

PVF를 이용한 TDM/FDM 변환장치에 관한 연구

김태수* , 김명기**
 동명전문대학 전자과* , 동아대학교 전자공학과**

A Study on the TDM/FDM Transmultiplexer using PVF

Tae Soo Kim* , Myung Ki Kim**
 Dong Myung Junior College,* Dong A University **

Abstract

In this paper, a novel method to perform the conversion between two widely used multiplexing techniques in telephony, TDM to FDM, is presented. Using only one digital filter, PVF(Periodically Varying digital Filter), we greatly reduce the complexity and multiplication rate of the system.

1. 서론

근래 DSP 기술의 응용분야로서 TDM 및 FDM 간의 직접적인 변환문제가 많은 관심을 끌고 있으며, 1970년 S. Darlington 이후 지금까지 많은 알고리즘들이 제시되어 왔다. 그러나 그러한 알고리즘들은 N 채널의 TDM/FDM 변환을 위하여 최소한 2N 개 또는 그 이상의 디지털 곱셈을 필요로 하고 있으며, 요구되는 계산량도 극히 많았다. 그 후 S. Singh 역 의해 필요한 곱셈의 수를 반으로 줄일 수 있는 알고리즘이 제안 되었으나 반면에 계산량은 도리어 증가 하였다.

본 연구에서는 디지털 Weaver 단축파대 변조기 및 PVF (Periodically Varying digital Filter) 를 이용하여 TDM/FDM 변환 장치를 구성하고 PVF 와 정현파 변조기와의 교환성, 필터 계수의 주기성 및 대칭성을 이용하여 변환 장치를 극히 단순화 하고 필요한 계산량도 더욱 줄일 수 있도록 하였으며, 그 결과를 CCITT 기준에 맞추어 지금까지 제안된 대표적인 알고리즘들과 비교 하였다. 또한 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 새로운 형태의 TDM/FDM 변환 장치에 대한 타당성을 확인 하였다.

2. 디지털 Weaver 단축파대 변조

TDM/FDM 변환 장치의 관건은 단축파대 변조이며, 일반적으로 단축파대 변조 방법에는 여러가지가 있으나 이중 중심 시스템에서는 그중 Weaver 의 방법을 이용한 접근법이 가장 유용한 것으로 알려져 있다. 그림 1은 Weaver 가 제안한 아날로그 단축파대 변조 방식을 디지털 형태로 수정한 것이다.

편상 입력신호의 주파수 대역을 0 - 4 KHz 라 하면 표본화율은 8 KHz 가 되어야 한다. 제1변조기에서 입력신호는 대역중심주파수인 2 KHz 의 주파수를 가지며 8 KHz 의 율로 표본화된 보조 반송파 $\cos \frac{n\pi}{2}$ 및 $\sin \frac{n\pi}{2}$ 로써 변조되며, 역시 대역중심 주파수인 2 KHz 의 차단 주파수를 갖고 8 KHz 의 표본화율에서 동작되는 저역필터로써 필터링 된다. 이것은 다시 제2변조기에서 각 주파수 ω_c 인 주반송파로써 변조되며, 상하 양신호를 더하면 요구되는 상측파대 신호가 얻어진다. 그림 1의 각 부에 이들의 스펙트럼을 도시 했다. 이때 12 채널 TDM/FDM 변환장치의 경우를 예로 들면 2 채널의 보호대역을 포함, FDM 출력신호의 대역폭은 55 KHz 가 되며 따라서 출력신호의 표본화 주파수는 112 KHz 가 되어야 한다. 그러나 저역 LPF 의 출력 단의 표본화 주파수는 8 KHz 이므로 정상적인 변조가 이루어질 수 없으며, 여기서 표본화율을 14 배 증가시켜 주는 과정이 필요하게 된다. 실제적으로는 LPF 에서 이러한 인터폴레이션(interpolating) 기능을 겸하게 된다.

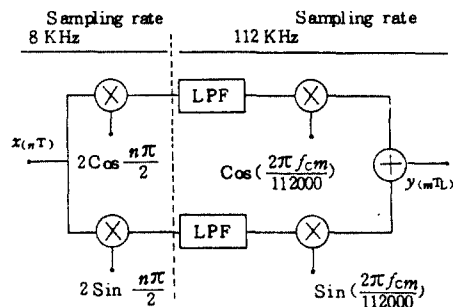


Fig. 1. Digital Weaver SSB modulation

3. 디지털 신호 인터폴레이션

신호 $X(n)$ 의 표본화율을 L 배 증가 시키려는 것은 $X(n)$ 의 각 표본들 사이에 L - 1 개의 새로운 표본 값을 삽입 한다는 것을 의미하며 우선 입력 신호 $X(n)$ 의 표

본화율만을 L 배 증가시켰을 경우 그의 스펙트럼을 조사해 보면 기본 대역 주파수외에도 많은 고조파 성분들이 포함되어 있음을 알 수 있으며, 이것을 규정된 특성을 가진 LPF로서 필터링하면 표본화율이 L 배 증가된 신호를 얻을 수 있다. 이 경우 N 채널의 TDM/FDM 변환을 위하여 $2N$ 개의 필터가 필요하며, 또한 필터는 높은 표본화율에서 동작하므로 필요한 계산량도 극히 많다. 다음에 특수한 구조의 필터를 사용하여 시스템을 극히 단순화 할 수 있는 방법을 생각해 보기로 한다.

4. PVF 를 이용한 변환 장치의 단순화

(1) PVF(Periodically Varying digital Filter)

그림 2-(a)와 같은 direct form 디지털 인터폴레이팅 필터는 필터 계수의 주기성에 의해 그림 2-(b)와 같이 hold 회로와 연속적으로 접속된 PVF로 변환될 수 있다. 양자는 서로 등가이다.

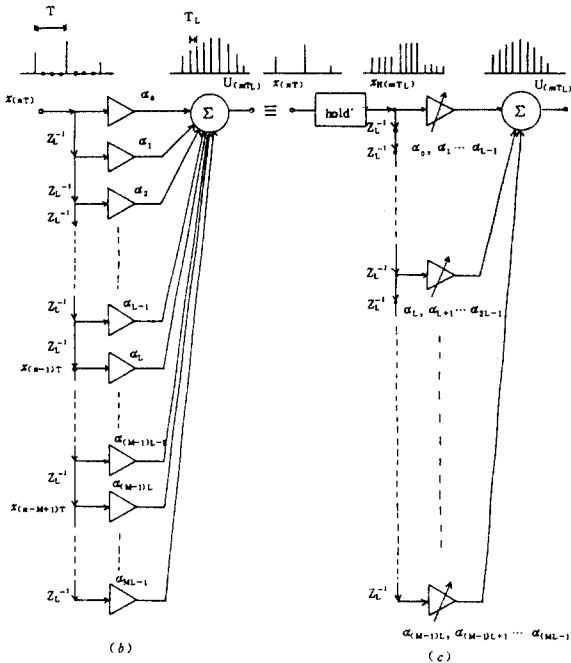


Fig. 2 The Conversion of a digital interpolating filter to a hold and a P.V. filter

(2) 정현파 변조기와의 교환성

그림 2-(b)와 같은 PVF 에 정현파 변조기가 연속적으로 접속되어 있을 경우, 변조기 주파수 fc 가 기본 대역 표본화 주파수 $1/T$ 의 정수배가 될 경우와 같은 형태의 주기성에 의한 PVF 와 정현파 변조기의 교환이 가능하다. 만일 변조기 주파수 fc 가 $1/T$ 의 정수

배가 아니라면 즉, $fc = \frac{1}{T} + fd(0 < fd < \frac{1}{T})$ 라면 교환성은 일반적으로 성립되지 않으나 $fd = \frac{1}{2T}$ 인 특수한 경우에는 필터의 홀수번째 계수의 부호를 바꾸어 주므로써 역시 양자의 교환이 가능하게 된다.

(3) 지연 시간이 주기적으로 변하는 지연기를 이용한 PVF 의 단순화

그림 2-(a)와 같은 형태의 FIR 필터는 대칭성을 이용, 필터의 구조를 대략 2로 간이화 할 수 있으나, 그림 2-(b)와 같은 PVF 의 경우에는 이러한 대칭성이 필터의 구조를 간이화 하는데 전혀 이용될 수 없는 것으로 알려져 있다. 그러나 이때 지연 시간이 주기적으로 변하는 지연기(Periodically Varying Delay: PVD) 를 사용하면 필터 계수의 주기성 및 대칭성에 의해 그림 2-(b)는 그림 3과 같이 수정될 수 있다.

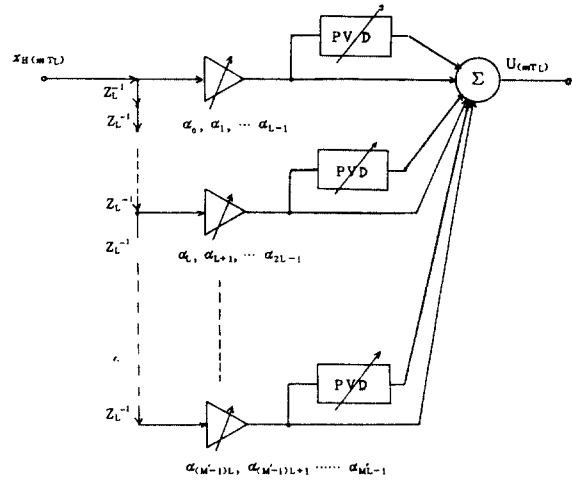


Fig. 3 Simplification of the p.v.f

이와 같이 PVD 를 이용하여 PVF 를 단순화 하므로써 필요한 승산기의 수 (또는 승산의 수)를 대략 2로 줄일 수 있다. 그러나 이때에는 승산 결과를 일시적으로 기억시킬 수 있는 약간의 기억 소자가 필요하다. 정현파의 주기성에 의해 이와 같이 수정된 형태의 PVF 의 경우에도 정현파 변조기와의 교환성이 동일하게 성립이 된다. 단, 이 경우 주반송파의 표본화 시점은 영점으로부터 $Tn/2$ 만큼 지연된 곳에 위치하여야 한다.

(4) TDM / FDM 변환 장치의 응용

TDM / FDM 변환 장치 및 채널의 인터폴레이팅 필터는 그림 2-(a)와 같이 hold 회로 및 PVF 로서 행해질 수 있으며, 또한 정현파 변조기와의 교환성을 이용하면 그림 2-(b)와 같은 구조가 된다. 이 때 FDM 의 각 채널은 1 KHz 의 대역폭을 가지며, 1 KHz 의 간격을

두고 배치되어 있으므로 짝수 채널의 경우에는 $f_c = \frac{1}{T}$ 의 조건이 만족되지만 홀수 채널의 경우에는 $f_c = \frac{1}{T} + \frac{1}{2T}$ 의 조건에 해당되므로 홀수번째 계수의 부호를 바꾸어 주어야 한다.

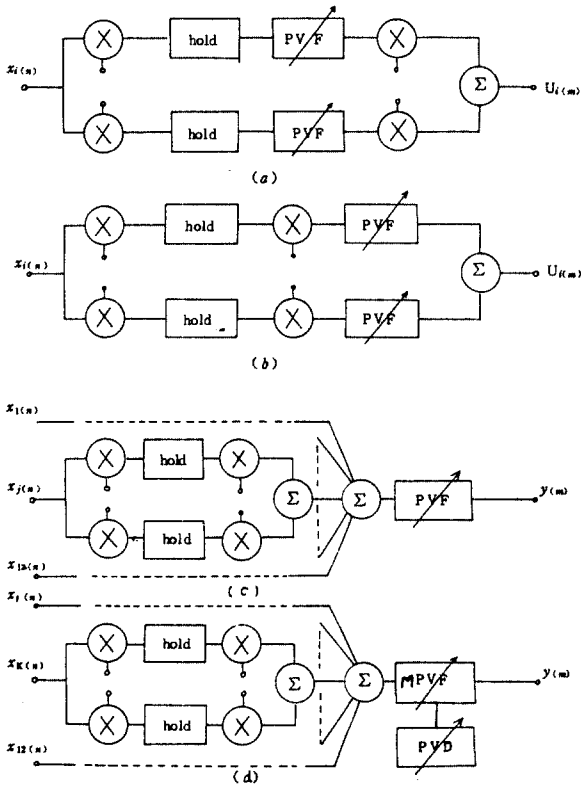


Fig. 4 Simplification of the TDM/FDM transmultiplexer

그림 4-(b)의 PVF들은 모두 동일하고, 이 출력들은 서로 더해지며, 이러한 모든 채널들의 출력에 또한 모두 더해지기 때문에 필터의 선형성에 의해 전시스템은 그림 4-(c)와 같은 구조로 간이와 될 수 있다. 또한 PVD를 이용하면 다시 그림 4-(d)와 같은 구조로 된다. 따라서 전 시스템에서 요구되는 24개의 필터를 단 하나의 PVF 또는 MPVF (Modified PVF)로 대신 할 수 있으며, 이로써 변환 장치가 극히 단순화 되었고, 필요한 계산량도 대폭 감소 되었다. 이상을 CCITT 기준의 경우와 삼계, 다른 대표적인 알고리즘들과 비교하면 표 1과 같다.

Table 1. Comparison of the transmultiplexer algorithms.

제안	구분	N ch. 당 필터수	송신수 / S.ch.
Darlington	1970	L P F : 4 N	2.253×10^4 M / S.ch.
Freeny	1971	L P F : 4 N	1.328×10^4 M / S.ch.
Singh	1973	L P F : 2 N	? (大)
Tomlinson	1975	P V F : 1 D H T : N	0.321×10^4 M / S.ch.
Peled	1978	L P F : 2 N	0.216×10^4 M / S.ch. 0.457×10^4 A / S.ch.
본 연구		P V F : 1	0.279 M/S.ch.

5. 컴퓨터 시뮬레이션

새로운 형태의 시스템에 대한 시뮬레이션 결과, 300-3,400Hz 범위의 모든 주파수 성분 에 대해서 입력 과 동일한 파형의 출력 을 얻을 수 있었으며, 실제로는 관 의상 채널 3 및 채널 8, 두 채널에 대해서만 시뮬레이 션을 행하였다. 필터는 M.G. Bellanger 의 근사 식에 의해 354차로 택하였으며, Weighted Cheby chev 근사 에 의한 "Remez exchange algorithm" 을 이 용하여 설계 하였다.

5. 결 론

디지탈 Weaver 단측파대 변조기 및 PVF 를 이용 하여 TDM / FDM 변환 장치를 구성하고 PVF와 정현파 변조기 와의 교환성, 필터 계수의 주기성 및 대칭성을 이용하 여 단 한개의 필터만을 사용하여 시스템을 구성 할 수 있도록 변환 장치를 극히 단순화 하였으며, 필요한 계산 량도 대폭 줄일 수 있도록 하였다. 그 결과 필요한 필터 의 수가 최소한 $\frac{1}{2N}$ 로 대폭 줄여 들었으며, 단위시간, 단의 채널당 송신수도 0.279×10^4 M/S.Ch 로 감소 되었다. 이러한 단순화 효과는 채널수가 많아 질 수록 상대적으로 커진다. 또한 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 새로운 형태의 시스템에 대한 타당성을 확인 하였다.

참 고 문 헌

1. H.Scheuermann and H.Gockler, "A comprehensive survey of digital transmultiplexing methods", Proc.IEEE, Vol 69, no.11 pp. 1419 ~1449 Nov.1981.
2. R.E Crochiere and L.R.Rabiner, "interpolation and decimation of digital signals - a tutorial review", Proc.IEEE Vol.69 no.3. pp. 300~331 Mar.1981.
3. S.Darlington, "On digital single. sideband modulator", IEEE Trans, circuit Trans, circuit theory, Vol CT-17, no.3. pp.409-414. Aug.1970.
4. K.M.Wong and V.K.Aatre, " Commutativity and application of digital interpolation filters and modulators", IEEE Trans, Comm. Vol.COM - 28 no.2. pp.244~249 Feb.1980.
5. S.L.Freeny, "TDM / FDM translation as a application of digital signal Processing", I-EEE Comm. Magazine. pp.5~15. Jan. 1980.
6. M.Tomlinson and K.M.Wong, " Techniques for the digital interfacing of TDM - FDM systems", proc.IEE Vol.123. pp.1285.1292. Dec.1976.
7. D.K.Weaver, "a third method of generation and detection of single side-band signals", proc.IRE. Vol.44. pp.1703~1705. Dec.1956.