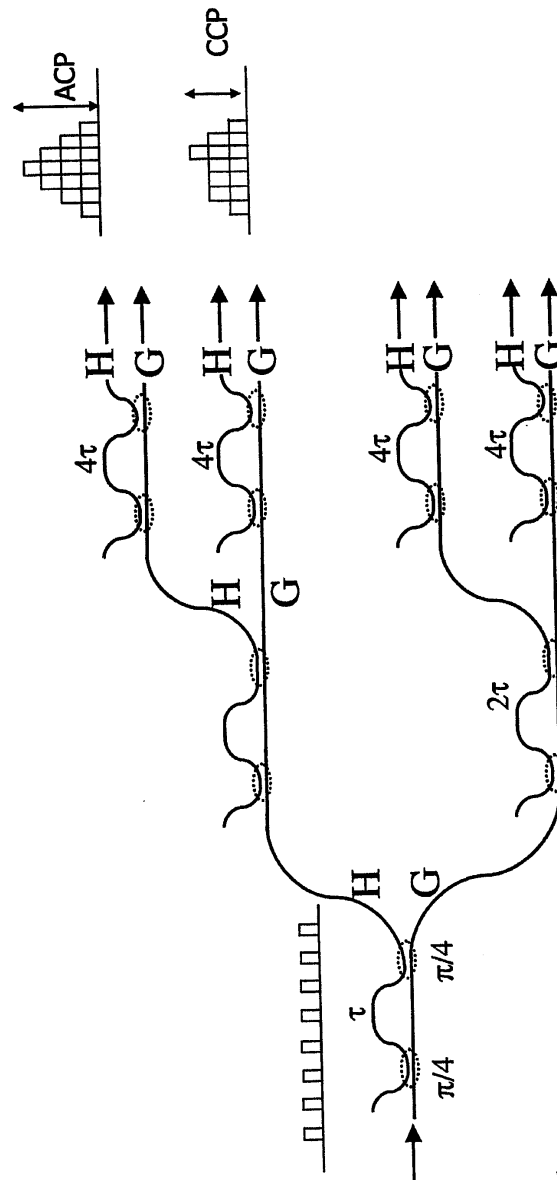
도면4a



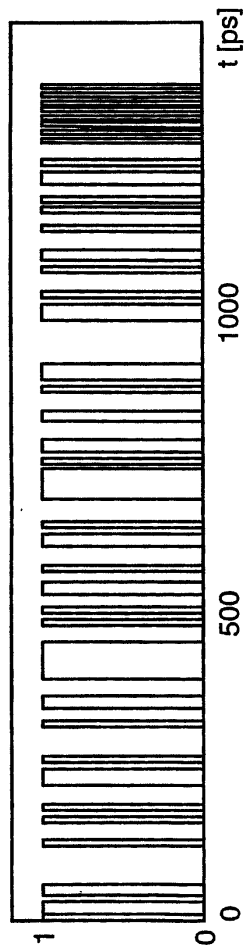
도면4b



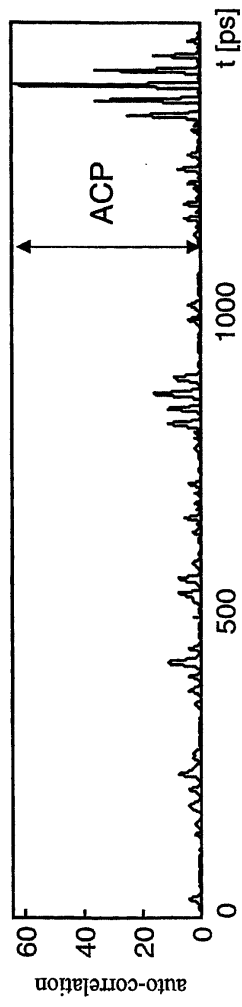
도면5



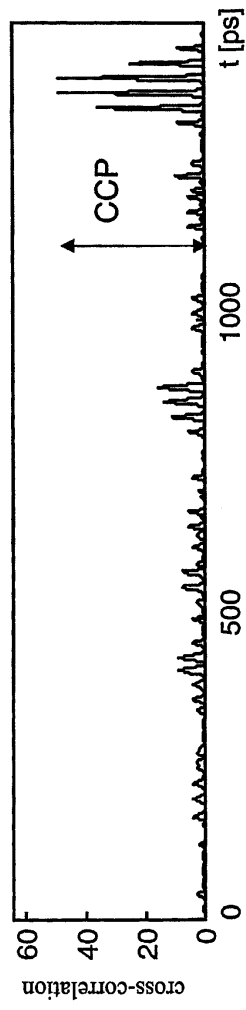
도면6a



도면6b

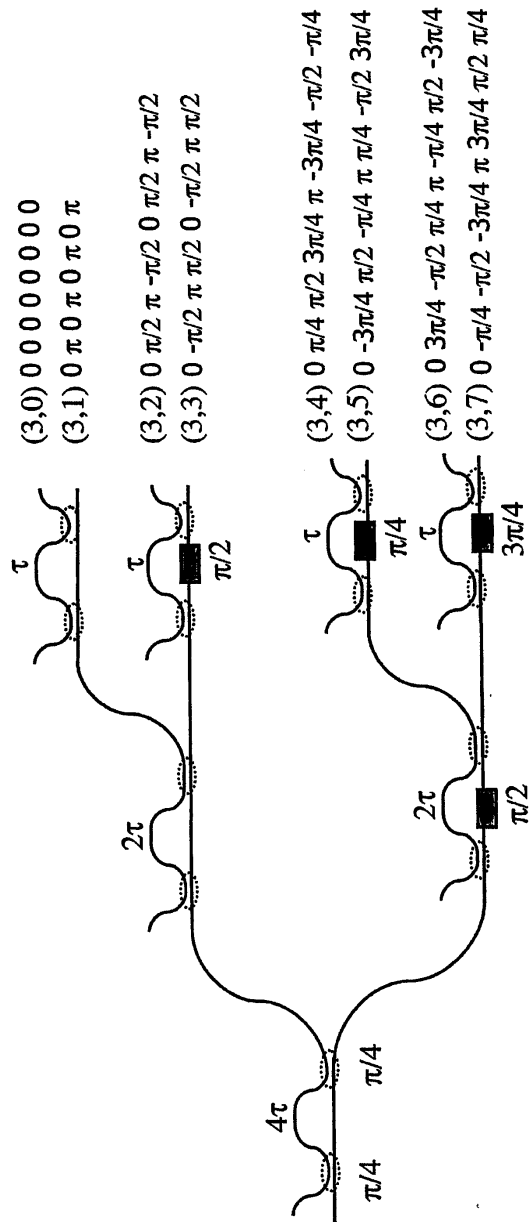


도면6c

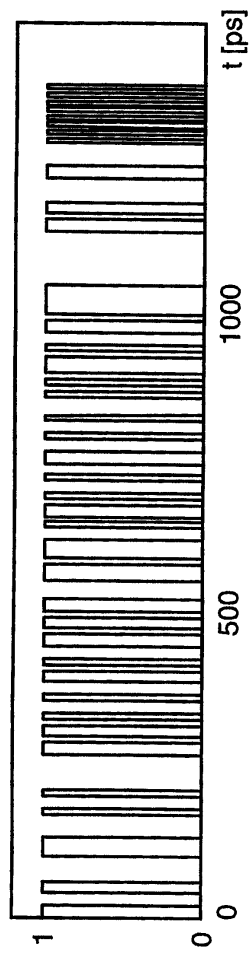




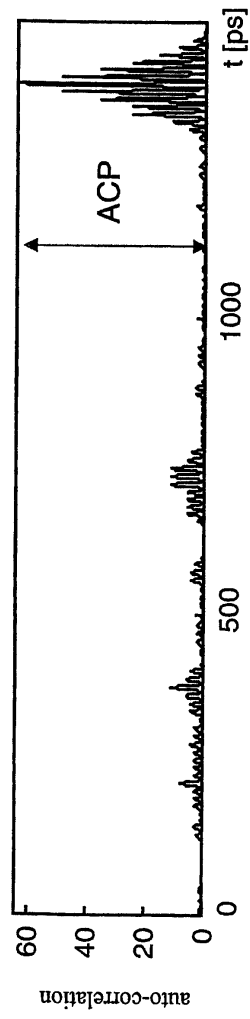
도면7



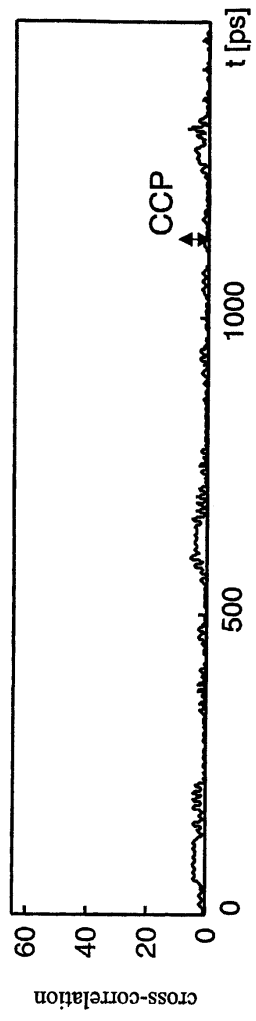
도면8a



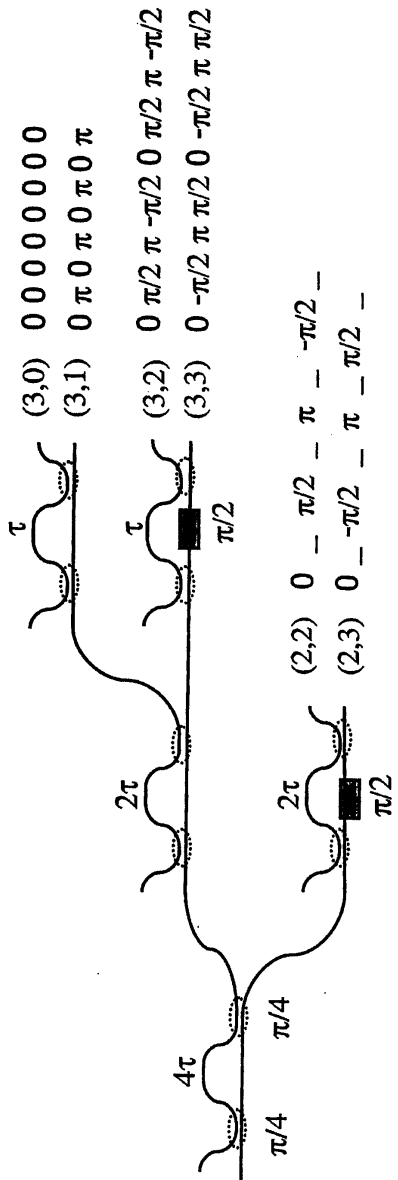
도면8b



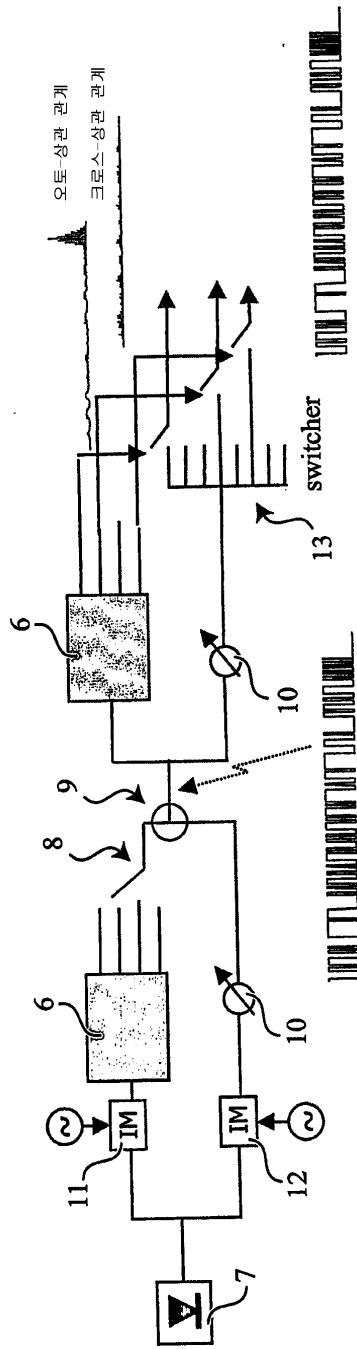
도면8c



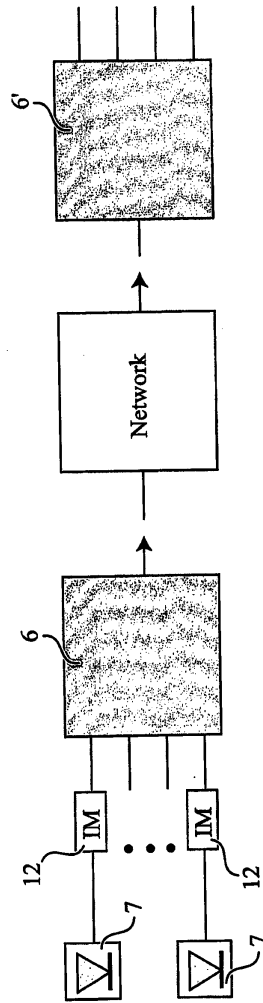
도면9



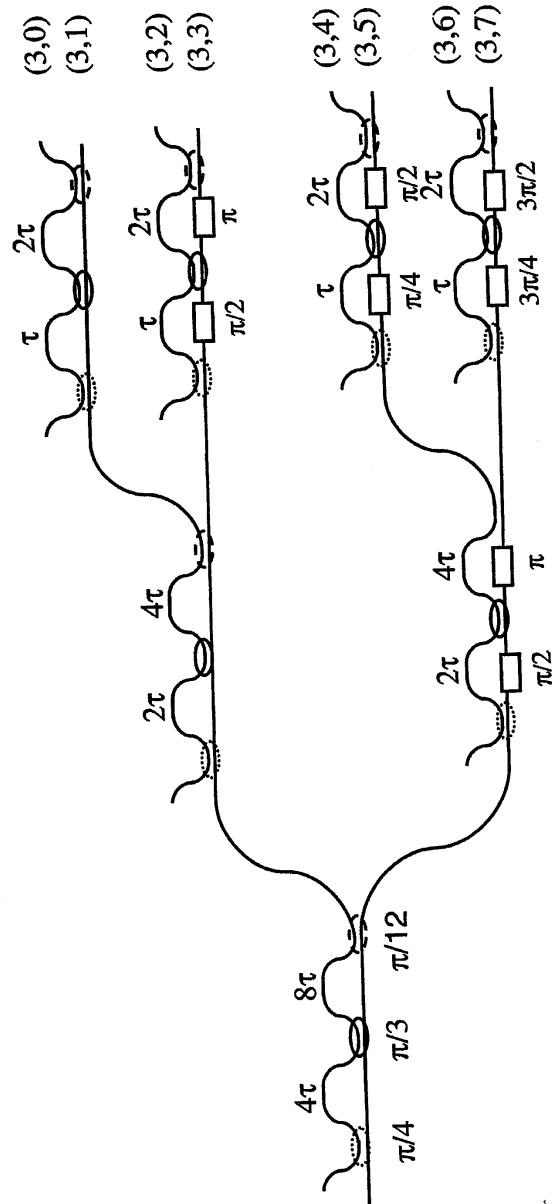
도면10a



도면10b

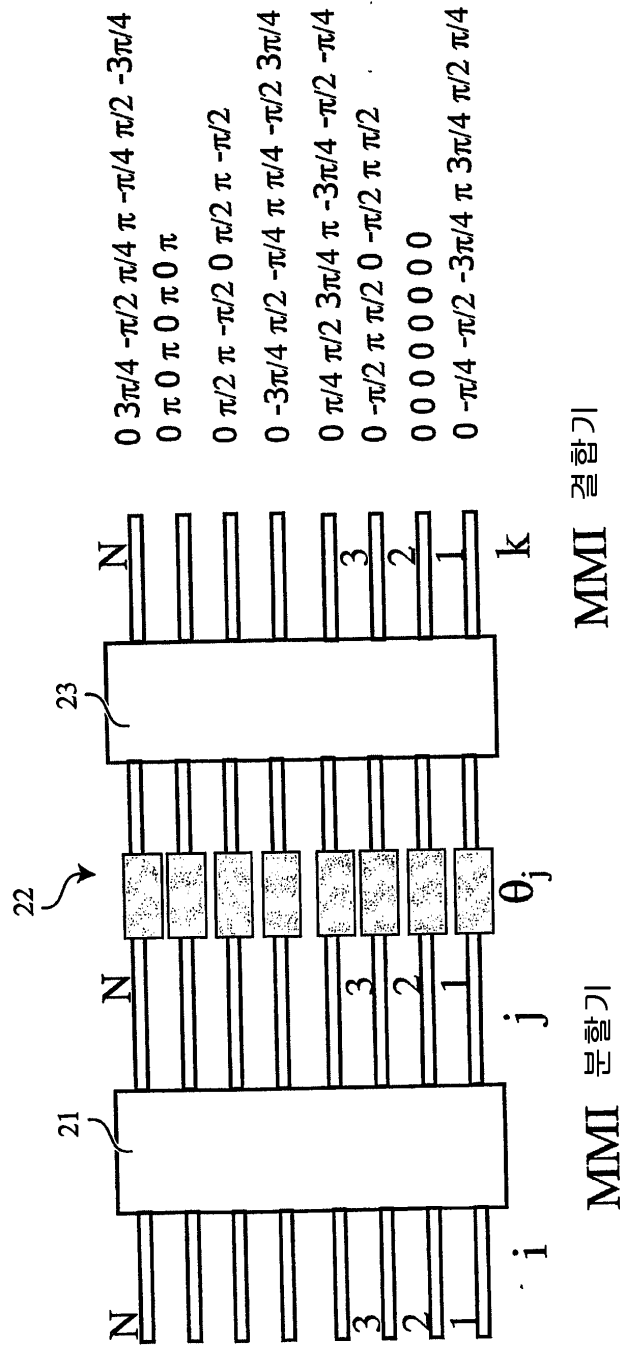


도면11

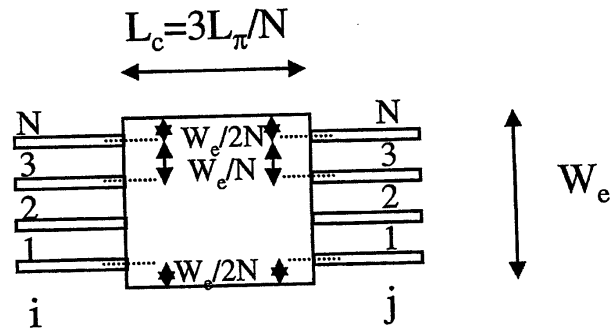




도면12



도면13



도면14

