Branching Wave 디지털 필터를 이용한 디지털 필터뱅크의 설계에 관한 연구

이재석 *, 임덕규 **, 한인철 *, 이종각 ***
* 안양공전대, ** 삼척공전대, *** 서울대

A Study on the Design of the Digital Filter Bank Using the Branching Wave Digital Filters

J.S. Lee *, D.K. Lim **, I.C. Han *, J.K. Lee ***
* An Yang J.T. College, ** Sam Chuk J.T. College , *** Seoul N. University

Abstract - An 8-channel digital filter bank with wave digital filters is studied. Wave digital filter is automatically a directional filter. Using these properties, new method for organizing the 8-channel digital filter bank is proposed. This will lead to enormous savings in memories.

1. 序論

WDF(Wave Digital Filter)는 Classical 필터 이론에 기초를 둔 디지털 필터로 Fettweise에 의하여 제안되었으며 (1), 다른 디지털 필터들에 비하여 디지털 연산에대한 안정도가 높고, 구성상 다양한 구조를 갖으며, 짧은 Word-length의 계수로도 잘 동작하는 장점을 갖고있다.

WDF는 내부구조상 Transmittance와 Reflectance를 모두 전달함수로 사용할 수 있기 때문에, 하나의 입력에 대하여 두개의 출력을 갖는 Branching 필터로 설계할 수가 있다 (2). 또한 두개의 전달함수는 Felfikeller 式에 의하여 서로 相補관계에 있게 된다 (3). 즉, 하나의 출력이 Low-Pass 특성을 갖게 설계하면 다른 하나의 출력은 High-Pass의 특성을 갖는다. L. Gazsi는 WDF의 이러한 성질을 이용하여 4-채널 디지털 필터뱅크를 구성하였다 (4).

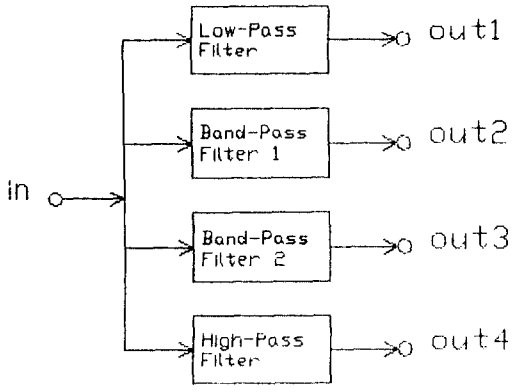
일반적으로 4-채널 디지털 필터뱅크를 설계하기 위해서는 4개의 각기 다른 디지털 필터들이 필요하지만, L. Gazsi의 구성방법에 의하면 2종류 (3개)의 디지털 필터만이 사용된다. 또한, 이 구성방법을 이용하여 8-채널 및 16-채널 디지털 필터뱅크를 설계할 경우에는 5종류 (7개) 및 10종류 (15개)의 디지털 필터들이 필요하게 된다.

본 논문에서는 8-채널 이상의 디지털 필터뱅크를 설계할 경우, 사용되는 필터의 종류를 줄이는 새로운 구성방법을 제안하였다. 또한 여기서 제안한 방법을 사용하여 구성한 8-채널 디지털 필터뱅크의 특성을 Computer Simulation을 통하여 확인하였으며, L. Gazsi의 구성방법보다 적은 종류의 필터를 사용하고도 좋은 특성을 얻을 수 있었다.

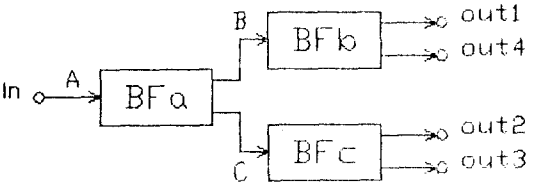
2. 디지털 필터뱅크의 구성 방법

4채널 디지털 필터뱅크를 일반적인 방법으로 구성한 하나의 예를 <그림1>에 보였다. 이 필터뱅크는 입력단의 A/D변환기와 출력단의 D/A변환기 사이에 4개의 각기 다른 디지털 필터들로 구성된다. 여기서 Low-Pass 필터, Band-Pass 필터1, Band-Pass 필터2, 그리고 High-Pass 필터는 각각 0-1KHz, 1-2KHz, 2-3KHz, 그리고 3-4KHz의 통과대역을 갖는 필터들이다. 이 필터뱅크는 주파수 성분이 0-4KHz인 입력신호를 각각 1/4씩의 주파수 성분을 갖는 신호들로 분류하여 출력한다. 이 방법에 의하여 8채널 또는 16채널 필터뱅크를 구성하려면 8개 또는 16개의 각각 다른 필터들이 요구된다.

L. Gazsi는 이러한 특성을 갖는 필터뱅크를 설계함에 있어서 필터의 수를 줄이는 방법을 제안 하였다. 즉, Branching Wave 디지털 필터를 사용하여 설계하는 방법으로서, 4채널 필터 뱅크에 대한 Block Diagram은 <그림2>와 같다. Wave 디지털 필터는 그것의 Transmittance 함수와 Reflectance 함수를 모두 전달함수로 사용할 수 있기 때문에 2개의 전달함수를 갖는 Branching 필터로 설계할 수가 있다. 또한 하나의 전달함수가 Low-Pass의 성질을 갖게 설계하면; 다른 하나는 자동적으로 High-Pass의 성질을 갖게 된다.



<그림1> 4-채널 디지털 필터뱅크의 일반적 구성,
4-Channel digital filter bank



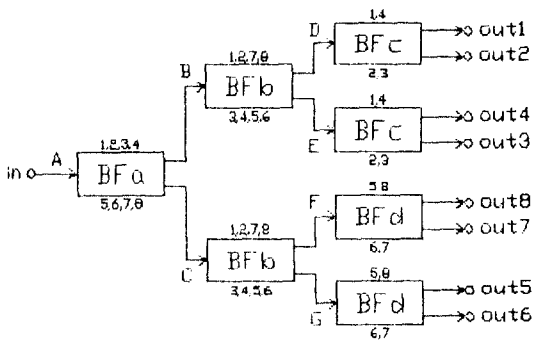
<그림2> Wave 디지털 필터을 이용한 4-채널 디지털 필터뱅크
4-Channel digital filter bank with wave digital filters

즉, 두 전달함수는 서로 相補관계에 있게 된다. <그림2>에서 BFa는 Wave 디지털 Band-Pass필터이며, Band-Pass 출력 (1-3 KHz) 과 Band-Stop 출력 (0-1, 3-4 KHz) 을 갖는다. 그리고 BFb와 BFc는 완전히 동일하게 설계된 Low-Pass 필터이며, Low-Pass 출력 (0-2 KHz) 과 High-Pass 출력 (2-4 KHz) 을 갖는다. 그러므로 이 필터뱅크는 <그림1>의 것과 같은 특성을 갖는다.

이러한 방법에 의하여 4-채널 디지털 필터뱅크를 설계하면 3개의 필터 (2가지 종류) 가 필요하게 된다. 또한 8-채널 디지털 필터뱅크를 설계 하려면 7개 (5종류) 의 필터를 필요로 하며, 16-채널의 경우에는 15개 (10종류) 의 필터가 필요하다.

3. 8-채널 Wave 디지털 필터뱅크의 구성

前節에서 L. Gazsi가 제안한 필터의 수를 줄이는 구성 방법에 대하여 고찰 하였다. 그러나 이러한 디지털 필터뱅크를 Digital Signal Processor Chip 및 Microprocessor Chip 등에 실제로 실현시킬 경우에 필터의 수를 줄여서 설계하는 것도 중요하지만,



<그림3> 새로운 8-채널 디지털 필터뱅크의 BF에 의한 구성
New construction of an 8-channel digital filter bank by BF

동일한 필터의 수를 많게하여 설계하는 것 또한 중요하다. Program 화 할 수 있는 Digital Chip에 필터뱅크를 실현시킬 경우, 동일한 필터는 하나의 필터 만을 Program 시킨 후 負 Program 이나 간접 Addressing등을 사용하여 반복처리를 시킬 수 있으므로 많은 Memory를 절약시킬 수가 있다. 즉, 한정된 Memory 용량의 Digital Signal Processor Chip 에 더 많은 수의 필터 뱅크를 Program 시킬 수가 있다.

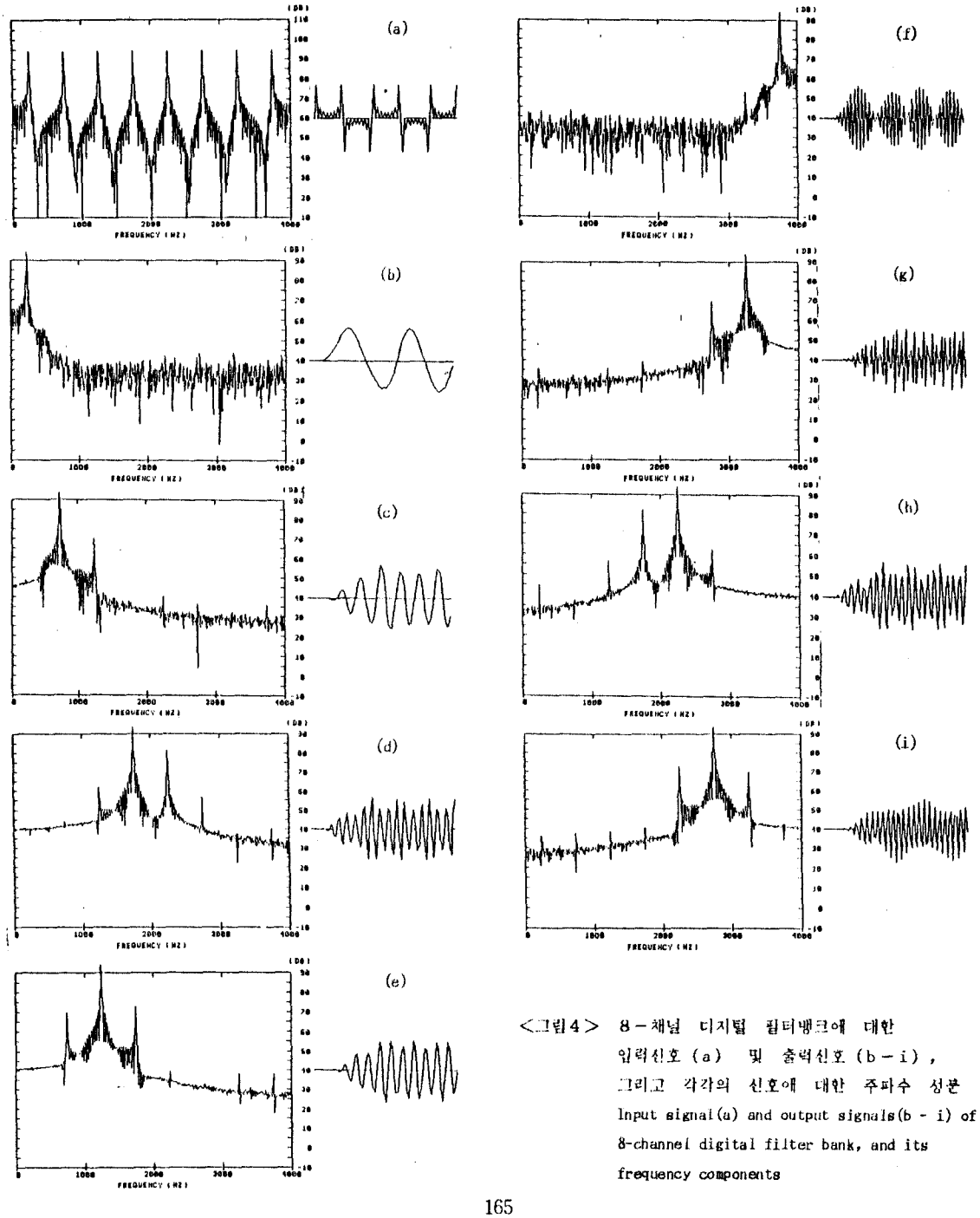
이제 本 論文에서 제안한 필터의 수 및 필터의 종류를 최소화하는 방법에 대하여 설명하겠다. 이 방법은 L. Gazsi의 구성 방법을 수정함으로서 얻어진다. 이 구성 방법을 Block Diagram 으로 보인 것이 <그림3>이다. 이 그림에서 각각의 BF들의 위와 아래에 표시된 숫자들은 신호가 BF를 지날 때 통과되는 채널들을 나타낸다. A단자로 8개 채널의 신호를 입력시키면, B단자로 1-4의 4개 채널이 통과되고 C단자로는 5-8의 채널이 통과된다. 다시 B단자에서 BFb를 통과하여 D단자로 1, 2의 2개 채널이 통과되고, E단자로는 3, 4의 채널이 통과된다. 이와같은 방법으로 8-채널의 입력 신호 (A단자) 를 8등분한 각각의 신호들이 Out1 - Out8 에 출력된다. <그림3>에서 두개의 BFb는 동일한 Branching 필터를 이다. 두개의 BFc와 BFd들도 역시 서로 같다. 그러므로 8-채널 디지털 필터뱅크를 구성하는데 필요한 필터의 갯수는 7개이며, 종류는 4종류이다.

이와같은 구성 방법에의해 8-채널 디지털 필터뱅크를 구성하면 L. Gazsi의 방법보다 필터의 종류가 1가지 줄어듬을 알 수 있다. 또한 16-채널

디지털 필터 뱅크를 설계할 경우, L. Gazsi의 방법으로는 10종류 (15개) 의 필터가 필요한 반면 本 방법으로는 8종류 (15개) 의 필터가 필요하다. 즉, 2종류의 필터가 절약된다.

4. 컴퓨터 시뮬레이션

Wave 디지털 필터를 설계하기 위해서는, 먼저 Classical Approximation 이론에 의하여 Reference 필터



<그림4> 8-채널 디지털 필터뱅크에 대한 입력신호 (a) 및 출력신호 (b-i), 그리고 각각의 신호에 대한 주파수 성분
Input signal(a) and output signals(b - i) of 8-channel digital filter bank, and its frequency components

를 구성하고 (5), 그 다음 Lattice 구조를 사용하여 BF를 완성시켜야 한다. Lattice 구조를 사용하는 이유는 Ladder 구조보다 더 적은 Multiplier로 구성할 수 있고, Pass-Band 감도도 올릴수가 때문이다 (6). 여기서는 7차 Reference 필터를 사용하여 <그림3>과 같은 디지털 필터뱅크를 구성하였다. 이 필터뱅크에 <그림4> (a)의 신호를 입력시켰을 때 출력단에 나타나는 신호들이 <그림4> (b) (c) … (i) 이다. 입력신호로는 8개의 주파수 성분 (250, 750, 1250, ..., 3750 KHz)을 갖는 Sine파를 사용하였다. Sampling Rate는 8 KHz이다. 각각의 그림들에서 우측의 Graph는 시간영역에서의 실제 신호이며 좌측은 그 신호들에 대한 주파수 성분을 나타낸다.

<그림4>에서 보듯이 제안된 <그림3>의 디지털 필터뱅크가 잘 동작함을 알 수 있다. 본 시뮬레이션은 IBM PC 유사 기종인 ROMAX-3000 16비트 마이크로컴퓨터를 사용하였다.

5. 結論

本 論文에서는 Wave Digital Branching 필터를 사용하여 8-채널 디지털 필터뱅크를 구성하는 새로운 방법을 제시하였다. 그리고 이 구성방법에 의하여 설계된 필터뱅크는 L. Gazsi의 방법보다 사용되는 필터의 종류수가 줄어듦을 보였다. 최근에 많이 생산되는 Digital Signal Processor Chip 등에 디지털 필터뱅크를 Program 할 경우, 같은 필터들은 Loop를 이용하여 반복처리가 가능하다. 그러므로 본 논문에서 제안된 구성방법을 이용한다면 많은 量의 Memory를 절약할 수 있으며, 또한 한정된 Memory내에 더 많은 필터뱅크를 Program 할 수 있다.

참고 문헌

(1) A. Fettweis, "Digital Filter Structures Related to Related to Classical Filter Networks," Arch. Elektr. Ubertr., vol. 25, 79-89, 1971

(2) W. Wegener, "Wave digital directional filters with reduced number of multipliers and adders," Arch. Elek. Ubertr., vol. 33, 239-243, June 1979

(3) Belevitch, V., Classical network theory, Holden-Day, San Francisco 1968

(4) L. Gazsi, "Single chip filter bank with wave digital filters," IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal processing, vol. ASSP-30, pp. 709-718, Oct 1982

(5) A. Fettweis, "Wave Digital Filters: Theory and Practice," IEEE Proceedings, vol. 74, No.2, Feb 1986

(6) A. Fettweis, H. Levin, and A Sedlmeyer, "Wave digital lattice filters," Int. J. Circuit Theory Appl.,vol.2 pp. 203-211, June 1974