

# 한국형 합동전술데이터링크 구축을 위한 관한 전파환경 채널 모델링

이성구\*

\*삼성탈레스

e-mail: sunggu82.lee@samsung.co.kr

## A Study on the propagation channel modeling for Korean joint tactical Data Link

Sung-Gu Lee\*

\*Samsung Thales

### 요 약

It has to secure the reliability for the propagation performance in the physical layer of the products for comprising system in order to satisfy the service quality. The radiowave environment under the actual service circumstance is measured. By using the channel model which models and which it obtains, the performance about the access device tries to be tested under the laboratory environment and there is the object of channel modeling.

### 1. 서론

무선통신시스템은 송수신기들과 무선전파채널을 포함한다. 신호레벨의 감쇄와 페이딩을 포함하는 다중경로전파전파는 전파채널에서의 단지 한가지 특성일 뿐이다. 기타 다른 특성들로는 송신기 및 수신기안테나, 간섭, 잡음 및 재밍 등에 의한 영향들이 있다. 무선통신시스템에 대한 실험실 환경 하에서의 테스트는 매우 중요하다. 원하는 신호에 간섭 및 잡음, 재밍 등과 같은 방해신호들을 추가하는 것은 지연경로와 진폭, 위상 등의 빠른 변화 때문에 매우 복잡하다. 또한 실질적인 무선환경 하에서, 경로의 수는 단말기 또는 스캐터 들이 움직일 때 항상 변화한다.

RF신호들은 송신안테나로부터 서로 다른 많은 방향으로 전송된다. 많은 다른 신호성분들은 지면이나 빌딩 등에 의하여 반사되어 수신안테나에 도달하게 된다. 각기 다른 도달경로에 의한 다른 지연시간이나 위상 차로 인하여, 수신기에서의 신호레벨은 주파수와 무선 단말기의 위치에 따라 달라진다. 이와 같은 상황은 이동체 또는 반사표면, 또는 두 가지 모두가 빠르게 움직일 때 변화한다. 다중경로전파전파로 인한 신호레벨의 변화를 다중경로 페이딩이라 한다.

본 논문에서는, 무선채널은 시간에 대하여 변화하는 임펄스응답  $h(t)$ 에 의하여 모델링 된다. 만일, 수신기가 이동하게 되면, 임펄스응답은 수신기의 위치에 따라 달라진다.

수식 1은 임펄스응답( $h, \tau$ )를 나타낸다.

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

$\beta_i(t)$ 와  $\phi_i(t)$ 는 시간  $t$ 에서 시간지연  $\tau_i$ 을 갖는 진폭과 위상일 때, 수식 1은 실내 및 실외의 무선 전파환경에서 정적인 채널모델링을 하는데 널리 사용된다.

수신신호  $y(t)$ 는 전송신호  $x(t)$ 와 시스템의 임펄스응답  $h(t)$ 를 사용하여 산출된다.

수식 2는 수신신호  $y(t)$ 가  $x(t)$ 와  $h(t)$ 의 콘볼루션임을 보여준다.

$$y(t) = x(t) * h(t, \tau)$$

### 2. 전파 특성 실험 및 결과분석

컨스턴트 분포는 페이딩과 도플러가 없다. 복소수 경로의 계수가 일정하다. I와 Q성분들은 아래의 오일러(Euler)의 공식에서와 같이 진폭과 위상에 비례한다.

$$c = I + jQ = A[\cos\theta + jsin\theta] \quad (\text{수식 3})$$

A는 진폭이고,  $\theta$ 는 위상편이 이다.

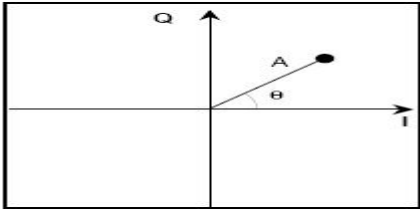


그림 1. 일정한 위상과 진폭을 갖는 컨스턴트 모델

하나의 탭을 갖는 컨스턴트 모델은 테스트 시스템을 캘리브레이션 및 페이딩 없이 테스트 하는데 사용된다.

컨스턴트 모델의 파라미터 들은 다음과 같다.

- 지연시간 [ns]
- 신호세기 [dB]
- 위상편이 [deg]

순수 도플러 분포는 페이딩은 없지만, 도플러 주파수편이를 포함한다. 도플러는 계수들의 위상을 회전시킴으로써 구현된다. 위상회전은 이동체의 속도와 반송주파수 그리고 수평면에서의 이동방향과 입사각에 의해서 결정된다. 순수 도플러 모델은 페이딩이 없는 시계 일직선(LOS, Line of Sight) 전파환경을 시뮬레이션 하는데 사용된다.

$$f_d = \frac{v}{c} f_c \cos \alpha \quad (\text{수식 4})$$

- v : 이동속도
- c : 광속도
- f<sub>c</sub> : 반송주파수
- α : 이동체와 전파간의 입사각

클래식 모델은 모든 다중경로 성분들이 동일한 지연시간을 가지고, 시계일직선 상의 신호가 없는 환경을 시뮬레이션 한다.

실수 및 허수부 모두에서 가우시안 분포로 복소 백색잡음이, 요구되는 도플러 스펙트럼을 얻기 위하여 디지털 스펙트럼 성형필터에 의해 필터링 된다. 이와 같은 시도는 매 반파장마다 평균적으로 깊은 페이드 특성을 갖는 레일리 진폭분포를 나타낸다.

진폭 r에 대한 레일리 확률밀도 함수는 다음과 같다.

$$P_{Ra}(r) = \frac{r}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{r^2}{\sigma^2}\right) \quad (\text{수식 5})$$

5)

r은 진폭이고  $\sigma^2$ 는 컴포넌트 자체의 실수 및 허수부에 대한 편차이다.

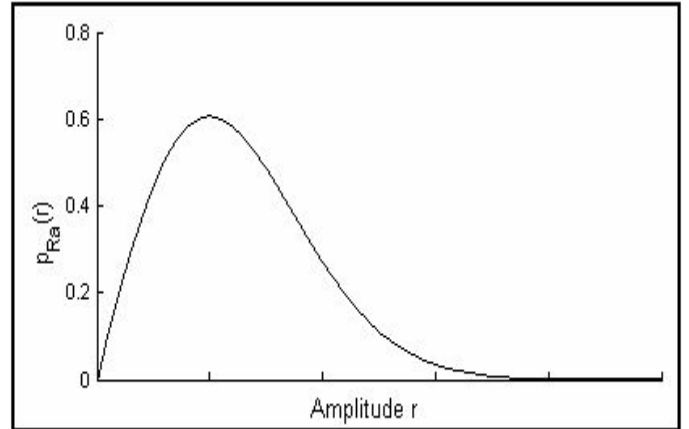


그림 1 레일리분포 확률밀도함수

클래식모델은 모든 입사각에 대하여 동일한 발생을 가정으로, 다음과 같은 도플러 파워스펙트럼공식과 그래프를 생성 할 수 있다.

$$S(f) = \frac{1}{\pi f_d \sqrt{1 - \left(\frac{f}{f_d}\right)^2}} \quad (\text{수식 6})$$

식 6)

f<sub>d</sub> 는 최대 도플러 주파수편이이고,

$$f_d = f_c \left(\frac{v}{c}\right)$$

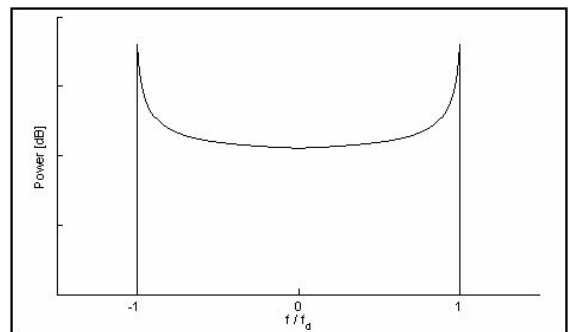


그림 2 클래식 도플러 스펙트럼

클래식모델의 파라미터는 다음과 같다.

- 지연시간[ns]
- 신호세기[dB]
- 이동체 속도[m/s]
- 반송주파수[MHz]
- 위상편이[deg]

플랫모델은 도플러 파워스펙트럼의 모양을 제외하고 클래식모델과 동일하며, 진폭분포는 레일리분포를 가진다. 클래식모델의 경우, 모든 수평각도로부터 수신되는 전파가 일정한 확률로 도달한다고 가정한다. 대조적으로 실내에서의 전파전파와 관련하여 더욱 높은 확률의 가정은 전파가 모든 수평 및 수직방향으로부터 일정한 확률로 도달한다고 가정하는 것이다. 플랫모델은  $-fd$ 에서  $fd$ 까지 플랫한 진폭응답을 가지며, 그 밖의 대역에서는 “0”의 응답특성을 갖는 직사각형의 스펙트럼 형상을 나타낸다. 최대 도플러 편이는  $fd$ 로 표시한다.

플랫모델의 파라미터는

- 지연시간[ns]
- 신호세기[dB]
- 이동체 속도[m/s]
- 반송주파수[MHz]
- 위상편이[deg]

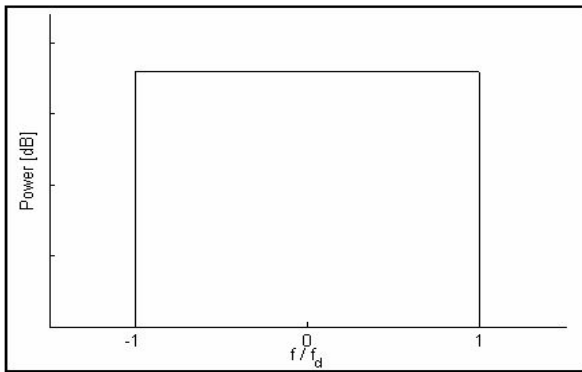


그림 3 플랫 도플러 스펙트럼

라이스모델은 클래식모델과 순수도플러 모델의 합성이다. 즉, 스캐터들에 의해 반사되어 들어오는 전파에 강한 신호세기를 갖는 성분이 합하여진 것이다. LOS와 NLOS의 전력비를 라이시안  $K$ 라고 하며, 다음과 같이 정의한다.

$$K = \frac{\gamma_s^2/2}{\delta^2} = \frac{\gamma_s^2}{2\delta^2}$$

$\gamma_s$ 는 LOS성분의 크기이고,  $\delta^2$ 은 컴포넌트 자체의 실수 및 허수부에 대한 편차이다.

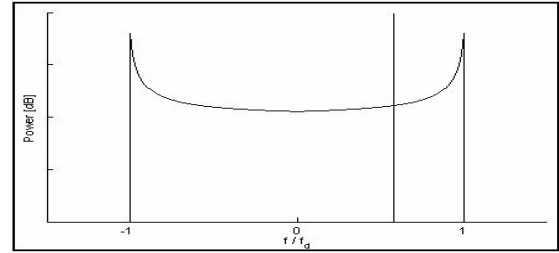


그림 4 라이스 모델의 전력 스펙트럼

지배적인 신호성분이 약해지면, 라이시안 분포는 레일리분포와 유사한 진폭분포를 갖는다.

라이스모델에서의 진폭에 대한 확률밀도함수는 다음과 같이 나타낸다

$$P_{Ri}(\gamma) = \frac{\gamma}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{\gamma^2 + \gamma_s^2}{2\sigma^2}\right) I_0\left(\frac{\gamma\gamma_s}{\sigma^2}\right)$$

(수식 8)

$\gamma_s$ 는 LOS 성분의 크기이고,  $\gamma$ 는 다중경로신호의 실수 및 허수부에 대한 편차이며,  $I_0$ 는 최초 및 0번째의 변형된 베셀함수이다.

$$P_{Ri}(\gamma) = \frac{2\gamma K}{\gamma_s^2} \exp\left(-\frac{K(\gamma^2 + \gamma_s^2)}{\gamma_s^2}\right) I_0\left(\frac{2\gamma K}{\gamma_s}\right)$$

(수식 9)

라이스모델의 파라미터는

- 지연시간[ns]
- 신호세기[dB]
- 이동체와 수신신호간의 각도[deg]
- 라이시안  $K$ (직접파/다중경로 의 전력비)
- 이동체 속도[m/s]
- 반송주파수[MHz]
- 위상편이[deg]

라이시안 파라미터  $K$ 는 다음과 같이 산출된다.

$$K_{lin} = 10^{K_{dB}/10}$$

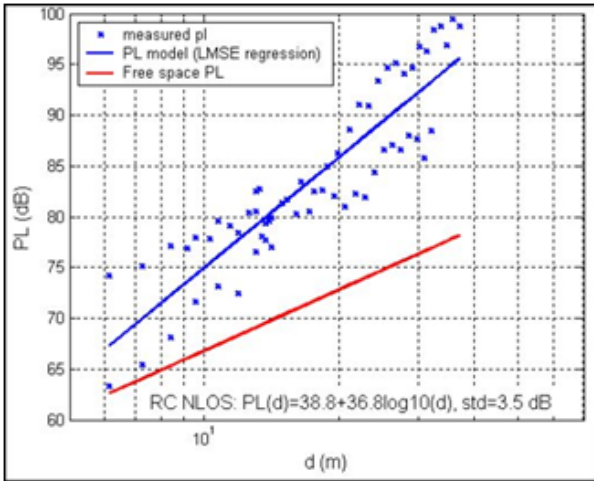


그림 5 경로손실

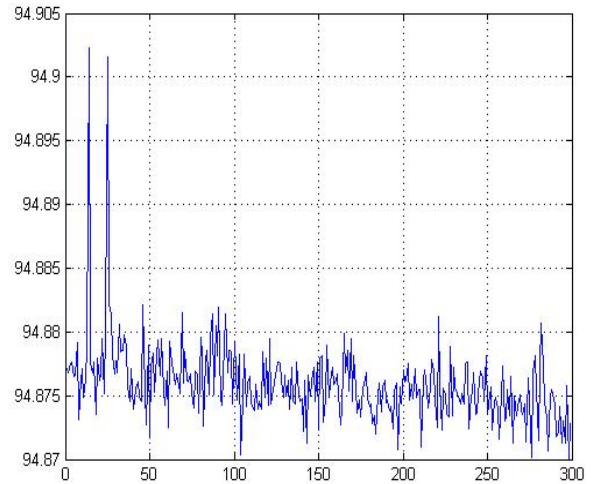


그림 8 Matlab으로 분석된 채널 임펄스 응답

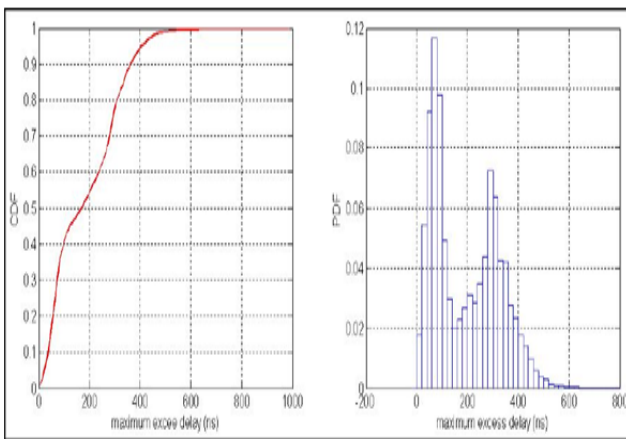


그림 6 최대 지연

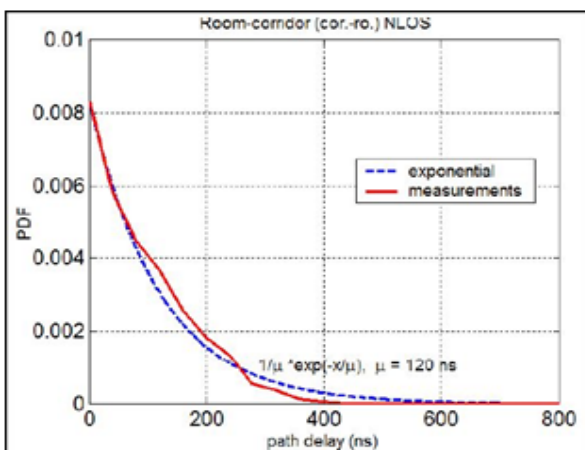


그림 7 지연분포

### 3. 결론

실내 환경에서의 다양한 전파 환경에 따라 전파의 반사, 굴절 및 회절에 의해 다중경로가 발생하고 페이딩을 일으킨다. 다중경로에 의해 송신된 전파는 전력손실과 지연시간으로 인해 신호가 왜곡된다. 그러므로 시스템 설계자는 주변 환경에 의한 왜곡을 고려하여 송·수신기를 설계하고, 위치를 설정해 효율적으로 통신을 할 수 있으므로 통신 채널 환경에 대한 정확한 이해가 필요하다. 본 프로젝트에서는 실제 환경에서 전파 특성을 측정하고 모델링 하였다. 다중 경로에 의한 시간 지연과 전력 손실을 측정된 후 이를 바탕으로 채널 파라미터를 도출하고 도출된 파라미터를 바탕으로 채널모델링을 구현하였다.

### 참고문헌

[1] Nicolai Czink. The Random-Cluster Model - A Stochastic MIMO Channel for Broadband Wireless Communication Systems of the 3rdGeneration and Beyond. December2007

[2] EB PropSim C8. Wideband Multichannel Simulator

[3] EB PropSound CS. Measurement Campaign

[4] Nicolai Czink, Bernd Bandemer, Gonzalo Vazquez-Vilar, Louay Jalloul, Arogyaswami Paulraj, 'Stanford July 2008 Radio Channel Measurement Campaign', 2008K-400 사양 (러시아 표준 규격)