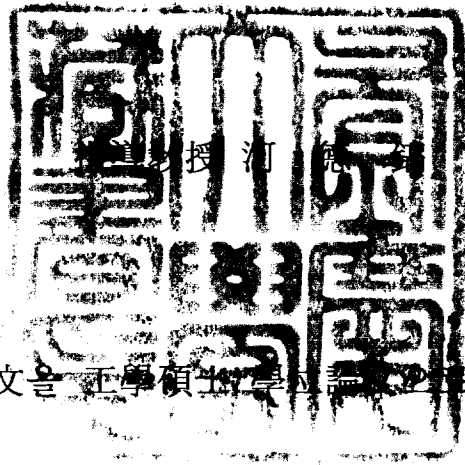


工學碩士 學位論文

광대역 페이딩 채널 시뮬레이터의 지연 신호 발생 회로 설계



이 論文을 工學碩士學位論文으로 提出함

2006年 2月

釜慶大學校 産業大學院

情報通信工學科

郭 同 鎰

이 論文을 郭同鎰의 工學碩士
學位論文으로 認准함

2005年 12月

主 審 工學博士 金 成 箕



委 員 工學博士 鄭 淵 湖



委 員 工學博士 河 德 鎬 (印)

목 차

그림 목 차	iii
Abstract	iv
제 1 장 서 론	1
제 2 장 광대역 페이딩 채널 환경 및 특성	3
2.1 이동통신 채널 환경 및 특성	3
2.2 이동전파신호의 페이딩 특성	5
2.1.1 협대역 채널 특성	6
2.3 광대역 채널의 특성	10
2.3.1 시간 영역 채널 파라미터	10
2.3.2 주파수 영역 채널 파라미터	13
제 3 장 지연 신호 발생 회로	19
3.1 광대역 이동통신 신호 특성	19
3.2 파라미터 설정을 위한 신호 분석	21
3.3 광대역 채널 파라미터 설정	22
3.4 지연 신호 발생 회로 설계	23
제 4 장 실험 결과 및 고찰법	28

제 5 장 결 론	31
---------------------	----

참고 문헌	32
-------------	----

그림 목차

그림 2.1	췌기면에 의한 회절 문제	4
그림 2.2	이동체가 이동중인 동안 수신한 전계강도 세기	5
그림 2.3	이동통신 신호의 전계강도 특성	7
그림 2.4	단구간 페이딩 현상	9
그림 2.5	이동통신 환경에서의 전파전파 현상	10
그림 2.6	이동전파 환경에서의 산란체 분포 예	11
그림 2.7	시간 지연 확산 개념도	11
그림 2.8	이동통신에서의 도플러 효과	16
그림 2.9	수신신호의 전력 스펙트럼	16
그림 2.10	도플러 현상에 대한 개념	17
그림 3.1	유한 대역폭을 가지는 지연 모델에 대한 구성도	22
그림 3.2	메모리 소자를 이용한 시간 지연 회로 설계	24
그림 3.3	SN74V245의 기능별 구성도	25
그림 3.4	감쇄회로 및 RF2420 블록 다이어그램	26
그림 3.5	시제품 개발된 시간 지연 발생 회로	26
그림 4.1	지연 신호 발생 회로의 입력 신호	28
그림 4.2	지연 소자의 입력 및 출력 신호	29
그림 4.3	지연 신호 발생 회로의 출력 신호	30

The Design of Delay Signal Generator for Wideband Fading Channel Simulator

Dong-Il Kwag

*Department of Telematics Engineering
Graduate School of Industry
Pukyong National University*

Abstract

This paper proposes the time delay signal generation module using FIFO memory chip for wideband fading channel simulator. In mobile radio environments, the arrival time of the each mobile radio signal varies with the length of individual propagation path between base station and mobile station. The time delay spread of the mobile communication signal in outdoor environment ranges generally from $1\mu\text{s}$ to $10\mu\text{s}$, the proposed module in this paper can be generated to 1msec.

As the result of experiment, the measured delay characteristic of the proposed module ranged from 10ns to 1msec. Also the output signal waveform for converted analogue signal by the D/A

converter distorted slightly due to the unstable digital signal by the A/D conversion. This proposed technique is available for developing the mobile communication simulator for analyzing the delay characteristic of radio wave propagation environment.

I. 서론

최근 이동통신의 급성장으로 다양한 무선서비스 및 단말기가 개발 되고 있어 앞으로 다가올 미래에는 지금과는 비교할 수 없을 정도로 많은 무선서비스 및 장치가 개발될 것으로 기대된다. 그러나 이동통신 환경에서는 일반적으로 고정되어 있는 기지국과 이동중인 이동체 사이에 무선 통신 채널이 형성되며, 이동체와 기지국 사이의 통신 신호는 직접파, 건물과 지형에 의한 반사, 회절, 투과 및 산란 등으로 인하여 생성되는 다중 경로파를 통해 전달된다[1].

이동 통신 신호의 전파 전파 특성은 해당 신호의 주파수뿐 아니라 전파되는 지역의 물리적 환경에 따른 반사 지연신호에 대해 크게 영향을 받는다. 전파 신호를 산란시키는 구조물들은 크게 자연적인 기상 현상, 지형 구조 및 인간에 의해 만들어진 인공적 구조물로 구분된다. 기지국에서 송신된 이동전파 신호는 높이가 낮은 이동체 안테나에 도달하는 동안 대기 중에서의 전파 현상에 의한 경로 손실 뿐 아니라 지형 구조에 따른 경로 손실 효과를 동시에 겪는다. 즉, 지형 구조의 재질과 거칠기는 이동체 또는 기지국에서의 수신 신호 세기를 약하게 함으로써 높이가 낮은 이동체 안테나는 더 많은 영향을 받게 된다. 이러한 손실은 자유 공간 경로 손실과 결합된 새로운 전파 경로 손실을 유발할 뿐 아니라, 여러 가지 형태의 산란 및 다중 경로의 지연현상에 의해 특성이 변하는 페이딩 현상을 겪는다.

이동전파 환경에서, 이동체는 이동할 때와 고정되어 있을 때로 구분할 수 있다. 이동체가 임의의 방향과 속도로 임의의 경로를 따라 진행하면, 이동중인 다른 차량을 포함한 다양한 종류의 반사 및 산란 체를 통과하

게 된다. 이와같이 이동경로에 따라 달라지는 전파환경은 전파 신호세기를 변하게 하는데, 이것은 시간과 공간에 대하여 서로 다른 위치에 있는 수신 안테나에 도달하는 전파신호가 반사, 회절 및 산란 등에 의한 전파 지연 시간의 차이에 따라 달라지는 위상차를 가진 도달 신호의 위상합에 기인한다. 다중경로에 의한 시간 지연 현상을 지연 확산(delay spread)이라고 하며 신호를 변화시키는 원인이 된다.

지연 확산은 전파 채널내의 반사 및 산란 경로에 기인한 지연 현상이며, 두 주파수 성분에 있는 신호 세기의 상관 특성이 큰 최대 주파수 편이를 이동전파통신 경로상의 코히어런스 대역 폭(coherence bandwidth)이라 하며, 지연 확산으로부터 유도된다[2,3,4].

이와 같이 이동무선통신환경의 다중경로 전파전파 및 지연특성이 통신에 미치는 영향이 매우 큰 것을 알 수 있다. 그러므로 이동통신 및 무선통신 서비스 장치 개발에 있어서 전파 지연 특성을 잘 고려하여 만드는 것이 중요하다.

본 논문에서는 전파지연 특성에 대하여 연구하고 지연신호 발생회로를 설계 하고 구현하여 지연된 전파신호를 분석하여 그 특성을 알아본다. 먼저 제 2장에서는 광대역 페이딩 채널 환경 및 특성에 대해 알아보고, 제 3장에서는 지연신호 발생 회로를 설계한다. 제 4장에서는 실제 설계된 회로를 제작하여 실험한 결과 및 고찰에 관하여 나타내고 있으며, 마지막 제 5장에서는 결론을 맺고 있다.

Ⅱ. 광대역 페이딩 채널 환경 및 특성

2.1 이동통신 채널 환경 및 특성

이동통신 채널 환경에서는 일반적으로 고정되어 있는 기지국과 이동중인 이동체 사이에 무선통신 채널이 형성된다. 도심, 교외 지역 및 산악지역과 같은 다양한 전파 환경 속에서 이동체는 여러 가지 형태로 전파 경로를 형성하며 기지국과 통신을 이룬다. 이와 같은 다양한 전파 환경에서 형성되는 무선 채널은 지역 특성에 따라 서로 다른 신호 형태를 가진다. 즉, 이동체와 기지국 사이의 통신 신호는 직진파, 건물과 지형사이에 의한 반사, 회절, 투과 및 산란 등으로 인하여 생성되는 다중경로파를 통해 전달되며, 반사, 회절 및 산란파의 형태로 수신기에 도달하는 일반적인 이동통신 채널 환경을 나타낸다.

그림 2.1 은 전파가 진행하는 동안 지형구조 및 구조물 주위에서 수신되는 전파의 종류에 따라 세 가지 영역으로 분류한 것이다.

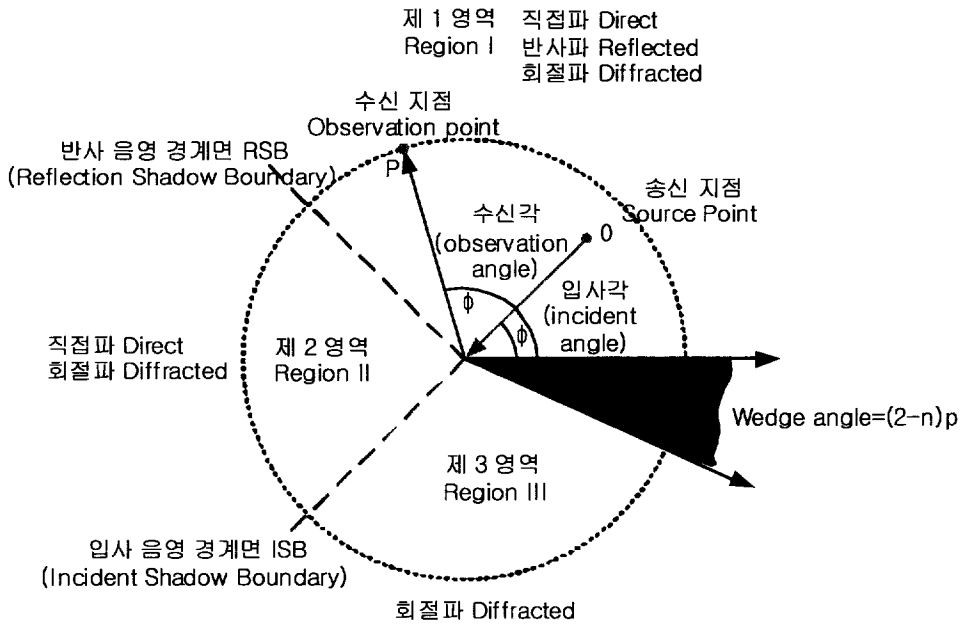


그림 2.1 쐼기면(Wedge)에 의한 회절 문제

그림 2.1에서 신호원에 대하여 쐼기면 표면에서 반사파가 차단되는 경계면을 나타내는 RSB(Reflection shadow boundary)까지의 영역 I은 직접파, 반사파 및 회절파가 도래하는 영역으로서 가장 양호한 신호를 수신할 수 있으며, RSB에서 직접파 차단 경계면(ISB : Incident shadow boundary)까지의 영역 II는 직접파와 회절파가 도래하는 영역이며, ISB에서 경계면까지의 영역 III은 회절파만 도래하는 영역으로서 가장 약한 신호가 수신되는 영역이다.

이동통신 환경 속에서 이동체가 이동하면서 수신한 이동전파 신호의 전계강도는 다중경로를 통해 수신되는 여러 가지 전파가 합해져 그림 2.2와 같은 신호 형태를 가진다.

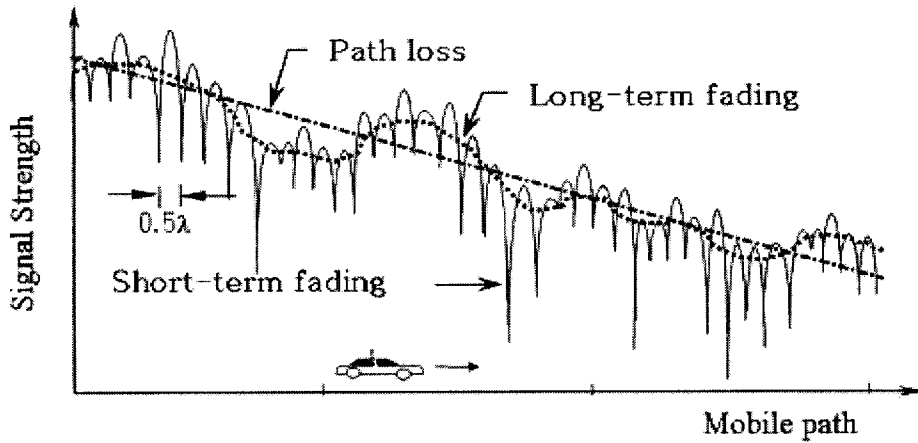


그림 2.2 이동체가 이동중인 동안 수신한 전계강도 세기

그림 2.2는 이동체가 기지국 근처에서부터 멀어지는 방향으로 이동하는 동안 지형 구조를 따라 신호세기가 변하는 것을 나타낸다. 즉, 기지국과 가시거리 경로가 확보되는 지형에서는 양호한 신호세기를 가지나 언덕이나 건물에 의해 가려진 지점에서는 약한 신호가 수신된다. 이와 같이 다중경로에 의해 시간 및 공간적으로 신호가 변화하는 현상을 페이딩이라고 하며, 페이딩 신호는 경로손실, 장구간 페이딩, 단구간 페이딩 신호 등이 더해진 형태를 가진다.

2.2 이동전파신호의 페이딩 특성

이동전파신호의 페이딩 현상은 장구간 페이딩 (long-term fading)과 단구간 페이딩 (short-term fading) 현상으로 구분한다. 장구간 페이딩은 전형적으로 전파 경로를 따라 분포해 있는 지형 구조와 인공적 구조물의 변화에 기인한다. 단구간 페이딩은 다양한 형태를 가진 산란체에 의한

다중 경로 현상에 기인하며, 송·수신기사이의 다중 경로를 통해 신호가 전달되므로 다중 경로 페이딩(multipath fading)이라고도 하며, 그 분포 특성이 Rayleigh 분포를 가지기 때문에 Rayleigh 페이딩이라 하기도 한다. 단구간 페이딩은 디지털 전송에 있어서 버스트 에러(burst error)의 원인이 된다.

이동통신에서의 채널 특성은 변조신호의 대역폭에 따라 협대역 채널 특성과 광대역 채널 특성으로 구분한다. 협대역 채널 특성은 신호대역의 역수가 전파 경로의 지연보다 매우 클 때 $\frac{1}{B_C} > \tau$ 경우를 말한다.

2.2.1 협대역 채널 특성

협대역 전송의 경우 신호는 약 반파장의 거리만큼 이동할 때 마다 매우 큰 신호 세기와 위상 변화를 경험하는 데, 이러한 지역적 단기 변화를 단구간 페이딩(short-term fading)이라 하며, 이에 비해 약 20~50 파장에 해당되는 장구간에 걸쳐 변하는 신호 변화 현상을 장구간 페이딩(Long-term fading)이라 한다. 장구간 페이딩은 전형적으로 전파 경로를 따라 분포해 있는 지형 구조와 인공적 구조물의 변화에 기인하며, 단구간 페이딩은 다양한 형태를 가진 산란체에 의한 다중 경로 현상에 기인한다.

이동체와 기지국사이의 신호 전송은 송·수신 안테나가 매우 낮으므로 단구간 페이딩 현상에 매우 민감하게 반응한다. 이와는 달리 공중 대 지상 통신 또는 위성 대 지구국 통신에서는 송·수신 안테나사이에 산란체가 거의 없을 뿐 아니라 안테나 주위에 있는 지상의 산란체에 기인한 대부분의 간섭은 크게 영향을 미치지 못하기 때문에 다중 경로 현상의 효

과를 고려하지 않아도 된다.

이동체가 이동하면서 수신한 이동전파 신호의 전계강도는 경로손실, 장구간 페이딩, 단구간 페이딩 신호등이 더해진 형태를 가진다.

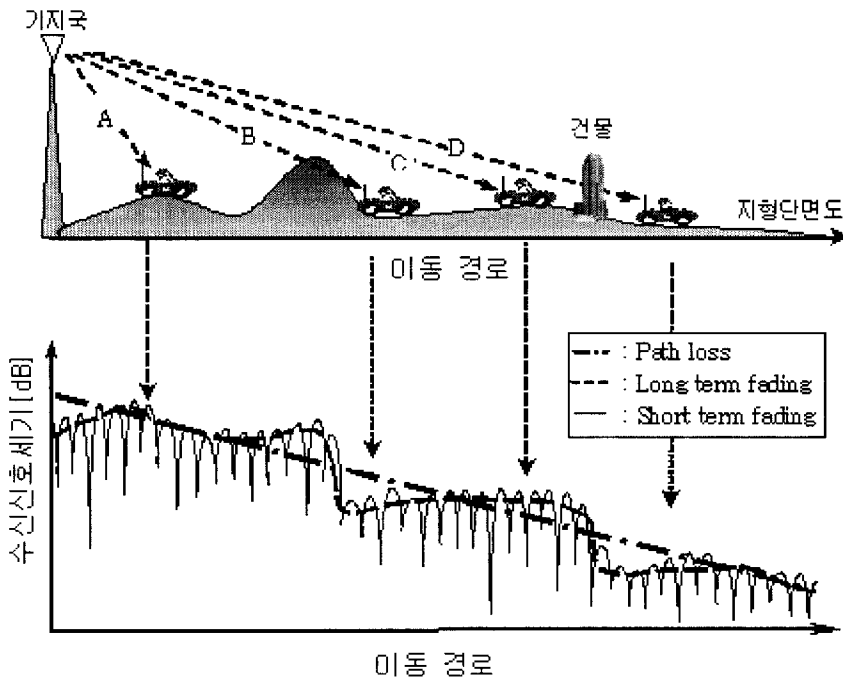


그림 2.3 이동통신 신호의 전계강도 특성

가. 장구간 페이딩 특성

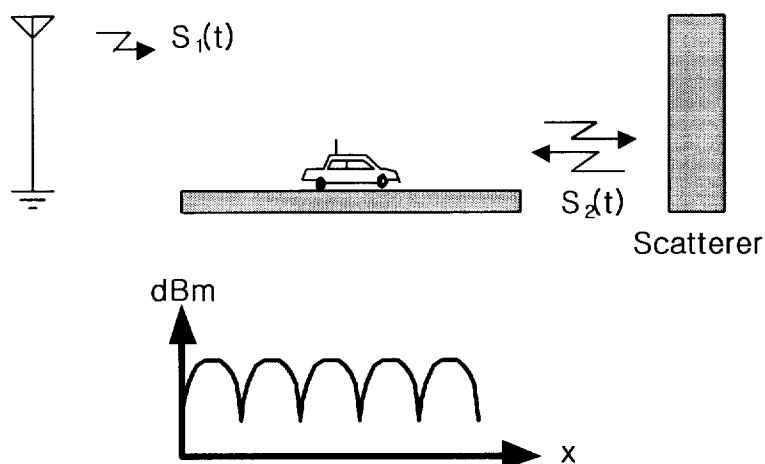
그림 2.3에서 'A'로 표시된 전파경로는 기지국과 이동체 사이에 가시거리(Line of sight) 경로가 확보되며 기지국의 주 빔 신호가 도달하므로 경로손실에 의한 수신 신호세기보다 큰 전계강도를 수신한다. 'B' 전파경로는 이동체가 높은 언덕 뒤쪽에 위치해 있을 때의 경로로서 언덕에 의해직접파가 차단된 비 가시거리(Non line of sight)경로가 된다. 따라서 신호는 언덕에 의한 회절파와 주변의 반사체에 의한 반사파 등으로 구성된 전파 신호가 되므로 약 20dB 가 감쇄된 신호 세기를 가진다. 'C'

경로는 가시거리 경로로서 직접파뿐만 아니라 주변 건물 등에 의한 반사파가 포함된 양호한 신호를 수신하는 경로이며, 'D' 경로는 건물에 의해 직접파가 차단되어 약한 신호를 수신하나 고개에 의해 직접파가 차단되는 'B' 경로 보다는 양호한 신호를 수신한다. 이와 같이 이동 경로에 따른 포락선 신호는 송신기와 수신기 사이에 존재하는 지형 구조 및 인공적 구조물의 변화에 의해 나타나며, 평균 경로 손실치를 제거한 신호 성분을 장구간 페이딩(long-term fading)이라 하며, 그 편차는 실험적으로 7~12dB 사이의 값을 가진다. 일반적으로 표준 편차는 도심지보다는 개활 지역(open area)에서 더 큰 값을 가지며, 건물의 크기가 증가할수록 커진다. 또한 수신기 주변의 지형 구조 및 인공적 구조물에 의해 형태가 결정되며 주파수와는 무관하다.

장구간 페이딩의 크기는 20~40 파장 사이 구간에 분포한 페이딩 신호의 평균값으로 계산하므로 국부 평균(Local Mean)이라 하며, 그 분포가 log-normal 분포를 따르므로 log-normal 분포라고도 한다.

나. 단구간 페이딩 특성

이동통신 경로는 이동체 주변의 지형이나 지물에 의한 반사, 회절, 산란 등에 의해 다중 경로를 형성하게 되어 각 경로 전파의 위상차에 의해 그림 2.2 에서 보는 것처럼 공간상에서 급격하게 변하는 포락선 신호가 형성된다.



Power in sum of the direct and reflected wave

그림 2.4 단구간 페이딩 현상

따라서 이동체는 다중 경로를 거친 다수의 다중 경로 전파를 수신하게 되는 데 이러한 다중 경로 전파들이 더해져 불규칙한 정재파 형태의 전계 분포가 형성된다. 이와 같은 정재파 형태의 전계 분포 속을 이동체가 주행하면 그림 2.4와 같이 짧은 구간 내에서 급격하게 변하는 페이딩 신호를 수신하게 된다. 이와 같은 페이딩 신호를 단구간 페이딩 신호라고 한다. 단구간 페이딩은 다양한 형태를 가진 산란체에 의한 다중 경로 현상에 기인하며, 송 수신기사이의 다중 경로를 통해 신호가 전달되므로 다중 경로 페이딩 (multipath fading)이라고도 하며, 그 분포 특성이 Rayleigh 분포를 가지기 때문에 Rayleigh 페이딩이라고 한다.

단구간 페이딩 신호의 분포 특성은 Rayleigh 분포 또는 Rician 분포 특성을 가진다. 즉, 산란파 및 다중 경로 파들의 평균 크기보다 더 큰 직접파 또는 우세파(dominant wave)가 다중경로 파들과 함께 수신기에 도달한다면 Rician 분포를 따르며, 직접파가 없이 수신된 모든 다중 경로 전파들의 크기가 서로 유사한 경우 Rayleigh 분포를 따른다.

2.3 광대역 채널의 특성

이동통신 전파 환경에서 광대역 채널 특성은 신호 대역폭이 상관 대역폭보다 큰 시스템의 채널 특성을 말한다. 광대역 채널 특성은 크게 주파수 영역과 시간영역으로 구분하며, 주파수 영역의 파라미터로는 도플러 확산(Doppler spread)과 상관 대역폭 (Coherence bandwidth)이 있으며, 시간영역의 파라미터로는 지연 확산 평균지연 및 최대지연 등으로 구분한다. 지연 확산은 신호 대 잡음비를 아무리 증가시켜도 시간 지연 효과는 감소되지 않기 때문에 광대역 성능 향상의 한계를 나타내는 수치이기도 하다.

2.3.1 시간 영역 채널 파라미터

그림 2.5는 직접파 외에 서로 다른 경로를 거쳐 이동체에 도달하는 다중경로파의 경로의 예를 나타내고 있다. 이와 같은 다중경로파는 협대역 시스템인 경우 다수의 다중경로파 모두 더해진 신호 레벨이 이동체에 수신되지만, 광대역 시스템에서는 시스템 분해능내의 신호는 더해지지만 분해능 밖의 신호는 이전 신호와 구별하여 수신 가능하다.

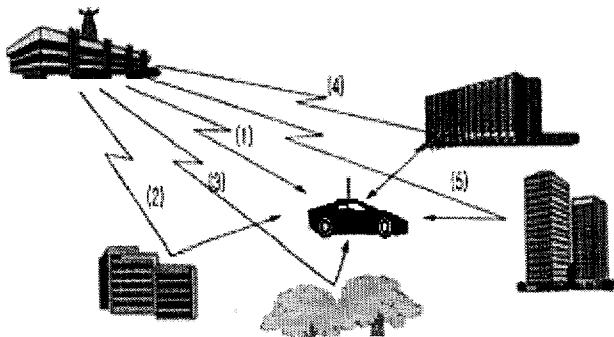


그림 2.5 이동통신 환경에서의 전파전파 현상

육상 이동통신환경에서 수신되는 신호는 기지국과 이동체 주변에 위치한 산란체에 의한 다중경로파가 수신되며, 이러한 산란체는 그림2.6과 같이 크게 세 가지((a),(b),(c)) 영역으로 구분한다. 그림 2.7은 세 가지 영역에 위치한 산란체에 부딪쳐 도래하는 다중경로파가 시간축으로 확산된 것을 나타낸다.

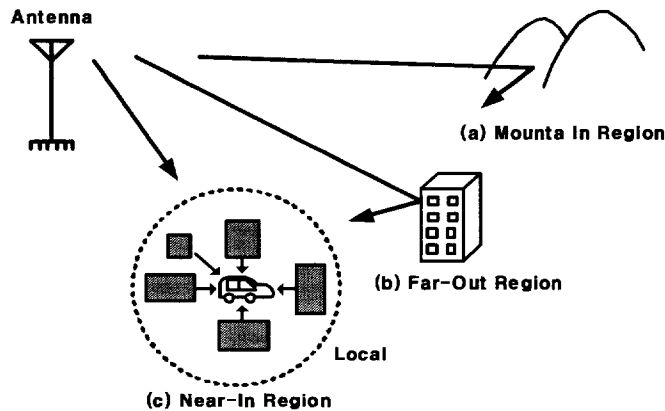


그림 2.6 이동전파 환경에서의 산란체 분포 예

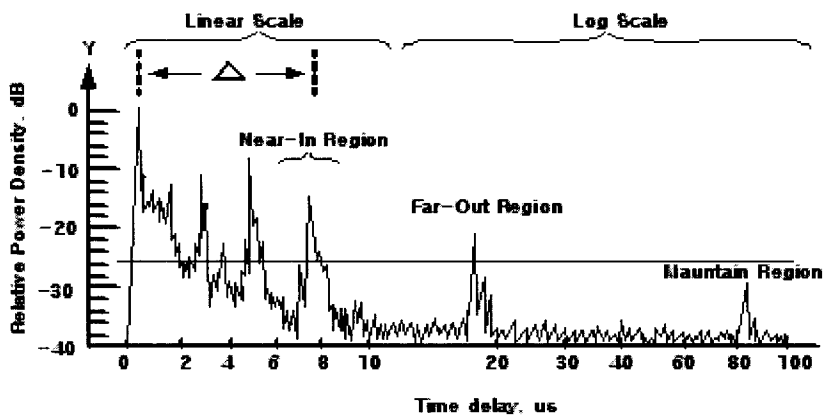


그림 2.7 시간 지연 확산 개념도

그림 2.7에서 최대 지연폭 (Maximum excess delay)은 최초로 도래하는 신호성분이 존재 하는 시점으로부터 최후로 도래하는 신호성분이 존재하는 시점까지의 시간폭을 말한다.

평균지연 (Average delay)은 전파신호를 이용한 거리 측정계(ranging system)에서 측정 오차를 평가할 수 있는 파라미터이며 식 2.1과 같이 계산된다. 식에서 $P(\tau)$ 는 지연전력 밀도함수로서 τ_k 는 시간지연 변수이다.

$$D = \frac{\sum_{k=1}^N \tau_k P(\tau_k)}{\sum_{k=1}^N P(\tau_k)} \quad (2.1)$$

지연확산 (delay spread)은 통신시스템의 성능 평가에 이용되는 파라미터로서 다중경로에 의한 도래파가 지연 시간축으로 확산된 정도를 나타낸다.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^N (\tau_k - d_m)^2 P(\tau_k)}{\sum_{k=1}^N P(\tau_k)}} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^N \tau_k^2 P(\tau_k)}{\sum_{k=1}^N P(\tau_k)}} - D^2 \quad (2.2)$$

그림 2.7에서와 같이 식별 가능한 peak의 수 (N_p)는 특히 레이크 수신기를 설계하는 경우 중요한 파라미터가 된다. N_p 는 통신환경에 따라 달라지나 기본적으로는 도래파의 지연량을 구분하여 식별할 수 있는 정도인 분해능에 의해 결정된다.

평균 지연 및 지연확산 파라미터는 주요한 시간 지연 파라미터이며, 특히 지연확산은 다중경로 환경에서 디지털 이동통신 시스템의 성능과

밀접한 관계가 있으며, 시스템 성능 예측에 유용한 파라미터이다.

2.3.2 주파수 영역 채널 파라미터

가. 상관 대역폭 (Coherence bandwidth)

채널의 주파수 선택성을 설명하는 데 있어서 상관 대역폭 (Coherence bandwidth)이 유용한 파라미터이다. 전송대역내의 주파수 성분이 상관 대역폭보다 작을 경우 강한 상관관계를 갖는다. 그러나 두 주파수 성분의 간격이 크다면 이 두 주파수 성분은 통계적으로 독립적이어서 주파수 선택적 페이딩이 발생한다. 그러므로 상관 대역폭은 두 신호가 큰 상관 관계를 유지하는 두 주파수의 최대차를 말한다. 이를 수식으로 표현하면

$$B_C = \frac{1}{2\pi S} \quad (2.3)$$

여기서, S는 지연 확산이다.

나. 도플러 확산 (Doppler Spread)

(1) 전파의 도플러 효과

초음파가 움직이는 물체에 반사되면 본래의 주파수와 다른 주파수의 신호로 수신된다. 수신된 신호의 주파수 변화는 움직이는 물체의 속도에 의존하며 이 현상을 '도플러효과'라고 한다. 관측자와 신호원이 상대 운동을 할 때 측정되는 전파의 주파수는 달라진다.

관측자가 운동할 때 주파수는 높아진다. 그림과 같이 기준틀에서 정지

해 있는 신호원 S(주파수 f_s)를 향해 속력 V_o 로 신호원 쪽으로 운동해 오고 있는 관측자는 시간 t 동안에 V_o/λ 개의 파동을 부가적으로 받게 된다. 따라서 관찰자가 느끼는 도플러 주파수(f_d)는 다음과 같다.

$$f_d = f_s \left(\frac{v - V_o \cos \theta}{v} \right) \quad (2.4)$$

여기서, v 는 신호원 전파의 속도로서 일반적으로 빛의 속도 ($3 \times 10^8 m/s$)를 말하고, V_o 는 관측자의 이동 속도, θ 는 관측자의 진행 방향을 나타낸다. 따라서 관측자가 이동할 때의 도플러 효과를 나타내는 식은 다음과 같다.

$$f_d = f_s \left(\frac{v \pm V_o \cos \theta}{v} \right) \quad (2.5)$$

식 (2.5)에서 보는 바와 같이 도플러 주파수는 신호원 주파수에다 도플러 효과에 의해 천이된 주파수를 합한 주파수로서 식 (2.6)와 같이 나타낸다.

$$f_d = f_s \pm f_s \frac{v \pm V_o \cos \theta}{v} = f_s \pm f' \quad (2.6)$$

신호원이 운동할 때는 매질에 대하여 정지해 있는 관찰자를 향하여 신호원의 운동 속도가 V_s 로 다가오면 파의 마루와 마루 사이의 간격은 신호원이 매 진동마다 전진해 온 거리 (V_s/v)만큼 짧아진다. 따라서 관측

자가 느끼게 되는 주파수는 아래와 같다.

$$f_d = f_s \left(\frac{v}{v - V_s} \right) \quad (2.7)$$

여기서, v 는 신호원 전파의 속도로서 일반적으로 빛의 속도를 가진다. 따라서 음원이 운동할 때의 도플러 효과를 나타내는 식은 다음과 같다.

$$f_d = f_s \left(\frac{v}{v \mp V_s} \right) \quad (2.8)$$

여기서, f_d 는 도플러 효과 주파수, f_s 는 신호원의 주파수를 말하며, v 는 신호원 전파의 속도이다. 또한 V_o 는 관측자의 움직임(속도), V_s 는 신호원의 움직임을 나타낸다.

신호원과 관측자가 모두 운동할 때 도플러 효과 관계식은 다음과 같다.

$$f_d = f_s \left(\frac{v \pm V_o}{v \pm V_s} \right) \quad (2.9)$$

(2) 이동통신에서의 도플러 효과

이동통신에서는 이동체의 움직임 때문에 이동체가 수신하는 기지국 신호의 주파수가 변화되어 수신되는 현상을 말하며, 이로 인해 수신 스펙트럼이 확산되는 현상을 도플러 확산 이라 한다. 그림 2.8은 이동체인 차량이 기지국 방향으로 진행하는 경우와 멀어지는 경우에 대하여 수신 주

파수가 변하는 현상을 보여준다.

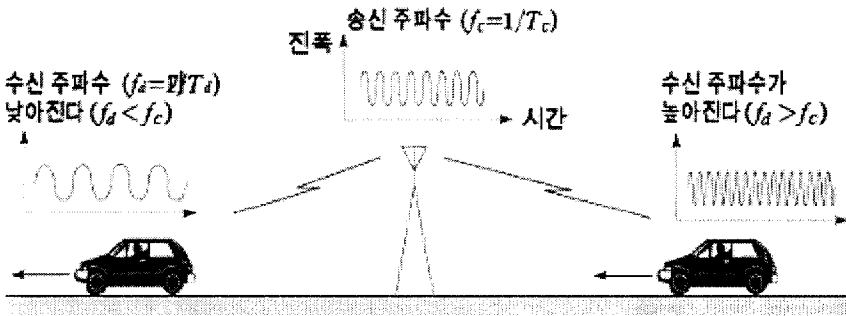


그림 2.8 이동통신에서의 도플러 효과

그림 2.8의 경우는 관측자가 운동하는 경우에 해당되므로 식 (2.5)에 의해 도플러 천이 주파수를 계산할 수 있다. 도플러 확산에 의한 수신 신호의 전력 스펙트럼은 그림 2.9와 같다.

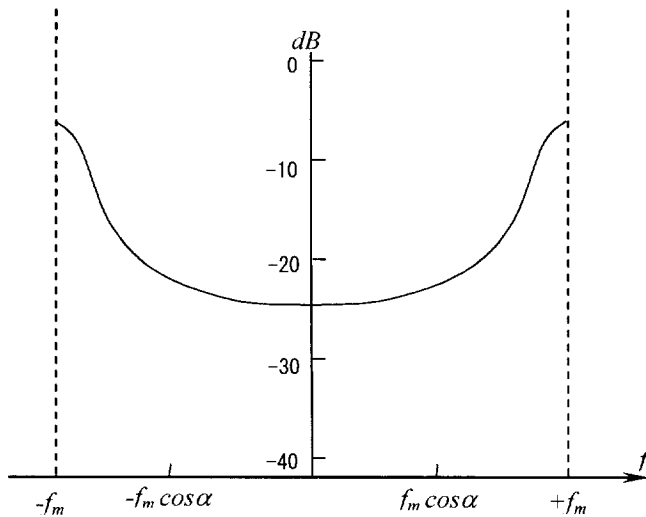


그림 2.9 수신신호의 전력 스펙트럼

그림에서 보는 바와 같이 수신 신호의 전력 스펙트럼 분포는 도플러 천이 주파수가 최대 또는 최소가 되는 양 끝부분에서 최대값을 가지며, 중간으로 갈수록 작아진다. 이것은 이동체가 기지국과 같은 방향으로 진

행하는 경우 대부분 가시거리 경로에 의한 것이기 때문에 가장 큰 신호를 수신하며 도플러 천이 주파수가 최대 또는 최소값을 가진다. 또한 스펙트럼 분포의 가운데 지점은 도플러 천이 주파수가 영인 경우로서 이동체가 움직이지 않거나 수신 신호의 전파 경로가 진행 방향과 직각을 이루는 경우를 나타낸다. 이와 같이 이동국의 움직임과 이동체에 도달하는 전파의 전파 경로 방향은 도플러 현상을 발생시킨다.

그림 2.10은 이동 속도가 V 이며 AA' 방향으로 이동중인 이동체에 산란체 S 에 부딪쳐 전파가 도달하는 경우를 나타낸다.

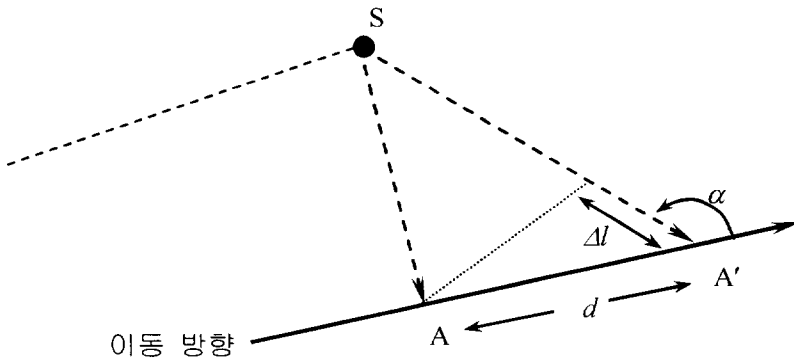


그림 2.10 도플러 현상에 대한 개념

기지국에 대해 멀어지는 방향으로 이동중에 있으므로 이동 거리 $d=Vt$ 가되며 SA 거리와 SA' 거리간의 길이 차이 l 은 $l=d \cdot \cos \alpha$ 가 된다. 따라서 도달 길이 차에 의한 위상차는

$$\Delta \phi = -\frac{2\pi}{\lambda} \Delta l = -\frac{2\pi V \Delta t}{\lambda} \cos \alpha \quad (2.10)$$

이 되며, 이에 따른 주파수 변화(도플러 천이)는 식 (2.11)이 된다.

$$f' = -\frac{1}{2\pi} \frac{\Delta\phi}{\Delta t} = \frac{V}{\lambda} \cos\alpha \quad (2.11)$$

이와 같이 경로 길이의 변화는 전파와 이동 방향사이의 공간적인 각에 의존한다. 일반적으로 이동국의 정면으로 도달하는 전파는 양의 도플러 천이를 가지며 주파수는 증가하며 반대로 이동국의 뒷면으로 도달하는 전파의 경우 음의 도플러 천이를 가지며 주파수는 감소한다. 차량의 이동 방향과 일치하거나 정 반대로 도달하는 전파는 최대의 위상 변화에 따라 최대의 도플러 천이인 $f_m = V/\lambda$ 가 된다.

Ⅲ. 지연 신호 발생 회로

3.1 광대역 이동통신 신호 특성

다중 경로 환경에서 수신 신호는 서로 다른 경로를 따라 도래하는 신호들의 합으로 나타낸다. LOS 경로를 제외하고는, 모든 경로는 수신기에 도래하기 전에 적어도 한번 이상의 반사, 투과, 회절 현상이 발생할 것이다. 이와 같은 전파 현상은 수신기의 대역폭에 따라 서로 다른 수신 신호 특성을 갖는다. 다중 경로 채널에 대한 모델은 통신 시스템에 따라 무선 채널을 협대역 채널과 광대역 채널로 구분하여 모델링 할 수 있다.

본 절에서는 광대역 신호에 대한 해석을 수행한다. 만약 이상적인 협대역 신호로서 정현파를 고려하였다면, 광대역의 경우 이상적인 신호는 무한대의 대역폭을 가지는 임펄스(impulse) 함수 이다.

협대역 신호 분석과 동일한 상황에서 전송된 임펄스 (t) 는 서로 다른 크기와 위상을 가진 여러 가지 임펄스들의 합으로서 수신기에 도래할 것이다. 송수신기의 주어진 위치에 대해 합해진 임펄스 응답은 다음과 같이 나타낸다.

$$h(\tau, t) = \beta_0 \sum_{i=1}^L \frac{a_i}{d_i} e^{j\phi_i} \delta(t - \tau_i) \quad (3.1)$$

여기서 τ_i 와 ϕ_i 는 협대역 신호에서와 동일한 방법에 의해 결정되며, $\beta_0 = \sqrt{P_o}$ 이다. $\beta_i = \beta_0 a_i / d_i$ 라고 하면,

$$h(\tau, t) = \sum_{i=1}^L \beta_i e^{j\phi_i} \delta(t - \tau_i) \quad (3.2)$$

여기서 τ_i 와 ϕ_i 는 지연 시간 i 에 도래하는 i 번째 경로의 크기와 위상을 나타낸다. 무한대의 대역폭을 가지고 있는 광대역 수신기의 경우 서로 다른 시간에 도래하는 임펄스는 서로 상호 작용을 하지 않는다. 이 경우 수신전력은 다음과 같이 나타낸다.

$$P_r = P_o \sum_{i=1}^L \left| \frac{a_i}{d_i} \right|^2 = \sum_{i=1}^L |\beta_i|^2 \quad (3.3)$$

여기서 수신 신호 전력은 모든 경로의 크기의 제곱 합이 된다. 협대역 신호의 경우, 크기는 벡터적으로 더해지며 전체 전력은 벡터 합 크기의 제곱이 된다. 따라서, 일반화된 협대역 신호의 수신 전력은 광대역 신호의 수신 전력에 비해 작거나 같다. 다시 말해서, 광대역 송신 신호의 경우 수신 경로는 신호의 상관 특성에 의해 구별되며, 서로 다른 경로로부터의 전력은 대수적으로 더해진다. 그러나 협대역 신호의 경우 경로는 각각의 위상에 따라서 벡터적으로 서로 더해지며 그 경로사이의 상호 작용은 광대역의 경우에 비해 상대적인 수신 전력이 줄어들게 된다.

실제로 채널 대역폭은 유한하기 때문에 임펄스 신호는 매우 작은 펄스 폭을 가진 펄스 신호이기 때문에 무한대의 대역폭을 가진 경우보다는 작은 신호 전력을 얻는다. 즉, 시간영역에서의 분해능 이내의 도래시간 차를 갖는 지연경로에 대해서는 협대역 신호와 마찬가지로 벡터적으로 더해지며, 그 이상의 시간차를 갖는 경로에 대해서는 대수적으로 더해지게 된다.

3.2 파라미터 설정을 위한 신호 분석

광대역 수신기는 신호 대역폭에 따라 수신 신호 세기가 달라진다. 즉 대역폭은 시스템의 분해능(resolution time)을 결정하며, 분해능은 시간 지연 정도에 따른 입사파의 분해 여부를 결정하는 척도이기 때문이다. 예를 들어 첫번째 입사파의 지연 시간에 대한 상대적인 시간 지연이 분해능보다 작은 경우 벡터적으로 각 도래 신호가 더해지지만, 큰 경우 대수적으로 더해지게 된다. 이것을 식으로 표현하면

$$P_r = \sum_{i=1}^I \left(\left| \sum_{n=1}^N \beta_n e^{-j\phi_n} \delta(t - \tau_n) \right|^2 \right)_i \quad (3.4)$$

이 된다.

여기서 N은 i 번째 분해능 내에 존재하는 입사파의 수를 나타내며, I는 계산에 필요한 분해능의 수를 나타낸다.

예로써 신호 대역폭이 10MHz인 시스템에 6개의 입사파가 각각 140nsec, 180nsec, 250nsec, 330nsec, 370nsec, 및 450nsec에 도래했다고 하면, 첫번째 입사파에 대한 상대적인 시간 지연이 각각 40nsec, 110nsec, 190nsec, 230nsec, 및 310nsec가 된다. 이 경우 시스템의 분해능은 100nsec가 되므로 첫 번째와 두 번째 입사파가 하나의 분해능에 포함되고, 세 번째와 네 번째 입사파는 두 번째 분해능에, 나머지는 각각 세 번째와 네 번째 분해능에 포함되는 것을 볼 수 있다. 이것을 그림으로 나타내면 그림 3.1 같다. 그림 3.1은 유한한 대역폭을 가지는 광대역 수신기의 지연 모델에 대한 블록도를 나타낸다.

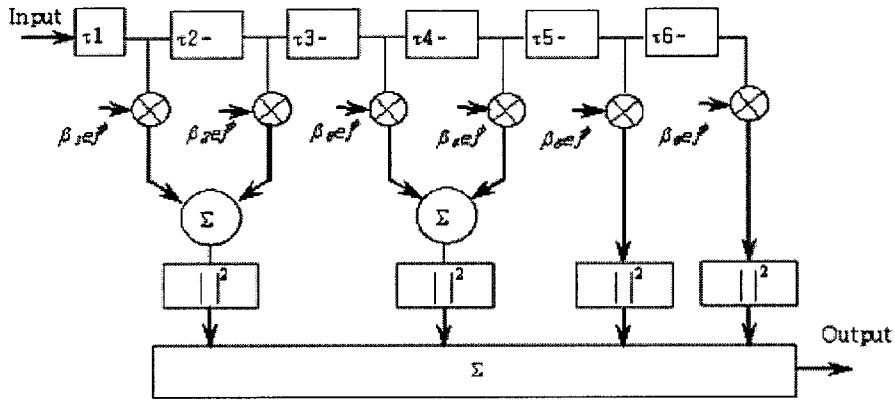


그림 3.1 유한 대역폭을 가지는 지연 모델에 대한 구성도

3.3 광대역 채널 파라미터 설정

대표적인 광대역 특성인 시간 지연 특성에 대한 보다 정확한 파라미터 설정을 위하여 본 연구에서는 지연 확산(delay spread)과 평균 지연(average delay) 특성을 이용한다. 즉 수신 신호는 다중 경로 전파에 의하여 시간축으로 확산되며 이러한 확산 현상을 정량화하는 대표적인 파라미터는 다음과 같다.

1) 평균 지연(average delay)

전파 신호를 이용한 거리 측정계(ranging system) 등에서 측정 오차를 평가할 수 있는 파라미터로서 다음과 같이 계산된다.

$$D = \frac{\sum_{n=1}^N \tau_n P(\tau_n)}{\sum_{n=1}^N P(\tau_n)} \quad (3.5)$$

2) 지연 확산(delay spread)

통신 시스템의 성능 평가에 이용되는 파라미터로서 다중경로에 의한 도래파가 지연 시간축으로 확산된 정도를 말한다.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^N (\tau_n - D)^2 P(\tau_n)}{\sum_{n=1}^N p(\tau_n)}} \quad (3.6)$$

식 (3.5)와 식 (3.6)에서, 식 (3.5)는 지연 시간의 평균치를 나타내고 식 (3.6)는 평균 지연의 표준 편차를 뜻하므로 시간 지연 양을 산출하는 데 있어서 평균이 D이며 분산이 S 인 랜덤 변수를 이용한다. 이와 같은 방법을 통해 산출한 각 탭의 시간 지연 양을 이용하여 각 도래 파의 위상차를 계산한다.

3.4 지연 신호 발생 회로 설계

그림 3.2은 지연 신호 발생 회로를 나타내며 회로구성은 입력 신호를 원하는 시간만큼 지연시켜 출력할 수 있는 메모리 소자인 SN74V245 FIFO 회로와 반사 등에 의해 변하는 RF신호 레벨 조절이 가능한 RF2420 Attenuator 및 주변회로로 되어있다. 회로 동작은 아날로그 입력 신호가 입력되면 A/D Convert를 거쳐 8비트 디지털 신호로 변환되고 변환된 8비트 신호는 FIFO 특성을 가지는 메모리 소자인 SN74V245 칩을 이용하여 원하는 시간만큼 지연시킨다.

지연된 8비트 디지털 신호는 D/A Convert에 입력되어 처음 입력된 주파수와 동일한 아날로그 신호로 출력되고 출력된 신호는 RF신호 레벨조정이 가능한 RF2420에 입력되어 조정된 후 최종단으로 출력된다.

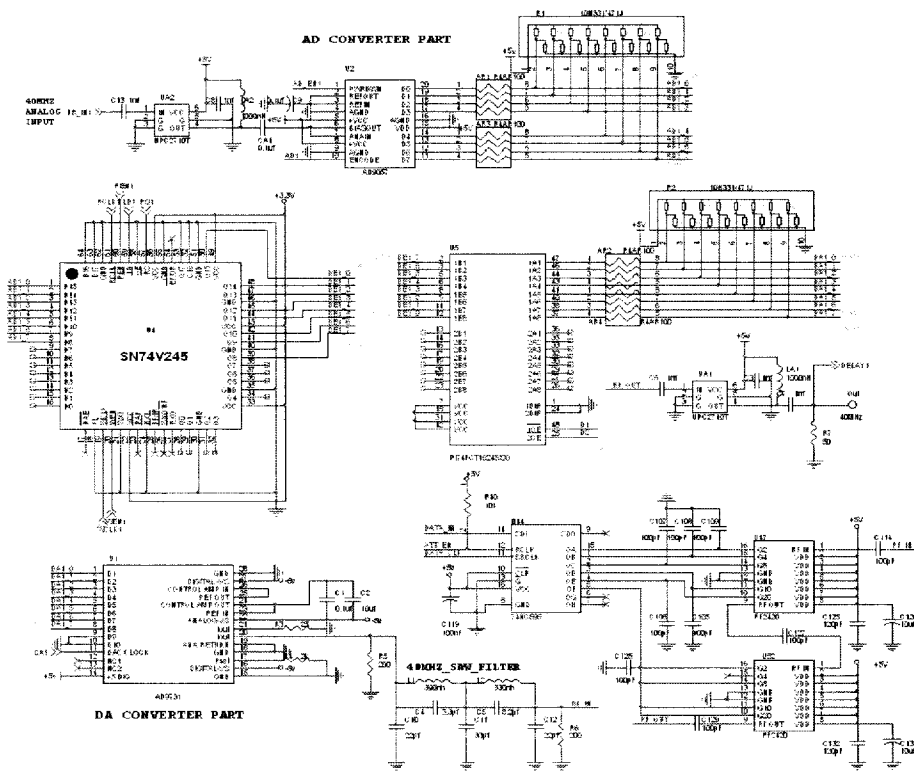
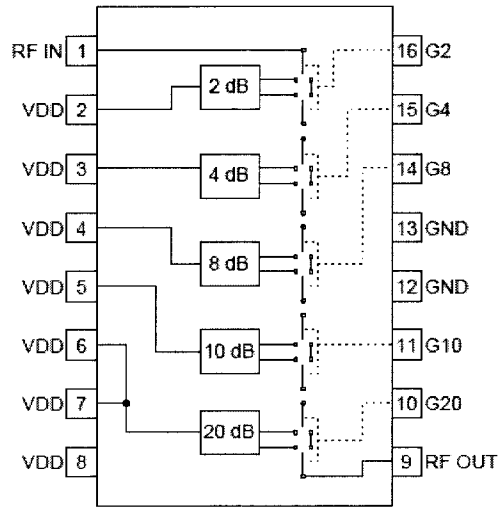


그림 3.2 메모리 소자를 이용한 시간 지연 회로 설계

SN74V245는 4096x18비트 배열을 가진FIFO 메모리 소자로서 그림 3.3와 같은 기능별 구성도를 갖는다. 그림에서 보는 바와 같이 입력 클럭과 인에이블 신호를 이용하여 18비트 입력 신호를 메모리에 저장하고 출력 클럭과 인에이블 신호에 따라 저장된 18비트 신호를 출력한다.



Functional Block Diagram

(b) RF2420의 Block Diagram

그림 3.4 감쇄회로 및 RF2420 블록 다이어그램



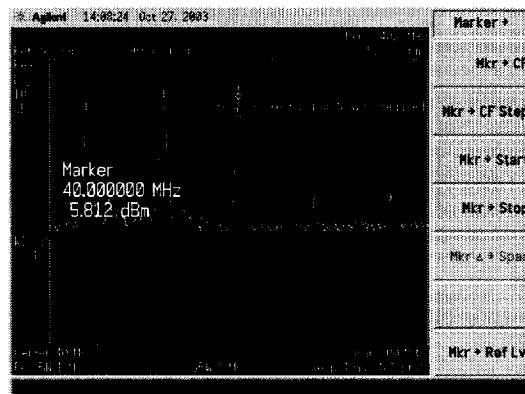
그림 3.5 시제품 개발된 시간 지연 발생 회로

그림 3.5는 시제품 제작된 지연 신호 발생 모듈을 나타낸다. 그림에서 보는 것처럼 개발된 모듈은 3 개 전파 경로에 대한 지연 특성을 비교하

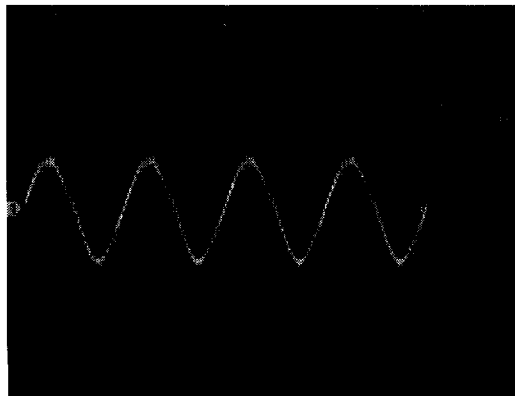
고 파악하기 위한 것으로 모듈 내에 3개의 지연 회로가 포함되어 있다.
각 지연 회로는 프로세서로부터 독립적으로 원하는 지연 시간만큼 동작
하는 구조로 되어 있다.

IV. 실험 결과 및 고찰

제작된 시제품을 이용한 시간 지연 효과 실험 결과를 분석한다. 입력 신호는 그림 4.1와 같이 40MHz 아날로그 신호로서 A/D 변환기의 입력 레벨의 조건을 맞추기 위하여 약 6dBm의 신호 크기를 이용한다.



(a)스펙트럼 특성



(b) 신호 파형 형태

그림 4.1 지연 신호 발생 회로의 입력 신호

입력된 아날로그 신호는 A/D 변환기를 거쳐 디지털 신호로 변환된 다음 지연 소자인 SN74V283의 입력 신호가 되며, 프로세서에 의해 원하는 시간만큼 지연되어 8비트 병렬 신호로 출력된다. 디지털 출력 신호는 D/A 변환기에 의해 다시 일정한 지연 값을 가지는 40MHz 아날로그 신호로 변환된다.

그림 4.2은 지연 소자의 시간 지연 효과를 파악하기 위하여 패턴 발생기를 이용하여 발생된 디지털 신호를 이용한 지연 소자의 입력 신호 및 출력 신호를 나타낸다. 그림에서 상단에 표시된 파형은 입력 신호를 나타내고, 하단에 표시된 신호는 출력 신호를 나타낸다. 그림에서 약 1msec의 시간 지연을 갖는 것을 볼 수 있다.

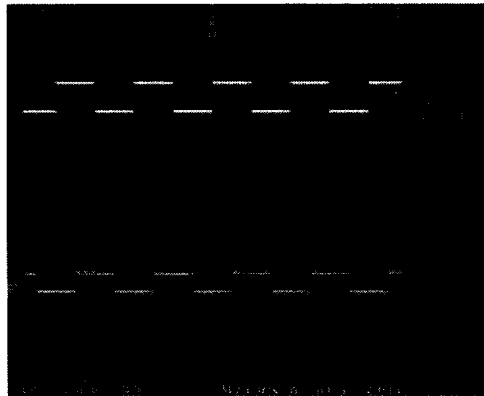
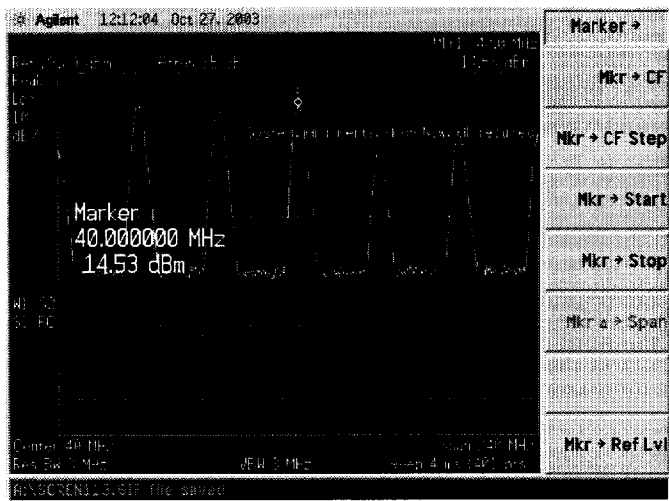


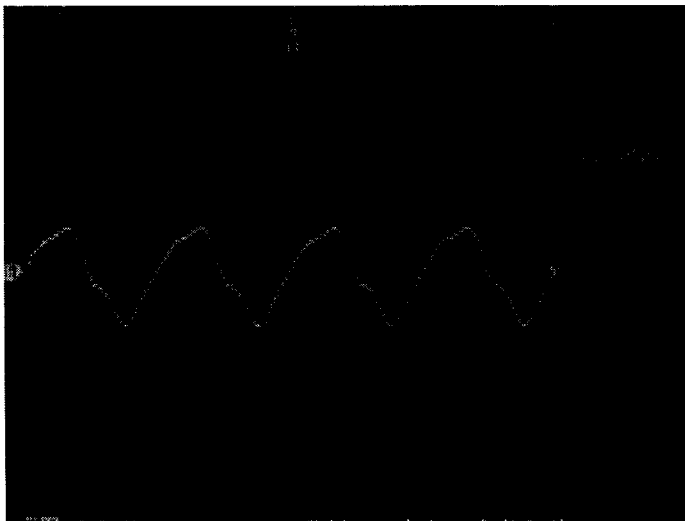
그림 4.2 지연 소자의 입력 및 출력 신호

그림 4.3은 그림 4.1의 입력 신호에 대하여 지연 신호 발생 회로의 출력 신호의 스펙트럼과 파형을 나타낸다. 출력신호의 스펙트럼을 보면 D/A 변환기의 레벨 특성에 따라 약 15dBm의 크기를 가지고 있으며, 주변에 고조파 신호들이 많이 발생하는 것을 볼 수 있다. 신호 파형을 보면 A/D 변환기를 거친 디지털 신호의 찌그러짐 현상 때문에 D/A 변환된 아날로그 신호 파형이 변했지만, 출력 신호의 주파수는 입력 신호의

주파수인 40MHz를 잘 따라감을 볼 수 있다. 따라서 보다 깨끗한 신호 파형을 위해서는 좋은 특성을 가지는 A/D 변환기를 이용하여 디지털 신호 형태를 잘 유지하는 것이 중요하다.



(a) 스펙트럼 특성



(b) 신호 파형

그림 4.3 지연 신호 발생 회로의 출력 신호

V. 결 론

FIFO 메모리 소자를 이용한 지연 신호 발생 회로를 설계하고 개발하여 그 특성을 분석한 결과를 제시한다. 이동통신 환경에서 전파 신호의 지연 현상은 다중 경로를 통해 수신 안테나에 인입된 다중경로 신호의 도달 시간차로 인한 각 신호 간의 위상차가 발생하여 인입되는 순간 각 신호간의 상호 보강 또는 상쇄 간섭에 의한 신호 특성 변화의 요인이 된다. 따라서 다중 경로 전파 신호의 지연 특성을 정확하게 파악하는 것은 이동전파 환경에서 다양하게 변하는 전파 신호를 정확하게 파악할 수 있을 만큼 중요하다.

제시 방법인 메모리 소자를 이용한 지연 신호 발생회로는 지금까지 DSP를 이용하여 개발된 지연 신호 발생회로에 비해 구현이 간단하고 저렴한 비용으로 개발할 수 있으나 DSP이용 모듈에 비해 성능이 떨어지는 것을 알 수 있었다. 이것은 향후 고속 메모리소자 및 고속 제어칩을 이용하여 보완할 수 있을 것으로 판단된다.

본 고에서 제시한 설계를 이용하면 사용자가 원하는 시간만큼 지연 특성을 가진 신호를 만들어 낼 수 있기 때문에 시간 지연 특성을 포함하는 이동통신 시스템을 개발하는 데 매우 효과적으로 이용할 수 있다.

참고문헌

- [1] 송기홍, “이동무선망을 위한 채널 특성 분석 및 지역 특성적 전파 예측 모델링,”박사학위 논문, 경북대학교, 2000.
- [2] J. D. Parsons, The Mobile Radio Propagation Channel, Pentech Press, 1992.
- [3] W. C. Jakes, Microwave Mobile Communications, John Wiley & Sons Inc.
- [4] T. S. Rappaport, Wireless Communications Principles and Practice Prentice Hall PTR, 1996.
- [5] J. Hansen and M. Nold, "Analytic calculation of the power delay profile for single room WLAN environments, " in Proc. Globecom 2000, vol. 1, Nov. 2000, pp. 98-102.
- [6] A. Kajiwar, "Effects of polarization, antenna directivity, and room size on delay spread in LOS indoor radio channel," IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 46, no. 1, pp. 169-175, Feb. 1997.
- [7] C. Y. Huang and R. D. Yates, "Rate of convergence for minimum power assignment algorithms in cellular radio systems," Wireless Networks, vol. 4, pp. 223-231, 1998.
- [8] SN74V283 data-sheet, Texax Instrument, 2003.

감사의 글

이 학위 논문이 있기까지 모든 면에서 자상한 지도와 보살핌을 주신 하덕호 교수님의 은혜에 진심으로 감사드립니다. 또한 본 논문이 책으로 출판되기까지 아낌없는 충고와 조언을 해주신 심사위원 김성운 교수님과 정연호 교수님께 감사드리며, 또한 광대역 페이딩 채널 시뮬레이터의 지연신호 발생회로를 설계하는데 많은 도움을 주신 동의과학대학 송기송 교수님께도 감사드립니다.

그 동안 연구실 생활을 하면서 많이 느끼고 배웠습니다. 지금까지 이렇게 학위 논문을 무사히 완성할 수 있도록 도움과 충고를 해주신 정신일 교수님과 윤종락, 김석태, 주문갑, 박규철 교수님들께 또한 감사의 말씀드리고 아울러 지금까지 동고동락한 연구실 동료인 안재성 선생님, 황인권 선생님 이하 여러 후배들에게도 진심으로 감사드립니다.

그리고 2년 동안 힘들게 뒷바라지 해 준 우리 가족 모두에게 감사드리고, 아쉽고 부족했던 2년의 석사과정을 뒤로 보내며, 저를 지켜봐 주시는 모든 분들께 누가 되지 않는 삶을 살기 위해 최선을 다하겠습니다.

2006년 새해가 며칠 남지 않았습니다. 다가오는 새해 모두 복 많이 받으시고 하시고자 하는 일 다 성취하는 한 해가 되시길 바랍니다. 감사합니다.

2005년 12월 28일

곽 동 일