

완전 디지털 다중경로발생기 (A Full Digital Multipath Generator)

권 성재*
(Sung-Jae Kwon)

요 약 다중경로발생기는 일반적으로 시간지연발생부, 위상발생부, 감쇠발생부로 구성되며 주로 에널로 그 방식으로 구현되어왔다. 따라서 경년변화가 발생할 수 있으며 여러 번의 A/D변환, D/A변환과정으로 인한 신호의 충실도 저하, 미세지연을 위해 높은 주파수를 필요로 하는 단점이 있다. 본 논문은 다중경로 현상을 수학적으로 모델링하여 완전히 디지털 방식으로 구현하는 방법을 제안한다. 특히 시간지연부는 두개의 블록으로 나누어 한 블록에서는 샘플단위의 시간지연을 만들고 나머지 한 블록에서는 섭샘플(subsample) 시간지연을 만들 수 있도록 하여 정밀한 시간지연값을 효율적으로 얻을 수 있도록 했다. 또한 시스템의 마스터 주파수도 특정한 값으로 고정할 필요도 없도록 하였다. 제안한 방법을 완전히 디지털 하드웨어로 구현해 본 논문에서 제안한 다중경로 발생 알고리즘의 타당성을 검증하였다.

Abstract In general, a multipath generator consists of a time delay generator, phase rotator, and amplitude attenuator, and is implemented mostly in an analog manner. Analog, or partially analog versions of a multipath generator is disadvantageous in that they may suffer from problems associated with component aging and adjustment, signal fidelity degradation stemming from repeated A/D and D/A conversion, use of high frequency to achieve fine, i.e., subsample fractional time delays. This paper presents the design and implementation methodology of a full digital multipath generator which can be used in performance evaluations of digital terrestrial television, as well as communications, receivers. In particular, an efficient practical method is proposed which can achieve both integer and fractional time delays simultaneously, without placing restrictions on the allowable system master clock frequency. The proposed algorithm lends itself to minimizing hardware implementation cost by relegating some fixed part of the computation involved to an IBM PC. The proposed multipath generator occupies only a single digital board space, and its experimental results are provided to corroborate the proposed implementation methodology.

1. 서 론

방송이나 통신에서 정보는 소스 코딩과 채널 코딩을 거친 후 변조되어 송신기를 거쳐 안테나를 통해 공중으로 전파해나가게 된다. 다중경로(multipath)는 전파가 안테나로부터 복사된 후 수신기까지 도달할 때 한 개의 경로를 통하지 않고 다수의 경로를 통해서 전파해나감으로 인해서 생기는 바람직하지 못한 현상이다. 산, 고층건물, 비행기 등이 다중경로를 형성하며 직접파 외에도 다수의 간접파를

만들어낸다. 직접파를 전달하는 경로를 주경로(main path; direct path)라고 하며 간접파를 전달하는 경로를 고스트경로(ghost path; indirect path)라고 일반적으로 부른다[1].

다중경로 현상은 NTSC와 같은 에널로그 텔레비전에서는 원래의 영상 위에 수평으로 왼쪽(pregghost) 또는 오른쪽(postghost)으로 이동되거나 휘도(luminance)/색도(chrominance)가 변화된 원래 영상의 복사본(replica)들이 중첩되어 텔레비전 화면에 나타나므로 화질열화의 주요한 요인 중 하나로 되어왔다. 특히 텔레텍스트 등 문자방송의 경우에는 글자가 제대로 디코딩되지 못하는 문제점이 있어 텔레텍스트 방송의 확산을 막는 걸림돌 중의 하나이었다.

최근 전개되고있는 디지털 텔레비전 방송에서는 다중경

*대전대학교 통신공학과 조교수

로현상은 고스트 현상으로는 나타나지 않고 화면 자체를 복원할 수 없도록 하는 심각한 결과를 초래한다. 그러므로 다중경로 현상에 잘 대응할 수 있는 방송, 통신 수신기를 제작하는 일은 수신품질을 일정한 수준이상으로 보장해 주어야 하는 관점에서 볼 때 매우 중요하다고 할 수 있다. 다중경로 현상은 무선통신, 방송뿐만 아니라 유선방송에서도 일어날 수 있는데 후자는 케이블간의 임피던스의 부정합으로 인해 주로 발생되며 시간지연이 적은 만큼 마이크로고스트(microghost)라 지칭되고 있다.

방송 및 통신 수신기는 그 초단에서 안테나에서 픽업된 미약한 신호를 증폭한 후 채널부의 등화기에서 다중경로 현상을 제거 내지는 완화해주어야 송신기에서 보낸 정보를 제대로 복원할 수 있게 된다.

다중경로 현상은 크게 4가지의 파라미터를 사용하여 모델링 할 수 있는데 감쇠, 시간지연, 위상, 도플러주파수 편이이다. 이 파라미터는 다중경로를 구성하는 경로마다 다른 값을 가질 수 있으며 감쇠는 특정경로를 가지면서 신호의 크기가 줄어드는 현상을 모델링 하는 것이고, 시간지연은 특정경로를 지나가는데 걸리는 시간을 모델링 해주며, 위상은 변복조과정 또는 경로에 연관된 반송파의 위상변화를 모델링 해준다.

한편 도플러주파수 편이는 송신기의 이동, 수신기의 이동, 또는 송수신기 모두의 상대적 이동에 따른 수신기 도래 신호의 도플러 효과를 모델링 해준다. 따라서 다중경로를 발생하는 장치는 크게 시간지연 발생부, 위상 발생부, 감쇠 발생부, 도플러주파수편이 발생부로 구성된다.

다중경로를 발생시키는 기존의 장치는 주로 애널로그 및 디지털 기술을 혼합해 사용하고 있다[2,3]. 애널로그 기술을 사용하게 되면 통상 그러하듯이 온도, 습도, 경년 변화 등에 약하고 튜닝을 해주어야 하는 단점이 있다. 부품의 편차로 인해 양산이 어려워 고가로 되며 적기에 공급을 충분히 해줄 수 없는 문제도 있다. 또한 기존의 다중경로 발생장치는 정밀한 시간지연을 발생시키려고 디지털 방식인 경우 높은 주파수의 클럭을 사용하거나 애널로그 방식인 경우 탭지연선(tapped delay line)을 사용하고 있다.

전자의 방식으로 구현하는 경우 정밀 시간지연값이 예를 들어 1ns인 이면 1GHz의 클럭 주파수를 사용해야 하는데 이는 현재 시장에서 입수할 수 있는 디지털 칩으로는 구현하기 힘들다. 후자의 방식은 1ns의 시간지연을 구현할 수 있으나 탭지연선은 인덕터와 커패시터로 구성되어 있으므로 그 특성의 변화에 따라 시간지연값이 드리프트할 수 있고 긴 시간지연을 구현하고자 하는 경우 탭수가 증가하고 해당 탭을 선택하기 위한 스위칭으로 인한 노이즈, 임피던스 정합, 다른 블록들이 디지털인 경우 D/A변환기가 추가로 필요한 것 등의 어려움이 많다. 또한 경로의 수가 증가하면 지연선의 수도 비례해 증가하며 제어하기가 복잡

해진다. 무엇보다도 탭지연선이 다중경로발생장치의 성능에 미치는 악영향은 위에서 언급한 문제점뿐만 아니라 균지연특성이 주파수에 따라 평탄하지 않기 때문에 출력파형에 왜곡이 생긴다는 점이다.

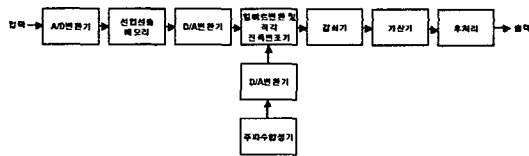
그림 1은 기존의 다중경로발생장치의 블록도이다[2,3]. 그림에서 바로 알 수 있듯이 애널로그 및 디지털 블록을 혼용했음을 알 수 있다. 매 경로마다 그림 1의 전체블록 중 A/D변환기, 가산기, 후처리 블록을 제외한 섭시스템이 한 개씩 존재하며 가산기는 그림에 표시되어 있지 않지만 타 경로에서 오는 출력을 입력받아 더해주는 기능을 수행한다. 이 장치는 애널로그 입력만 받을 수 있게되어 있으므로 시간지연을 디지털 수단으로 구현하기 위해 먼저 A/D변환을 하여 디지털 신호로 변환한 후 디지털 소자인 선입선출메모리(First-In First-Out; FIFO)를 이용하여 소정의 시간지연을 주고 D/A변환기에서 다시 애널로그 신호로 되돌려준다. 당연하겠지만 이런 과정에서 원하는 시간만큼 신호를 지연시킬 수는 있지만 신호가 왜곡될 수 있고 신호대잡음비가 저하되는 문제가 있다. 계속해 D/A변환기의 출력은 해석신호(analytic signal)를 생성하기 위해 힐버트 변환되고 주파수합성기에서 합성되어 D/A변환기를 거친 신호와 힐버트 변환 및 직각진폭변조에서 직각진폭변조(quadrature amplitude modulation; QAM)되어 소정의 위상을 만들어준다. 도플러 주파수편이가 있는 경로라면 주파수합성기에서는 도플러 주파수를 만들어준다.

이제 소정의 시간지연 및 위상을 가진 신호는 감쇠기에 의해서 소정의 감쇠가 일어나게 된다. 감쇠기로서는 인가 전압에 따라 저항이 선형적으로 변화하는 전계효과 트랜지스터와 같은 능동소자를 사용한다. 그러나 실용적 측면에서 보게되면 인가전압에 따른 소자의 저항은 비선형적인 요소가 있으므로 보정이 필요하며 같은 형태의 소자라도 편차가 있게 마련이므로 부품 선택에 신중을 기해야하며 튜닝 등의 작업에 시간이 많이 소요된다. 감쇠된 신호는 가산기를 지나 후처리블록에서 중간주파수 또는 무선주파수로 변조되어 최종 출력으로 나오게된다. 한편 Eiden사도 고스트/페이딩 시뮬레이터를 시판하고 있으나 웹상에 공개된 자료로부터는 어떤 방식을 채택하고 있는지 추정하기 힘들다. 애널로그 및 디지털 방식을 혼용하는 것으로 사료된다[4].

본 논문에서는 위와 같은 기존 방식의 문제점을 극복하고자 완전 디지털 방식의 다중경로발생기의 설계방법을 제안하고 및 구현 결과를 제시한다.

전송채널을 모델링하는 연구는 많으나[5-8] 전송채널을 구현하는 연구는 상대적으로 적은 편이다[9,10]. 이는 수요도 적고 필드 테스트를 통해 채널 효과를 바로 얻을 수 있기 때문으로 사료된다. Salkintzis는 부동소수점 DSP 프로세서 두개를 사용하여 이동통신을 타겟으로 하는 채널 시

플레이터를 구현하였다. 여기에서는 DSP 내부의 메모리를 이용하여 시간지연을 구했고 외부에서 Gaussian 잡음을 입력받아 레일리 페이딩 채널을 만들었다[9]. 채널 수만큼 승산기가 필요하므로 승산기를 추가로 사용해야 하고 고속으로 동작하는 채널 필터를 구현하기 힘들다. 전송채널도 ATSC DTV처럼 고정수신이 아니라 이동통신 위주로 되어있고 메시지도 음성뿐이나 본 논문에서는 음성 및 영상 모두를 포함하는 MPEG-2 트랜스포트 스트림이고 고가의 DSP 프로세서를 사용하지 않는다.



<그림 1> 기존 방식의 다중경로발생기

2. 다중경로의 수학적 모델링

본 논문에서는 애널로그와 디지털을 혼용하는 그림 1과 같은 다중경로발생장치의 제 문제를 해결하고자 완전 디지털 방식으로 다중경로를 발생시킬 수 있는 방법(이론 및 구현 포함)뿐만 아니라 샘플단위의 시간지연 이외에도 섭 샘플 단위의 시간지연도 구현할 수 있는 알고리즘을 제시한다. 여기에서 샘플 단위라고 하는 것은 시스템 동작 클럭주파수의 역수인 기본주기(fundamental period)를 말한다.

첫째, 완전 디지털 방식으로 시간지연, 감쇠, 위상을 만들어주기 위해 샘플 및 섭샘플단위의 시간지연은 각각 선입선출메모리 및 유한임펄스응답필터를 사용하고, 감쇠 및 위상은 이 두 파라미터에다 힐버트 변환까지 포함한 경로의 임펄스응답을 유한임펄스응답필터로 구현한다. 여기서 유한임펄스응답필터의 탭계수는 프로그램 가능하도록 하여 다양한 고스트 또는 다중경로 앙상블 패턴을 만들어 줄 수 있도록 한다. 그림 1 또는 그림 2의 블록도에 입력되는 신호 $f(t)$ 는 대역통과신호로서 다음 식으로 표현할 수 있다.

$$f(t) = a(t) \cos \omega_0 t \quad (1)$$

여기서 $a(t)$ 는 포락선이며 $\omega_0 = 2\pi f_0$ 는 반송파의 각주파수이고 t 는 시간을 나타낸다. 이 신호가 다중경로 중의 한 경로인 i 번째 경로를 지나는 경우 그 경로의 감쇠,

시간지연, 위상을 각각 α_i, τ_i, ϕ_i 라고 하면 경로를 거친 신호 $g_i(t)$ 는 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$g_i(t) = \alpha_i a(t - \tau_i) \cos[\omega_0(t - \tau_i) + \phi_i] \quad (2)$$

여기서 $1 \leq i \leq N$ 이고 N 은 경로의 총 개수이다. 다중 경로를 겪은 후 수신기에 입력되는 신호 $g(t)$ 는 각 경로 출력신호의 코히런트한 총합으로 주어지므로 다음 식을 얻는다.

$$\begin{aligned} g(t) &= \sum_{i=1}^N g_i(t) \\ &= \sum_{i=1}^N \alpha_i a(t - \tau_i) \cos[\omega_0(t - \tau_i) + \phi_i] \\ &= \sum_{i=1}^N g(t) * \delta(t - \tau_i) * \alpha_i \\ &\quad [\delta(t) \cos \phi_i - h(t) \sin \phi_i] \end{aligned} \quad (3)$$

여기서 *는 선형 콘벌루션 연산, $\delta(t)$ 는 디랙(Dirac)의 임펄스함수, 그리고 $h(t)$ 는 힐버트변환기의 임펄스응답을 나타낸다. 지금까지 우리는 설명의 편의상 신호 $g(t)$ 가 애널로그 신호라고 보고 식을 유도했지만 본 논문이 지향하고 있는 것은 당연히 완전 디지털 방식이므로 시간 t 를 표본화주기의 정수배로 바꾸어주면 된다.

위의 결과 식을 살펴보면 첫 번째 콘벌루션 항인 임펄스함수는 지연을 나타내므로 선입선출메모리로 실현하고 두 번째 콘벌루션 항은 임펄스함수와 힐버트변환기의 임펄스응답의 직각진폭변조 형태로 주어짐을 알 수 있고 감쇠 및 위상 파라미터를 동시에 고려해주는 역할을 하고 있다. 실제적으로 두 번째 콘벌루션 항은 시간의 함수로서 시간 지연 파라미터를 제외하면 해당 경로의 임펄스응답을 나타낸다. 그러므로 이것은 탭계수를 프로그램할 수 있는 유한 임펄스응답필터를 사용하여 구현할 수 있다.

두 번째 콘벌루션 항은 임펄스가 있는 시점을 중심축으로 정하면 대칭성이 성립하므로 필터에 피드되는 입력 데이터를 역방향 레지스터로 되돌려 보내 필터 내부의 승산기 입력으로 해주면 탭 개수를 실효적으로 2배로 할 수 있는 장점이 있다.

둘째, 기존의 방식에서는 클럭주파수를 체배하든지 또는 미리 준비된 높은 마스터 클럭주파수를 사용하여 미세한 시간지연을 구현했지만 본 논문에서는 이상적인 보간공식을 사용하여 섭샘플단위의 미세 시간지연을 구현하였다. ATTC에서는 부록의 표 2에서 제시된 고스트 앙상블을 가지고 8VSB 디지털 TV수신기의 성능을 테스트하였다

[11,12]. 표에서 볼 수 있듯이 1ns 단위의 시간지연을 구현해야함을 알 수 있다.

시간지수를 n , 표본화간격을 T_s , 표본화주파수를 $f_s = 1/T_s$ 로 하는 경우 그림 2에 입력되는 신호는 양자화된 $g(nT_s)$ 로 표시할 수 있고 연속시간 신호 $g(t)$ 는 f_s 가 $g(t)$ 의 최고주파수의 2배 이상이라면(대역통과신호)이므로 좀 더 효율적으로 표본화할 수 있지만 $g(t)$ 는 $g(nT_s)$ 로부터 유일하게 결정할 수 있다는 표본화정리 [13]로부터 다음 식을 얻을 수 있다.

$$g(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} g(nT_s) \frac{\sin\left[\frac{\pi}{T_s}(t - nT_s)\right]}{\frac{\pi}{T_s}(t - nT_s)} \quad (4)$$

$$g(kT_s - \Delta_i) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} g(nT_s) \cdot \frac{\sin\left\{\frac{\pi}{T_s}[(k-n)T_s - \Delta_i]\right\}}{\frac{\pi}{T_s}[(k-n)T_s - \Delta_i]} \quad (5)$$

위 식은 $g(nT_s)$ 와 sinc함수의 컨벌루션이므로 전자를 유한임펄스응답필터의 데이터 입력으로 넣고 후자를 필터 탭 계수로 인가해주면 실시간으로 필터링이 수행되므로 섭샘플단위, 즉 T_s 보다 적은 임의의 Δ_i 의 시간지연을 구현할 수 있다. 여기서 Δ_i 는 i 번째 경로의 미세 시간지연을 나타낸다. 그런데 실제 필터의 탭 수는 유한하므로 sinc함수는 그 대칭축을 중심으로 그 값이 급격히 감소하는 사실에 근거해 위 식에서 원도형시켜 총합에 많이 기여하는 항만 취하면 된다. 여기에서 주목해야 할 점은 식 (5)를 이용해 보간을 하지만 보간기의 입력 및 출력 데이터 레이트는 서로 동일하다는 것이다.

3. 하드웨어 구현

그림 2에 본 논문에서 제안하는 블록도가 제시되어 있다. 동작과정을 상세히 설명하면 다음과 같다. 본 그림은 경로의 개수가 6개인 경우에 대해 블록도를 나타냈지만 경로의 수는 필요한 만큼 증가 또는 감소시킬 수 있다. 경로의 번호는 위를 1번으로 시작해 아래가 6번이 되도록 매겼다. 경로 1은 고스트가 없는 주경로이고 나머지 경로는 모두 고스트경로이고 경로 6은 도플러 주파수편이가 있는 경

로를 예로 들었다. 시스템의 사양은 감쇠는 0~40dB 범위, 위상은 0o~360o 범위, 시간지연은 -10~40 μ s 범위에서 경로마다 독립적으로 가변시킬 수 있도록 한다. 음의 지연 값은 주 경로가 항상 10 μ s만큼 지연되도록 해 전고스트 (preghost; precursor ghost)를 발생시킬 수 있도록 한다.

경로마다 있는 디지털 신호 또는 애널로그 신호인 경우 A/D변환기를 통과해 디지털로 변환된 신호를 각 경로마다 입력받아 샘플단위 지연기를 통해 소정의 시간지연만큼 신호가 지연되게 된다.

샘플단위 지연기는 선입선출메모리를 통해 구현되며 쓰기번지 포인터와 읽기번지 포인터를 리셋시키는 시각의 차이를 다르게 한다. 시간축에서의 데이터의 압축 (compression/expansion)과정이 아니므로 쓰기클럭과 읽기클럭은 공용하면 된다. 이와 같은 과정은 보여진 6개 경로 전체에 걸쳐서 동시에 일어난다.

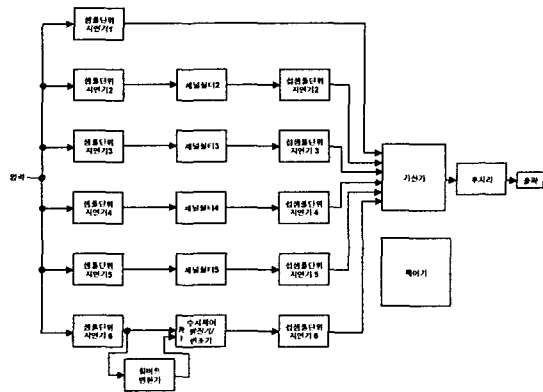
샘플단위 지연기를 거쳐 시간지연된 신호는 채널필터로 입력되게되고 채널필터에서는 감쇠 및 위상이 고려된 필터 계수가 미리 로딩되어 있어 샘플단위 지연기의 출력을 감쇠시키고 위상회전(phase rotation)을 시켜준다. 여기에서 필터 계수는 PC에서 계산하면 되고 그렇지 않으면 미리 계산해 참조표(lookup table)에 저장해 놓을 수도 있다. 본 논문에서는 전자의 방법을 택한다.

경로 1은 고스트가 없는 주경로이므로 그대로 통과시켜 주면 되겠지만 샘플단위 지연기가 있는 이유는 수신호(main signal)보다 먼저 수신기에 도달하는 전고스트까지도 고려할 수 있기 위해 수신호를 최대 전고스트 시간지연 범위만큼 지연시켜주기 위해서 구비하였다.

경로 6은 도플러 현상에 대응하기 위한 것으로서 상용 수치제어발진기/변조기(numerically-controlled oscillator/modulator; NCOM)를 이용해 임의 주파수의 정현파와 여현파를 발생하고 R(실수부) 및 I(허수부) 단자에 입력되는 신호를 직각진폭변조해준다. 여기에서 I 입력단자에는 힐버트 변환기의 출력을 넣어준다. 정현파 및 여현파는 도플러주파수편이에 해당하는 주파수를 가지도록 프로그램 해준다. 그러면 해당주파수 만큼 신호의 스펙트럼은 힐버트 변환기 출력의 극성을 조정함에 따라 좌 또는 우로 이동하게 된다. 본 시스템은 시간에 따라 고스트 양상을 패턴을 바꾸어줄 수 있도록 PC를 통해 샘플단위 지연기, 채널필터, 섭샘플단위 지연기, 수치제어발진기/변조기의 내부 컨피규레이션을 정해진 시간 프레임마다 다이내믹하게 변경할 수도 있다.

제어기는 PC와 인터페이스되어 해당 경로의 시간지연, 감쇠, 위상, 도플러 주파수편이 값들을 입력받아 각 경로에 있는 샘플단위 지연기, 채널필터, 섭샘플단위 지연기, 힐버트 변환기, 수치제어발진기/변조기 등에 필요한 데이터를 중계해주는 역할을 담당한다.

시간지연 및 채널 필터링 과정이 완료된 경로 1부터 6까지의 출력은 가산기로 입력되게 되고 가산기에서 더해진 후 후처리과정을 거쳐 최종 출력으로 나가게 된다. 가산기에는 고스트 ON/OFF 기능이 있어 고스트가 OFF로 되면 경로 1의 신호만 입력받아 출력으로 내 보내주도록 해 디지털 처리 채널으로 인한 신호의 손상을 최대한 줄여주도록 배려하고 있다. 후처리과정에서는 D/A변환, 필터링, 업컨버전 등이 수행된다.



<그림 2> 제한한 완전 디지털 방식의 다중경로발생기

4. 실험 결과

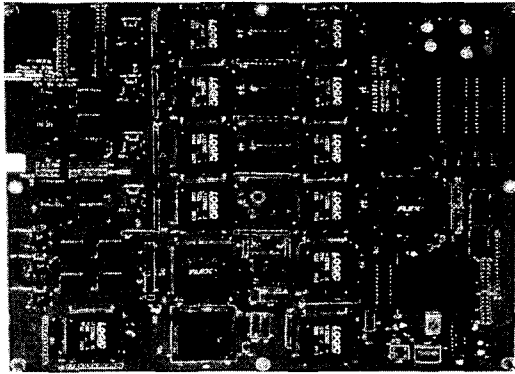
그림 3은 구현된 다중경로발생기 보드 사진을 보여준다. 본 보드의 입력에는 8VSB 변조된 12 비트의 디지털 데이터가 입력된다. FIR 필터는 상용 칩을 사용하였고 전체 시스템의 제어는 Altera FLEX FPGA 칩을 사용하여 구현하였고 가산기도 여기에서 구현되었다. 감쇠는 0dB에서 40dB까지 가능하며 위상은 0에서 360까지 가변할 수 있다. 시간지연은 -10 μ s에서 40 μ s까지의 어떤 값에도 대응할 수 있다. 음수 값은 후고스트뿐만 아니라 전고스트도 발생할 수 있도록 해주기 위해서이다. 위상 및 감쇠특성은 15 탭 프로그래머블 필터를 사용하였고 샘플플단위 지연기도 15 탭 프로그래머블 필터를 사용하였고 해당 필터계수는 사용자가 고스트 양상블의 파라미터를 입력하면 PC에 계산해서 다중경로발생기 보드로 다운로드하도록 만들었다. 탭 계수는 12 비트이고 2의 보수 수치체계를 사용한다. 힐버트 변환기도 15 탭을 사용하여 구현하였다. 계산하는 부분은 주로 PC에서 분담하도록 해 보드의 크기를 줄였다. 시스템의 마스터 클럭주파수는 8VSB 파일럿 주파수인 10.76MHz의 3배인 32.28MHz로 했으며 시스템의 모든 블

록은 32.28MHz 속도로 동작한다. 가산기의 경우 시간 축에서의 인터리빙 방식을 채택해 고속으로 동작할 수 있도록 했다.

그림 4는 다중경로 중 어느 한 경로의 임펄스응답을 보여준다. 롤오프 계수가 0.1152인 제곱근 상승여현필터(square root raised cosine filter)와 샘플플필터의 임펄스응답의 콘벌루션에 해당한다[11]. 그림 5는 시간지연, 위상, 감쇠가 각각 표 1에 주어진 파라미터 값을 가지는 4개의 양상블 고스트인 경우 출력 파형을 보여준다. 그림 6은 그림 5와 지연과 감쇠는 같지만 위상이 각각 0, $\pi/2$, π , $3\pi/2$ rad인 경우에 해당한다. 그림 5와 6에서 첫 번째 큰 신호가 주신호에 해당한다. 그림 7과 8은 8VSB 변조된 데이터를 입력으로 넣어주는 경우이다. 그림 7은 고스트가 없는 경우이고 그림 8은 시간지연, 위상, 감쇠가 각각 2 μ s, $3\pi/2$ rad, 6dB인 경우 출력 파형이다. 지금까지 몇 가지 대표적인 양상블 고스트의 결과를 제시하였다. 그림에서 볼 수 있듯이 다중경로발생기 디지털 보드가 원하는 대로 잘 동작함을 확인할 수 있다. 출력 파형으로부터 잡음 레벨도 만족할 정도로 낮은 수준임을 확인할 수 있다.

<표 1> 양상블 고스트의 파라미터

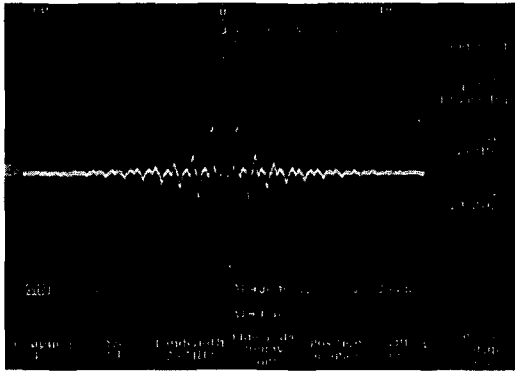
번호	시간지연(μ s)	위상(deg)	감쇠(dB)
1	2	45	10
3	4	135	10
3	6	225	10
4	8	315	10



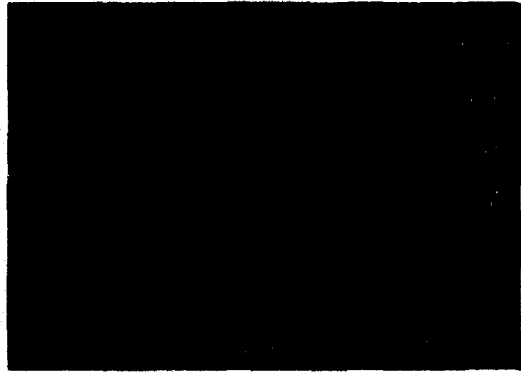
<그림 3> 구현된 다중경로발생기 보드 사진



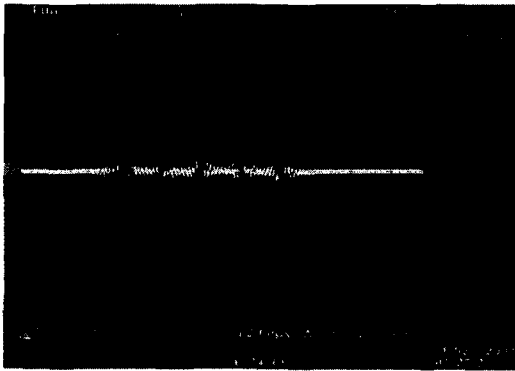
<그림 6> 고스트가 4개인 경우의 출력파형



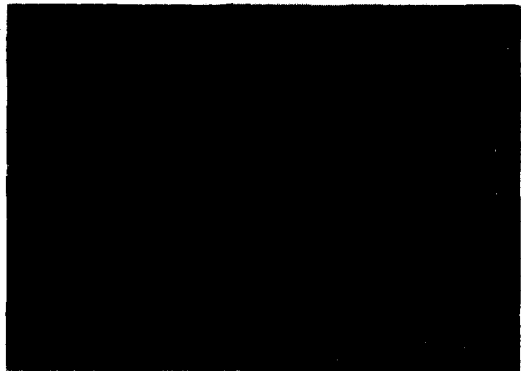
<그림 4> 한 채널의 임펄스응답



<그림 7> 고스트 없는 채널에 랜덤 데이터 입력 시 출력



<그림 5> 고스트가 4개인 경우의 출력파형



<그림 8> 고스트 있는 채널에 랜덤 데이터 입력 시 출력

5. 결 론

이상에서 상술한 바와 같이 본 논문은 완전 디지털 방식으로 다중경로를 발생할 수 있도록 해주는 방법을 제안하고 하드웨어로 구현하였다. 기존 방식의 다중경로발생기는 상당히 고가이어서 입수해 사용하는데 어려움이 있었다. 완전 디지털 방식으로 구현하여 가격대성능비를 향상시켰다. 경로마다 임의의 지연시간, 위상, 감쇠, 도플러 주파수 이동을 구현해주므로 전파가 공중으로 진행하면서 겪게되는 다중경로 페이딩 현상을 현장에 직접 가지 않고서도 실험실, 제품검사실, 공장 등에서 손쉽게 발생할 수 있도록 해주므로 통신 및 방송용 송신기, 수신기, 집적회로 등의 개발, 제작, 테스트 등의 다목적으로 매우 유용하게 사용할 수 있다. 개발된 본 다중경로발생기는 8VSB 디지털 TV 변조기와 접속해 디지털 TV 수신기의 성능을 평가하는데 유용하게 사용할 수 있다. 물론 이동통신 등의 분야에서도 유용하게 적용할 수 있다.

부 록

평가에 사용된 ATTC 양상블 고스트 파라미터는 표 2와 같다[12]. 최대 경로는 6개이다. 여기서 별표 첨자가 있는 D, A, P는 각각 시간지연(μs), 감쇠(dB), 위상(deg)을 나타낸다. 음수인 D값은 전고스트를 나타낸다.

<표 2> ATTC 평가용 고스트 양상블 파라미터

양상블	항목	경로1	경로2	경로3	경로4	경로5	경로6
교정용	D*	0	0	0	0	0	0
	A*	0	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
	P*	0	0	0	0	0	0
A	D*	0	-1.8	0.15	1.8	5.7	18
	A*	0	20	20	10	14	18
	P*	0	188	260	332	44	116
B	D*	0	-1.75	0.197	1.85	5.75	17.95
	A*	0	20	20	10	14	18
	P*	0	208	280	352	64	136
C	D*	0	-1.8	0.15	1.8	5.7	18
	A*	0	18	20	20	10	14
	P*	0	188	260	332	44	116
D	D*	0	-1.8	0.15	1.8	5.7	18
	A*	0	20	20	18	14	10
	P*	0	188	260	332	44	116
E	D*	0	-1.8	0.15	1.8	5.7	18
	A*	0	20	14	10	20	18
	P*	0	188	260	332	44	116
F	D*	0	0.2	1.9	3.9	8.2	15
	A*	0	20	20	10	14	18
	P*	90	0	72	144	216	288
G	D*	0	-0.2	0.08	0.15	0.3	0.6
	A*	0	19	22	17	22	19
	P*	0	75	220	260	330	125
C (18 μs 에코 없음)	D*	0	-1.8	0.15	1.8	5.7	18
	A*	0	18	20	20	10	OFF
	P*	0	188	260	332	44	N/A

감 사 의 글

본 논문의 실험을 하는데 도움을 주신 (주)스트라텍의 박종철 박사, 김영상 부장, 장필순 대리 등 여러분에게 심심한 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

- [1] W. Ciciora, G. Sgrignoli, and W. Thomas, "A tutorial on ghost canceling in television systems," IEEE Trans. Consumer Electronics, vol. CE-25, pp. 9-44, Feb. 1979.
- [2] Hewlett-Packard, HP11759D Dynamic Ghost Simulator Operating and Service Manual, 1994.
- [3] Hewlett-Packard URL, <http://www.tm.agilent.com/classes/MasterServlet?view=productdatasheet&pro-itemID=1000001106&language=eng&locale=US>
- [4] Eiden URL, http://www.eiden-gp.co.jp/Korean/eiden_frame.htm.
- [5] C. G. Eilers and G. Sgrignoli, "An analysis of DTV propagation into and within a room in a domestic environment," IEEE Trans. Broadcasting, vol. 48, no. 1, pp. 1-9, March 2002.
- [6] B. Ledoux, "Channel characterization and television field strength measurements," IEEE Trans. Broadcasting, vol. 42, no. 1, pp. 63-73, March 1996.
- [7] G. Hufford, "A characterization of the multipath in the HDTV channel," IEEE Trans. Broadcasting, vol. 38, no. 4, pp. 252-255, Dec. 1992.
- [8] S. Zeilinger, T. Talty, and M. Chrysochoos, "Multipath channel characteristics using spectral analysis of the signal power density," IEEE Trans. Broadcasting, vol. 44, no. 4, pp. 527-539, Dec. 1998.
- [9] A. K. Salkintzis, "Implementation of a digital wide-band mobile channel simulator," IEEE Trans. Broadcasting, vol. 45, no. 1, pp. 122-128, March 1998.
- [10] R. Goubran, H. Hafez, and A. Sheikh, "Implementation of a real-time mobile channel simulator using a DSP chip," IEEE Trans. Instrum. Meas., vol. 40, no. 4, pp. 709-714, Aug. 1991.
- [11] ATSC (Advanced Television Systems Committee), "Guide to the use of the ATSC digital television standard," Oct. 1995.
- [12] ATTC (Advanced Television Test Center), "Evaluation of 8-VSB receiver performance in the presence of simulated multipath and noise," Sept. 1999.
- [13] A. Papoulis, Signal Analysis, McGraw-Hill, 1977.



권 성 재 (Sung-Jae Kwon)

1984년 2월 경북대학교 전자공학과
졸업(공학사)

1986년 2월 한국과학기술원 전기 및
전자공학과 졸업(공학석사)

1990년 8월 한국과학기술원 전기 및
전자공학과 졸업(공학박사)

1990년~1997년 LG전자 멀티미디어연구소 책임연구원

1997년 9월~현재 대전대학교 통신공학과 조교수

관심분야 : 영상통신, 역산란, 레이더 등