

무선 전파의 측정 및 분석을 위한 프로그램 개발

고 거 다, *현 재 섭, 강 영 진, 송 문 규
원광 대학교 전기 전자 및 정보 공학부, *KT 서비스 개발 연구소
전화 : 063-850-6341 / 핸드폰 : 016-602-4578

Program Development for Measurement and Analysis of Radio Propagation

Geo Da Ko, *Jaisop Hyun, Young Jin Kang, Moon Kyou Song
Dept. of Electrical Electronic and Information Engineering, Wonkwang University,
*Service Development Labs, KT
E-mail : gogo1977@wonkwang.ac.kr

Abstract

In this paper, a measurement and analysis program is developed, that can be utilized to measure and analyze radio propagation characteristics. This program is able to control the measurement instruments including spectrum analyzer through a GPIB interface, and analyze the measured data to yield mean excess delay and RMS delay spread. The measured path loss can be compared with theoretical path loss in free space or inside tunnels. The measured and analyzed results can also be presented in the forms of graphs. As those tasks can be conducted on the measurement spot, this program is very helpful for performing and verifying measurements.

I. 서론

관심의 대상이 되어 대역폭의 확장이 불가피한 실정이다. 이와 같이 광대역 시스템의 요구가 증대함에 따라 시간지연확산이 중요한 채널 특성으로 부각되고 있다.

그러므로 자유공간, 실내 환경, 터널 환경 등 여러 환경에서의 시간지연확산 및 경로손실을 측정하여 비교 분석함으로써 환경에 따른 최적의 시스템을 구현하고 다양하게 요구되는 서비스를 제공에 이용할 수 있다..

본 논문에서는 데이터 측정을 위해 HP 8563E 스펙트럼 분석기를 사용 하였다. 스펙트럼 분석기는 PC와 GPIB 인터페이스를 통해 자동으로 제어할 수 있도록 하였다. 취득된 데이터 분석에 필요한 프로그램을 개발하기 위해 랩뷰를 사용한다.

여러 가지의 환경 변화에 따른 전파측정 데이터를 취득하기 위해 환경의 변화가 있을 때마다 스펙트럼 분석기에 초기 설정값의 조정이 필요하다. 이러한 번거로운 조작을 피하고 조정되는 스펙트럼 분석기의 파라미터 값과 취득된 데이터를 저장하기 위해 그래픽적인 가상의 스펙트럼 분석기를 프로그램 한다. 또한 이를 통해 스펙트럼 분석기를 제어하고 취득된 데이터를 가상의 스펙트럼 분석기로 로드하여 측정 현장에서 평균과도지연(mean excess delay)과 RMS 지연확산(RMS delay spread) 값을 계산할 수 있도록 프로그램 하였고, 특히 전파 경로 손실에 있어서는 이론적인 자유공간 손실과 터널 환경 손실을 실제 측정 데이터와 비교할 수 있도록 프로그램을 개발 하였다. 그러므로 측정 현장에서 측정 환경에 따른 전파특성의 추세를 확인하고 측정 시스템의 오작동을 파악할 수 있다.

여러 환경의 변화와 조건에 따라 저장된 데이터들을

처리하고 필요한 전파특성 그래프를 얻기 위해서는 번거로운 작업이 필요하다. 본 논문에서는 측정된 데이터를 분석할 때 저장된 데이터를 이용하여 측정거리에 따른 수신전력, 평균과도지연(mean excess delay), RMS 지연확산(RMS delay spread)에 대한 그래프를 한번에 처리하여 얻을 수 있도록 분석 프로그램을 개발 하였으므로 기존의 번거로운 작업을 간략화 할 수 있다.

II. 프로그램

1. 지연확산 프로그램

채널의 시간지연확산과 관계된 매개 변수로는 평균과도지연(mean excess delay)과 RMS 지연확산(RMS delay spread)등이 주로 사용된다.

평균과도 지연은 전력지연 프로파일의 평균값으로 다음과 같이 정의된다.[1]

$$D = \frac{\int_0^{\infty} \tau P_h(\tau) d(\tau)}{\int_0^{\infty} P_h(\tau) d(\tau)} \quad (1)$$

RMS 지연확산은 평균과도지연을 중심으로 한 이차모멘트인 분산 값으로서 다음과 같이 정의된다.

$$S = \sqrt{\frac{\int_0^{\infty} (\tau - D)^2 P_h(\tau) d\tau}{\int_0^{\infty} P_h(\tau) d\tau}} \quad (2)$$

여기에서 τ 는 지연된 파의 시간 인수, P_h 는 수신 전력 레벨을 나타낸다.

이 두 가지 파라미터를 사용하여 여러 환경의 전파특성을 분석할 수 있으므로, 그림1과 같은 순서로 가상 스펙트럼 분석기에 평균과도지연(mean excess delay)과 RMS 지연확산(RMS delay spread) 값을 계산할 수 있도록 프로그램 하였다. 그러므로 측정환경에서 측정환경에 대한 전파특성의 추세를 확인할 수 있으며, 정확한 데이터 값을 취득 할 수 있다.

그림2는 스펙트럼 분석기를 제어하고 측정 데이터를 그래픽 적으로 확인할 수 있도록 PC 화면에 프로그램된 가상 스펙트럼 분석기 이다. 가상 스펙트럼 분석기에 파라미터를 입력하면, 실제 스펙트럼 분석기는 측정된 지연 프로파일을 취득하게 되고 이 데이터는 다

시 GPIB를 통해 가상 스펙트럼 분석기로 보내진다. 실제 스펙트럼 분석기를 통해 들어온 데이터 값들의 평균을 구하고, 이를 이용하여 평균과도지연(mean excess delay)과 RMS 지연확산(RMS delay spread) 값을 식(1), (2)를 사용하여 계산할 수 있도록 프로그램 한다. 그 후 평균된 전력 프로파일을 그래프로 출력하고, 평균과도지연 과 RMS 지연확산 값의 데이터를 저장한다.

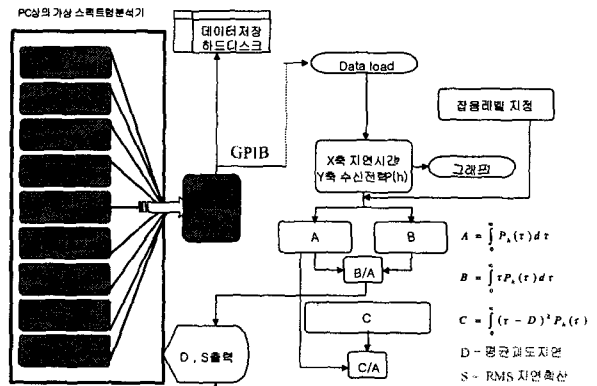


그림1 지연확산 계산을 위한 순서도

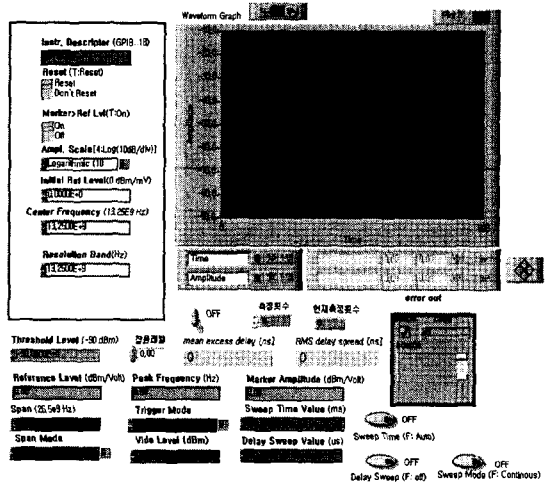


그림2 PC상의 가상 스펙트럼 분석기

2. 전파 경로 손실 프로그램

터널은 벽, 천장, 바닥 등 전파 경로에 많은 영향을 끼치는 요인들이 존재하고 있으므로 반사, 투과 및 회절을 겪으며 전파하게 되어 일반적인 자유공간에서의

전파특성과는 매우 다른 특성을 보인다. 그러므로 이론적인 자유공간과 터널 환경의 수신 전력을 실제 터널에서 측정된 수신레벨을 비교할 수 있도록 프로그램 함으로서 터널 환경의 전파 특성 분석에 필요한 데이터를 제공한다.

가. 자유공간에서의 전파 경로 손실

자유공간 손실이란 자유공간에서 전파의 에너지를 흡수 또는 산란하기도 하는 이상적인 공간에서의 전파 방사 손실을 말한다. 자유공간에서의 전파 경로 손실은 송신 전력, 안테나 이득, 주파수 및 송·수신기 사이의 거리의 함수이다. 따라서 수신 전력 P_R 을 나타내면 다음과 같다.

$$P_R = P_T + G_T + G_R + L_F \quad (3)$$

P_T, P_R = 송·수신 전력

G_T, G_R = 송·수신 안테나 이득

이고 자유공간 손실 L_F 는 다음과 같다.

$$L_s(\text{dB}) = 10 \log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 \quad (4)$$

나. 터널 환경에서의 전파 경로 손실

터널 내에서 송신안테나와 수신안테나 사시의 거리 R_0 만큼 떨어진 지점의 수신 전력 P_R 은 직접파와 i 번 반사하는 반사파의 합으로 나타 낼 수 있으며 반사파는 수직·수평의 두 반사파의 합의 형태이다.[2],[3],[4]

• 터널 환경에서의 수신 전력

$$P_R = P_T \left(\frac{\lambda_0}{4\pi} \right)^2 \cdot (W) \cdot \quad (5)$$

$$\left(\left| \frac{G_d e^{-\alpha R_0}}{R_0} + \sum_{i=1}^n \frac{G_{vi} (\Gamma_{vi})^i e^{-\alpha R_{vi}}}{R_{vi}} + \sum_{i=1}^n \frac{G_{hi} (\Gamma_{hi})^i e^{-\alpha R_{hi}}}{R_{hi}} \right| \right)$$

• 수직 반사계수 Γ_{vi}

$$\Gamma_{vi} = \frac{\epsilon_r^* \sin(\theta_{vi}) - \sqrt{\epsilon_r^* - \cos^2(\theta_{vi})}}{\epsilon_r^* \sin(\theta_{vi}) + \sqrt{\epsilon_r^* - \cos^2(\theta_{vi})}} \quad (6)$$

• 수평 반사계수 Γ_{hi}

$$\Gamma_{hi} = \frac{\sin(\theta_{hi}) - \sqrt{\epsilon_r^* - \cos^2(\theta_{hi})}}{\sin(\theta_{hi}) + \sqrt{\epsilon_r^* - \cos^2(\theta_{hi})}} \quad (7)$$

표1 식(5-7)의 파라미터 및 속성

| 파라미터 | 파라미터 속성 |
|----------------------------|--|
| P_T | 송신 전력 [W] |
| H, W | 터널의 높이, 폭 [m] |
| λ_0 | 자유공간에서의 파장 [m] |
| R_0 | 송·수신 안테나 사이의 거리 [m] |
| G_t, G_r | 송·수신 안테나 이득 |
| k | 전파 상수 |
| Γ_{vi}, Γ_{hi} | 수직 수평 반사계수 |
| ϵ_r^* | 매질의 유전율 콘크리트 : $(7 - j0.8)$ |
| G_d | $\sqrt{G_t \cdot G_r}$: 송·수신 안테나 기하 평균 |
| R_{vi} | $\sqrt{(R_0)^2 + (i \times H)^2}$: 송·수신 안테나 사이의 수직 편파 된 i 번째 파의 거리 |
| R_{hi} | $\sqrt{(R_0)^2 + (i \times W)^2}$: 송·수신 안테나 사이의 수평 편파 된 i 번째 파의 거리 |
| G_{vi} | $\sqrt{G_t \cos^n(\theta_{vi}) \cdot G_r \cos^n(\theta_{vi})}$: 수직 편파 된 송·수신 안테나의 i 번째 이득 |
| G_{hi} | $\sqrt{G_t \cos^n(\theta_{hi}) \cdot G_r \cos^n(\theta_{hi})}$: 수평 편파 된 송·수신 안테나의 i 번째 이득 |
| θ_{vi} | $\tan^{-1} \frac{H(i+1)}{2R_0}$: i번 수직 편파 된 파의 반사각도 |
| θ_{hi} | $\tan^{-1} \frac{W(i+1)}{2R_0}$: i번 수평 편파 된 파의 반사각도 |

그림3은 터널 환경의 수신 전력을 이론적인 값으로 예측 할 수 있는 프로그램의 순서도 이다. 가상 스펙트럼 분석기의 코딩 블록에 수신 전력의 이론적인 값의 계산에 필요한 초기 파라미터를 입력하고 표1·과 식(6), (7)을 이용하여 식(5)에 필요한 각 파라미터의 속성을 프로그램 한다. 최종적으로 계산된 파라미터들의 함수를 사용하여 터널 환경의 거리에 따른 수신 전력 예측 값을 구하고 계산된 값의 출력 을 위해 그림4와 같이 프로그램 하였다.

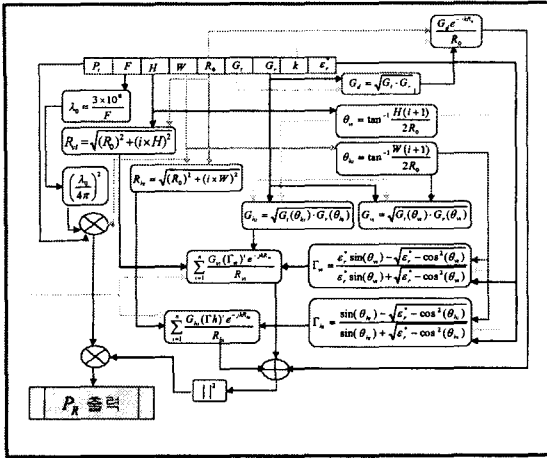


그림3 터널환경의 수신전력 예측 프로그램 순서도

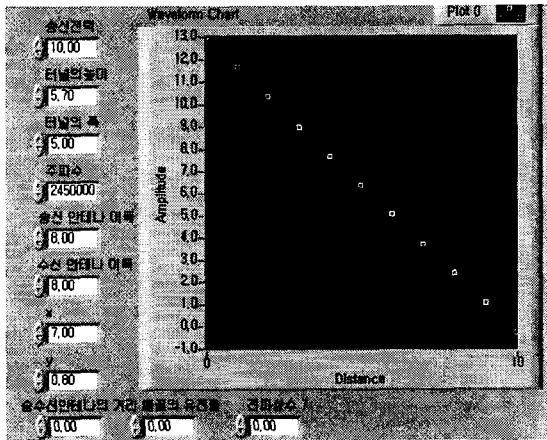


그림4 터널환경의 수신전력 예측 프런트 패널

3. 데이터 출력 프로그램

그림5는 최종적으로 터널 환경의 전파 특성 분석에 필요한 여러 그래프를 출력 할수 있는 프로그램의 블록도이다. 실제 측정되어 PC에 저장된 데이터를 데이터 분석 프로그램으로 로드하여, 실제 측정된 수신 전력, 이론적인 터널환경과 자유공간의 거리에 따른 수신 전력을 출력하고 측정지점의 평균과도 지연과 RMS 지연확산 값을 그래프로 나타낸다. 또한 평균과도지연과 RMS 지연확산 값의 누적 확률 분포의 그래프를 출력한다.

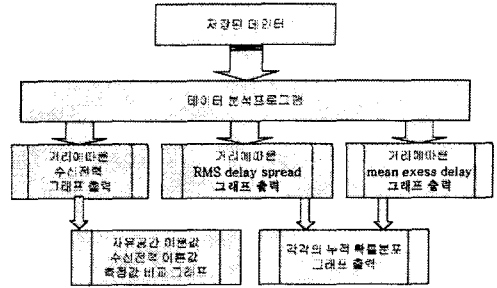


그림5 데이터 출력 블록도

III. 결론

다양한 환경에서의 전파 특성 분석은 현대 사회에서 무선통신 서비스를 위해서 많이 요구 되어진다. 전파 특성 분석에 주로 사용되는 평균과도지연 (mean excess delay)과 RMS 지연확산(RMS delay spread) 그리고 전파 경로 손실을 현장에서 측정과 동시에 측정 데이터와 비교 분석 할 수 있는 프로그램을 개발함으로써 데이터들을 좀더 정확하게 수집할 수 있으므로 무선 통신 서비스에 필요한 데이터들 제공 할 수 있다.

<본 논문은 KT 서비스 개발 연구소의 지원으로 수행한 연구 결과입니다.>

참고문헌

- [1] J. D. Parsons, The Mobile Radio Propagation Channel. London, U.K. : Pentech, 1992.
- [2] S.i Shinozaki, M. Wada, A. Teranishi, H.Furukawa and Y. Akaiw, " Radio Propagation Characteristics in Subway platform and Tunnel in 2.5GHz Band", Sixth IEEE International symposium on, Vol.2, 27-29 Sep 1995.
- [3] 김영문, 정민석, 진용욱, 이범선, " 곡선 터널 내에서 전파특성 분석" 한국전자파학회논문지 제13권, 제10호, pp.1017-1024, 12, 2002.
- [4] 김영문, 정민석, 진용욱, 이범선, "도로 터널 내에서 전파 특성 분석" 한국통신학회 추계종합학술발표회 논문 초록집, Vol. 26, pp. 152, 2002.