

## 연분수전개를 이용한 사다리형 광파이버필터의 최적설계

正會員 李 採 勁\*, 文 炳 顯\*\*, 禹 洪 棟\*\*

Optimal design for optical fiber filter of ladder structure based on continued fraction expansion

Chae Wook Lee\*, Byung Hyun Moon\*\*, Hong Chae Woo\*\* Regular Members

### 要 約

광파이버는 저손실, 광대역 그리고 극히 작은 지연도 정확하게 얻을 수 있기 때문에 고주파, 광대역신호의 고속처리에 적합한 지연매체로 주목을 받고 있다. 광파이버를 지연소자로 이용한 광파이버필터는 그 기본 구성요소인 방향성결합기의 결합계수가 취할 수 있는 값이 물리적으로 한정되어 있다. 따라서 통상의 디지털필터와는 다른 설계공식을 확립시킬 필요가 있다.

본 논문에서는 방향성 결합기의 제약조건을 고려하여, 주어진 전달함수에 대해 광신호의 에너지를 최대한 유효하게 사용하는 사다리형 광파이버 필터의 설계법에 대하여 고찰하고 그 때의 설계공식 및 실현조건등을 유도한다.

### ABSTRACT

Due to the low loss, broadband and accurate short time delay properties of optical fiber, it has attracted as a delay medium for high speed and broad-band signal processing. In this paper, we consider the coherent optical fiber filter of ladder structure, which uses coherent light sources and consists of directional couplers whose coupling coefficients are restricted between 0 and 1.

Considering restrictions of directional coupler, the design formulae and condition of realizability for optical fiber filter of ladder structure which makes the optimal use of optical signal energy are derived.

\*대구대학교 정보통신공학과  
Dept. of Computer and Communication, Taegu Univ.

\*\*대구대학교 전자공학과  
Dept. of Electronic Engineering, Taegu Univ.  
論文番號 : 952

接受日字 : 1995年 1月 3日  
이 논문은 1994년도 대구대학교 학술연구비 자원에 의한 논문임.

I. 서론

광파이버는 저손실, 광대역 그리고 작은 지연도 정확하게 얻을 수 있기 때문에 고주파, 광대역신호의 고속처리에 적합한 지연매체로 주목받고 있다. 이미 광파이버를 지연선(delay line)으로 하여 필터링처리를 비롯한 각종의 연산 및 신호처리가 발표되어 있다<sup>(1,2)</sup>. 그리고 광대역 종합정보 통신망(B-ISDN)의 핵심기술로서 광주파수분할다중방식(OFDM)에서는 수십 GHz단위의 고주파, 광대역신호에 대한 필터링처리가 요구되고 있는데, 이러한 신호처리의 유력한 후보로 광파이버필터가 관심을 끌고 있다<sup>(3,4,5)</sup>.

최근 코히런트(coherent)광을 이용한 광파이버필터에 대한 연구는 일본 NTT 전송 시스템 연구소에서 GHz 단위의 저역통과 및 고역통과 주파수특성의 실현을 시작으로<sup>(4)</sup>, GaAs 도파로상에서 지연선을 더욱 길게 하여 초고주파(microwave)를 사용하는 분야에도 광파이버필터가 응용가능한 것을 보여 주고 있다<sup>(6)</sup>. 그리고 광파이버를 지연선으로 하는 광파이버필터의 집적화가 더욱 진전되어<sup>(7,8)</sup>, 방향성결합기에 광증폭기를 한 개 혹은 양쪽으로 2개를 동시에 설치하여 설계의 자유도를 높이는 실현방법 및 프로그램이 가능한 광파이버필터도 발표되고 있다<sup>(9,10,11,12)</sup>.

필자는 이미 직접형과 격자형 광파이버필터의 실현조건과 설계공식에 대하여 보고하였다<sup>(13,14,15)</sup>. 본 논문에서는 광파이버를 이용한 지연소자와 방향성결합기를 구성단위로 하여 연분수전개를 이용한 사다리(ladder)형 광파이버필터에 대하여 논한다. 사다리형 디지털필터는 이미 그 설계공식도 확립되어 있고 직접형구성, 종속형구성과 비교하여 저감도로 되는 것도 알려져 있다<sup>(16)</sup>. 단, 사다리형 광파이버필터에서는 구성요소인 방향성결합기의 특성으로 입력신호는 광강도에 의해 처리되기 때문에 방향성결합기의 결합계수(=a)는 0과 1사이의 값만 취할 수 있고 광의 분기소자로 이용할 경우 신호광은  $j\sqrt{a}$ 와  $\sqrt{1-a}$ 로 분배된다. 이와 같은 제약조건 때문에 광파이버필터는 통상의 디지털필터와는 다른 설계법을 확립시킬 필요가 있다. 본 논문에서는 방향성결합기의 제약조건을 고려하면서, 광신호 전력을 최대한 효율적으로 이용하는 설계방법을 목표로 하여 사다리형 광파이버필터의 실현조건과 설계공식을 유도한다.

II. 필터의 구성요소

코히런트광을 이용한 광파이버필터가 실용적으로 되기 위해서는 레이저의 스펙트럼폭 제어기술, 편광면 보존 단일모드 광파이버의 개발 그리고 헤테로다인 및 호모다인 검파기의 개발 등 해결해야 할 문제가 아직 많이 남아 있다. 그러나 이러한 문제점은 점차 해결될 것으로 보고 본 논문에서는 처리할 전기적인 신호를 코히런트광의 반송파를 이용하여 광파이버필터의 입력신호로 한다.

광파이버필터에 이용되는 디바이스로는 신호광과 국부 발진광의 편광상태를 일치시키는 편파제어기(polarisation controller)가 필요하다<sup>(17)</sup>. 그리고 광의 위상을 제어하는 위상제어기(phase modulator)도 있어야 한다<sup>(18)</sup>.

코히런트광에 의한 신호처리와 광파이버필터의 입력신호에 관한 상세한 기술은 참고문헌 [14,15] 그리고 [18]을 참조하기 바란다. 여기서는 지연소자, 가산·분기소자, 승산소자 등 사다리형 광파이버필터의 기본 구성요소에 대해서만 간단히 기술한다.

1. 단위 지연소자

광파이버를 이용한 단위 지연소자를 그림 1과 같이 표시하기로 한다. 여기서 단위 시간지연을  $z^{-1}$ 로 표시한다고 하면 이 소자의 입출력 관계는 다음과 같다.

$$E_2 = E_1 z^{-1}$$

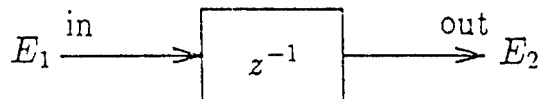


그림 1. 단위 지연소자  
Fig. 1. Unit delay element

2. 가산·분기 소자

방향성결합기를 그림 2와 같이 표시한다. 이때 입출력 관계는 다음과 같이 주어진다<sup>(1)</sup>.

$$\begin{bmatrix} E_3 \\ E_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sqrt{1-a} & j\sqrt{a} \\ j\sqrt{a} & \sqrt{1-a} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \end{bmatrix}$$

여기서  $a(0 \leq a \leq 1)$ 는 방향성결합기의 결합계수이고,  $(E_1, E_2)$ 와  $(E_3, E_4)$ 는 각각 입력과 출력의 전계진폭이다. 그림 3에 표시한 바와 같이 입력  $(E_1, E_2)$ 와 출력  $E_3$ 를 이용하여 광의 가산소자를 구성하고, 입력  $E_1(E_2=0)$ 과 출력  $E_3, E_4$ 를 이용하여 광의 분기소자를 구성한다.

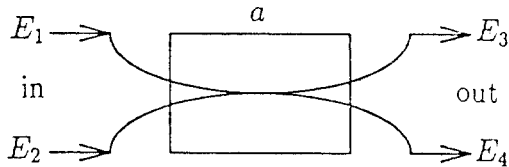


그림 2. 방향성결합기  
Fig. 2. Directional coupler

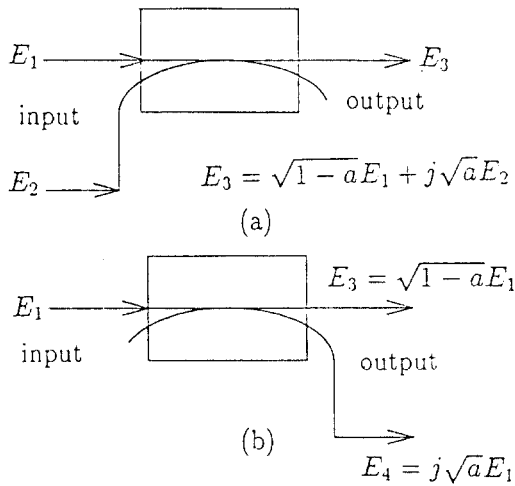


그림 3. 가산소자 및 분기소자  
Fig. 3. Summing and branching element

코히런트광의 가산에 대해서는 신호광의 편파상태와 위상의 정합성이 중요하다. 따라서 가산소자 앞에는 필요에 따라 편파제어기와 위상제어기를 삽입한다. 단 편파 성분의 발생이 적은 편파보존 광파이버를 사용함으로써 편파제어기를 생략하는 방법도 생각할 수 있다.

3. 승산 소자

방향성결합기를 그림 4(a) 혹은 4(b)와 같이 2단 접

속하면 승산계수를 얻을 수 있다. 여기서 승산계수를 A라 하면, A와 2개의 방향성결합기의 결합계수 a는

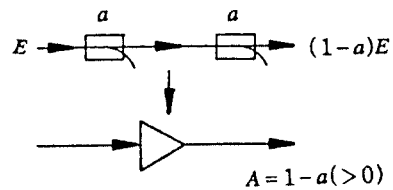
$$a = 1-A, \text{ for } 0 \leq A \leq 1$$

$$a = -A, \text{ for } -1 \leq A \leq 0$$

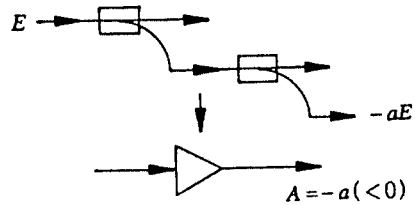
와 같은 관계가 있다. 이때 A의 범위는

$$-1 \leq A \leq 1$$

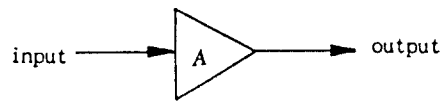
와 같이 된다.



(a)



(b)



(c)

그림 4. 승산소자  
Fig. 4. Multiplier element

Ⅲ. 사다리형 광파이버필터의 설계

연분수전개에 기초를 둔 사다리형 디지털필터의 설계 방법에 대해서는 이미 알려져 있고 연분수의 형식에 따라 여러종류의 회로구성으로 나누어진다<sup>[16]</sup>. 본문에서는 신호의 분기, 가산 및 승산을 실행하는 전기회로(디지털

회로)를 II장에서 논한 각종의 광소자로 대신한 사다리형 광파이버필터를 고찰의 대상으로 하여 그 설계의 실현조건 및 설계방법에 대하여 논한다. 단, 회로의 단순화를 고려하여 신호의 분기 및 가산에 이용하는 방향성 결합기는 모두 동일하게 하여 그 결합계수를  $a$ 로 한다. 희망하는 전달함수

$$F_{D,n}(z) = \frac{h_{n,0}z^n + h_{n,1}z^{n-1} + \dots + h_{n,n}}{g_{n,0}z^n + g_{n,1}z^{n-1} + \dots + g_{n,n}}$$

에 대하여 그 정수배( $=a$ ), 즉

$$F_n(z) = aF_{D,n}(z) = \frac{a \sum_{i=0}^n h_{n,i} z^i}{\sum_{i=0}^n g_{n,i} z^i} \quad (1)$$

의 실현을 생각한다. 단, 광신호의 에너지를 최대한 유효하게 이용하는 것을 고려하여  $a(>0)$ 를 최대로하는 설계법의 도출을 목표로 한다.

그림 5에 본 논문에 이용한 사다리형 광파이버필터의 기본회로를 표시한다. 각각의 전달함수는 다음과 같이 주어진다.

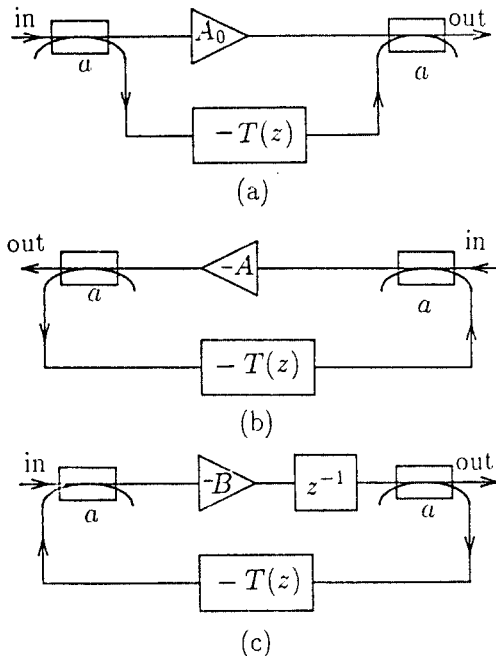


그림 5. 기본회로  
Fig. 5. Basic building block

$$H_0(z) = (1-a)A_0 + aT(z)$$

$$H_A(z) = \frac{(1-a)/a}{\frac{1}{aA} + T(z)}$$

$$-H_B(z) = \frac{(1-a)/a}{\frac{1}{aA} + T(z)}$$

이러한 기본회로를 이용하여 사다리형 광파이버필터를 그림 6에 보인다. 이때 전달함수는 다음과 같이 연분수로 주어진다.

$$H_n(z) = (1-a)A_0 + \frac{1-a}{\frac{z}{aB_1} + \frac{1}{aA_1} + \frac{(1-a)/a}{\frac{z}{aB_n} + aA_n}} \quad (2)$$

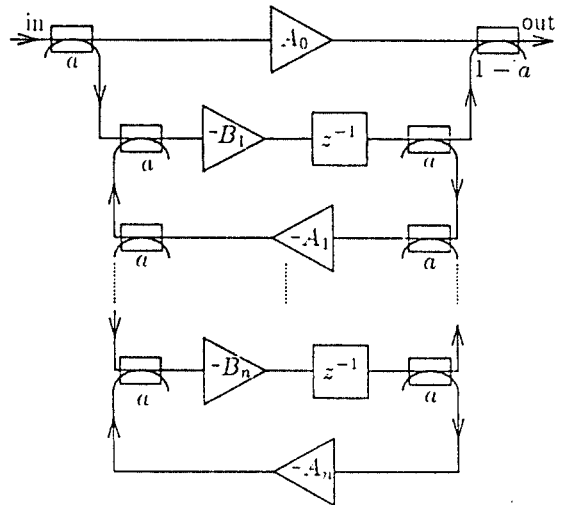


그림 6. 사다리형 광파이버필터  
Fig. 6. Optical fiber filter of ladder structure

한편 식(1)의 전달함수를 식(2)의 전달함수의 형태로 고쳐 쓰면 다음과 같이 된다.

$$F_n(z) = C_0 + \frac{1}{D_1 z + \frac{1}{C_1 + \frac{1}{D_2 z + \frac{1}{C_2 + \frac{1}{D_3 z + \frac{1}{C_3 + \frac{1}{D_n z + \frac{1}{C_n}}}}}}}} \quad (3)$$

식(1)과 식(3)을 비교하면 다음과 같은 관계식이 성립한다.

[정리 1]

식(1)의  $F_n(z)$ 에 대하여 식(3)의  $C_i$  ( $i=0,1,\dots,n$ )와  $D_{i+1}$  ( $i=0,1,\dots,n-1$ )은 다음 점화식을 이용하여 축차적으로 구할 수 있다.

$$C_i = \frac{ah_{n-i,0}}{g_{n-i,0}} \quad (4)$$

$$D_{i+1} = \frac{g_{n-i,0}}{ah_{n-i-1,0}}$$

단,

$$g_{n-i-1,j} = g_{n-i,j+1} - \frac{g_{n-i,0}h_{n-i-1,j+1}}{h_{n-i-1,0}} \quad (5)$$

$$h_{n-i-1,j} = h_{n-i,j+1} - \frac{h_{n-i,0}g_{n-i,j+1}}{g_{n-i,0}} \quad (5)$$

$$j = 0, 1, \dots, n-i-1$$

이다. 그리고

$h_{m,1}=g_{m,1}=0$ , for  $l>m$ 으로 약속을 한다.

$F_n(z)$ 의 연분수전개(식(3))를 실현하는 그림 6의 사다리형 광파이버필터의 승산계수  $A_i$  ( $i=0,1,\dots,n$ )와  $B_i$  ( $i=1,2,\dots,n$ )는 식(2)와 (3)을 비교하면 방향성결합기의 계수  $a$ 의 함수로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$A_0(a) = \frac{C_0}{1-a} \quad (6)$$

$$A_i(a) = \frac{1}{C_i}$$

$$B_i(a) = \frac{1}{a(1-a)D_i}$$

다음은 사다리형 광파이버필터의 실현조건에 대하여 검토한다. 주어진 전달함수가 안정하고 물리적으로 실현

가능하다고 하더라도 광파이버필터는 고유의 제약이 있기 때문에 항상 실현된다고는 할 수 없다. 사다리형 광파이버필터가 실현가능하기 위한 필요충분조건은 주어진 전달함수가 연분수전개가 가능해야 함은 물론이고, 필터의 승산계수  $A_i(a)$  ( $i=0,1,\dots,n$ ) 및  $B_j(a)$  ( $j=1,2,\dots,n$ )가

$$-1 \leq A_i(a), B_j(a) \leq 1 \quad (7)$$

와 같은 조건식을 만족하는 방향성결합기의 계수  $a$  ( $0 \leq a \leq 1$ )가 존재하는 것이다.

이하 본 논문에서는 전달함수가 연분수전개 가능한 것으로 하여 식(7)의 조건을 검토한다. 연분수전개가 가능하기 위한 조건에 대해서는 문헌[16]과 [19]를 참조하기 바란다.

우선  $|A_0(a)| \leq 1$ 이 되기 위한 필요충분조건은 식(8)과 식(4)로부터

$$|A_0(a)| = \left| \frac{ah_{n,0}}{(1-a)g_{n,0}} \right| \leq 1$$

즉,

$$a \leq L_0(a), \text{ 단 } L_0(a) \equiv \left| \frac{(1-a)g_{n,0}}{h_{n,0}} \right| \quad (8)$$

이다.

같은 방법으로  $|A_i(a)| \leq 1$  ( $i=1,2,\dots,n$ )로 되기 위한 필요충분조건은

$$|A_i(a)| = \left| \frac{g_{n-i,0}}{ah_{n-i,0}} \right| \leq 1, \quad i=1,2,\dots,n$$

즉,  $K_i \leq a (\leq L_0(a))$ ,

$$\text{단, } K_i \equiv \left| \frac{g_{n-i,0}}{h_{n-i,0}} \right| \quad (9)$$

로 주어진다.

같은 방법으로  $|B_i(a)| \leq 1$  ( $i=1,2,\dots,n$ )로 되기 위

한 필요충분조건은

$$|B_i(a)| = \left| \frac{ah_{n-i,0}}{a(1-a)g_{n-i+1,0}} \right| \leq 1,$$

$$i=1, 2, \dots, n$$

즉,

$$a \leq L_i(a) \text{ , 단, } L_i(a) \equiv \left| \frac{a(1-a)g_{n-i+1,0}}{h_{n-i,0}} \right| \quad (10)$$

로 주어진다.

회로가 실현가능하기(정수  $a$ 가 존재하기) 위해서는 식 (8), (9), (10)으로부터 다음식이 성립하여야 한다.

$$K_i \leq L_j(a), \quad i=1, 2, \dots, n, \quad j=0, 1, \dots, n \quad (11)$$

위의 식을  $a$ 에 대하여 정리하면

$$(1-a) \geq \left| \frac{g_{n-i,0}h_{n,0}}{g_{n,0}h_{n-i,0}} \right| \equiv G_{i,0},$$

for  $i=1, 2, \dots, n$  (12)

$$a(1-a) \geq \left| \frac{g_{n-i,0}h_{n-j,0}}{h_{n-i,0}g_{n-j+1,0}} \right| \equiv G_{i,j},$$

for  $i, j=1, 2, \dots, n$

로 된다. 이러한 부등식이 성립하는  $a$  ( $0 \leq a \leq 1$ )가 존재하기 위해서는

$$G_{i,0} \leq 1, \quad i=1, 2, \dots, n \quad (13)$$

$$G_{i,j} \leq 1/4, \quad i, j=1, 2, \dots, n$$

이 되어야 한다.

위의 식이 성립할 때 식(11)(즉, 식(12))을 만족하는  $a$  ( $0 \leq a \leq 1$ )가 존재하기 위한 필요충분조건은

$$a_{\min} \leq a_{\max} \quad (14)$$

단,

$$a_{\min} \equiv \max_{1 \leq i, j \leq n} \left\{ \frac{1 - \sqrt{1 - 4G_{i,j}}}{2} \right\}$$

$$a_{\max} \equiv \min_{1 \leq i, j, k \leq n} \left\{ 1 - G_{k,0}, \frac{1 + \sqrt{1 - 4G_{i,j}}}{2} \right\}$$

로 주어진다. 여기서  $a_{\min} \leq 1/2$ 이다. 그리고  $G_{i,j}$ 는 희망 전달함수  $F_n(z)$ 만으로 결정되는 것을 알 수 있다.

다음은  $a$ 의 최대값  $a_{\max}$ 를 결정하는 최적 결합계수  $a_{\text{opt}}$ 와 그때의  $a_{\max}$ 를 구해보자. 식 (8), (10)으로부터  $a \leq \min \{L_i(a)\}$ 이므로  $a$ 의 최대값  $a_{\max}$ 는

$$a_{\max} = \max_{a_{\min} \leq a \leq a_{\max}} \min_{0 \leq i \leq n} \{L_i(a)\} \quad (15)$$

로 주어진다. 그런데 식(10)으로부터  $\min \{L_i(a)\}$ 은  $L_1(a) \sim L_n(a)$ 중에서 하나의 값으로 주어진다는 것을 알 수 있다. 따라서  $L_i(a)$ 를

$$L_i(a) \equiv \min_{1 \leq l \leq n} \{L_l(a)\}$$

$$= \left| \frac{a(1-a)g_{n-l+1,0}}{h_{n-l,0}} \right| \quad (16)$$

로 정의하면 식(15)는

$$a_{\max} = \max_{a_{\min} \leq a \leq a_{\max}} \min \{L_0(a), L_i(a)\} \quad (17)$$

로 된다.  $\min\{L_0(a), L_i(a)\}$ 의 그래프는 그림 7과 같이 주어지고  $L_0(a)$ 와  $L_i(a)$ 의 교점  $\tilde{a}$ 는

$$\tilde{a} = \left| \frac{g_{n,0}h_{n-l,0}}{h_{n,0}g_{n-l+1,0}} \right| \quad (18)$$

로 주어진다.

따라서  $a_{\min} \leq 1/2$ 를 고려하고  $a_{\min}$ ,  $\tilde{a}$ ,  $1/2$ ,  $a_{\max}$ 의 대소 관계에 관하여 가능한 모든 경우를 생각하여 각각에 대하여  $a_{\max}$ 가 주어지는 최적의 방향성결합기의 결합계수  $a_{\text{opt}}$ 를 구하면 다음과 같이 주어진다.

case-1 :  $\tilde{a} \leq a_{\min}$ 의 경우

$$a_{\text{opt}} = a_{\min}, \quad a_{\max} = L_0(a_{\min})$$

case-2 :  $a_{\min} \leq a \leq 1/2 \leq a_{\max}$  or  $a_{\min} \leq \tilde{a} \leq a_{\max} \leq 1/2$ 의 경우

$$a_{\text{opt}} = \tilde{a}, \quad a_{\max} = L_0(\tilde{a}) = L_i(\tilde{a})$$

case-3 :  $1/2 \leq \tilde{a} \leq a_{\max}$  or  $1/2 \leq a_{\max} \leq \tilde{a}$ 의 경우

$$a_{\text{opt}} = 1/2, \quad a_{\max} = L_i(1/2)$$

case-4 :  $a_{\max} \leq \tilde{a} \leq 1/2$  or  $a_{\max} \leq 1/2 \leq \tilde{a}$ 의 경우

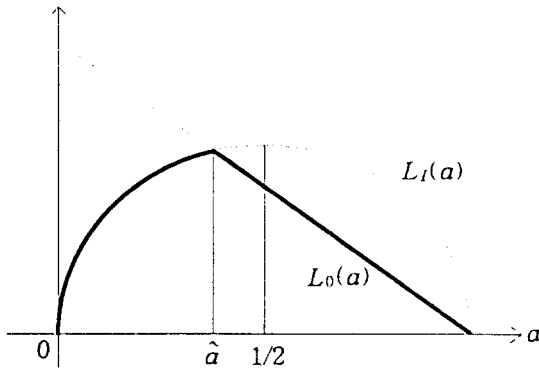


그림 7.  $\min\{L_0(a), L_1(a)\}$ 의 그래프  
Fig. 7. Behavior of  $\min\{L_0(a), L_1(a)\}$

$$a_{opt} = a_{max} \quad \alpha_{max} = L_1(a_{max})$$

이때 승산기 계수  $A_i (i=0, 1, \dots, n)$ ,  $B_i (i=1, 2, \dots, n)$ 는 식(4), (6)으로부터

$$A_0 = \frac{\alpha_{max} h_{n,0}}{(1 - a_{opt}) g_{n,0}}$$

$$A_i = \frac{g_{n-i,0}}{\alpha_{max} h_{n-i,0}} \quad (19)$$

$$B_i = \frac{\alpha_{max} h_{n-i,0}}{a_{opt}(1 - a_{opt}) g_{n-i+1,0}}$$

로 주어진다.

이상의 내용을 요약하면 다음과 같은 사다리형 광파이버 필터의 실현조건과 설계법을 얻는다.

[실현조건]

희망 전달함수  $F_{D,n}(z)$ 에 대하여 식(13), (14)가 성립할 것

[설계방법]

- step 1 :  $a_{opt}$ ,  $\alpha_{max}$ 를 구한다(case 1~4).  
 $a = a_{opt}$ ,  $\alpha = \alpha_{max}$ ,  $i = 0$ 로 둔다.
- step 2 : 식(4)로부터  $C_i$ ,  $D_{i+1}$ 을 구한다.  
식(5)로부터  $\alpha h_{n-i+1,j}$ ,  $g_{n-i+1,j} (j=0, 1, \dots, n-i-1)$ 를 구한다.

$i = i+1$ 로 한다.

step 3 :  $i=n$ 이 될 때 까지 step 2를 반복한다.

step 4 : 식(19)로부터  $A_i (i=0, 1, \dots, n)$ ,  $B_i (i=1, 2, \dots, n)$ 를 구한다 (END).

[설계에] 희망하는 전달함수  $H_d(z)$ 가

$$H_d(z) = \frac{5.1z^2 + 5.0345z + 0.943}{z^2 + 0.595z + 0.03}$$

와 같이 주어졌다고 하자. 식(8), (9), (10)으로부터

$$L_0(a) = \frac{1-a}{5.1}, \quad L_1(a) = \frac{a(1-a)}{2}$$

$$L_2(a) = \frac{0.2a(1-a)}{0.49}$$

$$K_1 = 0.4, \quad K_2 = 0.06$$

로 된다. 그리고 식(12)로부터

$$G_{1,0} = 0.51, \quad G_{2,0} = 0.306, \quad G_{1,1} = 0.2,$$

$$G_{1,2} = 0.245, \quad G_{2,1} = 0.12, \quad G_{2,2} = 0.147$$

로 주어진다. 따라서 식(13)이 성립하는 것을 알 수 있다. 이때 식(14)로부터

$$a_{min} = 0.364, \quad a_{max} = 0.635$$

로 되어  $H_d(z)$ 은 실현조건을 만족한다.

한편, 식(16)에서  $L_1(a) = L_2(a)$ 이고  $\bar{a} = 0.48$ 로 주어진다. 따라서 case-2의 경우에 해당되어

$$a_{opt} = \bar{a} = 0.48$$

$$\alpha_{max} = L_0(0.48) = L_2(0.48) = 0.1019$$

로 된다. 설계방법 step 2,3으로부터

$$C_0 = 0.5196, \quad D_1 = 4.9067, \quad C_1 = 1.019,$$

$$D_2 = 4, \quad C_2 = 1.6704$$

로 주어진다. step 4로부터 승산기 계수를

$$A_0 = 1, \quad B_1 = 0.8165, \quad A_1 = 0.9813,$$

$$B_2 = 1, \quad A_2 = 0.6$$

로 설정하면  $\alpha_{max} H_d(z)$ 을 실현할 수 있다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 초고주파, 광대역신호의 필터링처리를 염두에 두고 coherent광을 이용한 사다리형 광파이버 필터의 실현조건과 설계방법을 유도하였다. 설계방침으로는 광파이버필터로 희망하는 전달함수를 실현할 때, 광의 신호에너지를 최대한 유효하게 사용할 수 있도록 하였다.

한편 방향성결합기의 제조오차에 의한 감도문제를 고려해야 되지만, 제조 및 가공기술의 발전에 힘입어 제조 오차는 거의 없다고 생각하고 본 논문에서는 이상적인 모델을 고찰의 대상으로 하였다. 앞으로의 과제는 실험을 통한 필터의 특성 확인 그리고 각종 구성법의 비교, 보다 효율적인 구성형태에 대한 연구가 남아 있다.

#### 참고문헌

1. K.P.Jackson, S.A.Newton, B.Mosleghi, M.C.C.Cutler and H.J.Shaw : "Optical delay line signal processing", IEEE Trans. Microwave Theory & Tech., vol.33, no.3, pp.193-208, March, 1985.
2. B.Moslehi, J.W.Goodman, M.Tur and H.J.Shaw : "Fiber optic lattice signal processing", Proc.of IEEE, vol.72, no.7, pp.909-930, July 1984.
3. 심창섭 : "HAN/B-ISDN에서의 광통신기술 및 선진 각국의 광통신시스템 개발현황", 한국통신학회 학회지, 제21권 2호, pp.89-101, 1994년 2월.
4. K.Sasayama, M.Okuno and K.Habara : "Coherent optical transversal filter using silica based guides for high speed signal processing", IEEE Journal of Lightwave Technology, vol.9, no.10, pp.1225-1230, Oct. 1991.
5. 손정영, 이채욱, 김신환 : "광파이버필터의 발전동향", 한국통신학회 학회지, 제9권 7호, pp.69-77, 1992년 7월.
6. R.R.Hayes and D.Yap : "GaAs spiral optical waveguides for delay line applications", IEEE Journal of Lightwave Technology, vol.11, no.3, pp.523-527, Mar. 1993.
7. B.Moslehi and J.W.Goodman : "Novel amplified Fiber optic recirculating delay line processor", IEEE Journal of Lightwave Technology, vol.10, pp.1142-1147, 1992.
8. J.Capmany and J.Cascon : "Direct form I fiber optic discrete time signal processors using optical amplifiers and embedded Mach-Zehnder structures", IEEE Photon. Tec. Lett., vol.28, pp.1245-1246, Mar. 1993.
9. B.Moslehi : "Fiber optic filters employing optical amplifiers to provide design flexibility", Electron Lett., vol.28, no.3, pp.226-227, May. 1992.
10. C.Vazquez, B.Vizoso, M.L.Amo and M.A.Muriel : "Single and double recirculating delay lines as fibre optic filters", Electron Lett., vol.28, no.11, pp.1017-1019, May. 1992.
11. B.Vizoso, C.Vazquez, R.Civera, M.L.Amo and M.A.Muriel : "amplified fiber optic recirculating delay lines", IEEE Journal of Lightwave Technology, vol.12, no.2, pp.294-305, Feb. 1994.
12. J.Capmany and J.Cascon : "Optical programmable transversal filters using fiber amplifiers", Electron Lett., vol.28, pp.226-227, 1992.
13. 李 塚, 坂庭 好一 : "코히어런트光を用いた直接構成型光ファイバフィルタの一設計法", 電子情報通信學會論文誌(A), vol.J72-A No.11 pp.1894-1901, 1989年 11月.
14. C.W.Lee, K.Sakaniwa : "A Design method for coherent optical fiber filters of direct form", Scripta Tech. Journals in Electronics and Communications in Japan, vol.73, no.10, pp.36-45, Oct. 1990.
15. 이채욱, 문병현, 우홍제 : "격자형 광파이버필터의 최적설계에 관한 연구", 대한전자공학회 논문지 제30권 B편 5호, pp.434-441, 1993년 5월.
16. S.K.Mitra and R.J.Sherwood : "Canonic realization of digital filtering using the continued fraction expansion", IEEE Trans. Audio & Electroacoustics, vol.20,



no.3, pp.185-194, Aug. 1972.

17. H.C.Lefevre : "Single mode fibre fractional wave devices and polaisation controllers", Elecrtion. Lett., 16, pp. 778-780, Sep. 1980.

18. K.P.Jackson, Guoginging Xiao and H.J.Shaw : "Coherent optical fiber delay line

processor", Electron. Lett. pp.1335-1337, Dec. 1986.

19. H.S.Wall : Analytic theory of continued fractions, Chelsea publishing company, Bronx, N.Y. 1948.



**李 塚 勳**(Chae Wook Lee)정회원  
 1957년 12월 24일  
 1980년 2월 : 한국항공대학 통신공학과(공학사)  
 1987년 3월 : 동경공업대학 대학원 전기전자공학과(공학석사)  
 1990년 3월 : 동경공업대학 대학원 전기전자공학과(공학박사)

1990년 3월~현재 : 대구대학교 공과대학 정보통신학과 부교수  
 ※ 주관심분야 : 디지털신호처리(필터 설계), 광신호처리



**文 炳 顯**(Byung Hyun Moon)정회원  
 1960년 10월 16일생  
 현 재 : 대구대학교 공과대학 전자공학과 조교수  
 제18권 제3호 참조



**禹 洪 棟**(Hong Chae Woo)정회원  
 1957년 1월 20일  
 1980년 2월 : 경북대학교 전자공학과(공학사)  
 1979년 12월~1985년 12월 : 국방과학연구소 연구원  
 1988년 12월 : Texas A&M 대학교 전기공학과(공학석사)

1991년 12월 : Texas A&M 대학교 전기공학과(공학박사)  
 1992년 3월~현재 : 대구대학교 공과대학 전자공학과 조교수  
 ※ 주관심분야 : 음성신호처리, 이동통신