

# 엔틀러 터미널 환경에서 실험적인 패스 로스 모델에 관한 연구

## The Study on Empirical Propagation Path Loss Model in the Antler Terminal Environment

김경태\*, 김진욱\*, 조윤현\*, 김상욱\*, 윤인섭\*, 박효달\*<sup>0</sup>

Kyung-Tae Kim\*, Jin-Wook Kim\*, Yun-Hyun Jo\*, Sang-Uk Kim\*, In-Seop Yoon\*  
and Hyo-Dal Park\*<sup>0</sup>

### 요 약

본 논문에서는 엔틀러 구조를 가진 인천공항 터미널 지역에서 항공정보통신 무선 채널의 패스 로스 모델에 관해 연구하였다. 항공정보통신 주파수 밴드인 VHF/UHF 채널 중에 두 개의 주파수에 대해 전파 측정을 수행하였다. 현재 운영 중인 송신 사이트에서 변조 신호를 제거한 캐리워 파워를 송신하였으며, 전파 측정을 위해 수신기를 장착한 이동 차량을 이용하여 여객터미널 지역에서 전파 측정을 수행하였다. 송신 파워, 주파수, 안테나 위치 등은 현재 운용 조건과 같다. 패스 로스 계수 및 실험적인 패스 로스식은 기본적인 패스 로스 모델 및 하타 모델등을 이용하여 추출하였다. 엔틀러 구조를 가진 터미널 지역에서 추출된 NLOS 패스 로스 계수는 128.2MHz 및 269.1MHz에서 각각 3.32 및 3.10이었고 예측 에러의 편차는 각각 9.69 및 9.65 이었다. 추출된 패스 로스 계수를 이용하여 여객터미널 지역에서 전파 패스 로스 식을 실험적인 패스 로스 계수를 도출하였으며 또한 다른 전파 패스 모델과 비교하였다. 이러한 결과는 항공정보통신 사이트 최적 위치 선정 및 항공정보통신 서비스 평가에 도움이 될 것이다.

### Abstract

In this paper, The path loss model of Air Traffic Control(ATC) telecommunication radio channel has been studied at the Incheon International Airport(IIA) with the terminal with two antlers. We measured two frequencies among VHF/UHF channel bands. The transmitting site radiated the Continuous Wave(CW). The propagation measurement was taken using the moving vehicle equipped with receiver and antenna. The transmitting power, frequency and antenna height are the same as the current operating condition. The path loss exponent and intercept parameters were extracted by the basic path loss model and hata model. The path loss exponents at passager terminal areas were 3.32 and 3.10 respectively in 128.2 MHz and 269.1 MHz. The deviation of prediction error is 9.69 and 9.65. The new path loss equation at the terminal area was also developed using the derived path loss parameters. The new path loss was compared with other models. This result will be helpful for the ATC site selection and service quality evaluation.

Key words : Path Loss, Empirical model, Telecommunication, VHF/UHF, Antler, Terminal

### I. 서 론

국내 관련법규 항공법 시행규칙 제10조(항행안전

\* 인하대학교 전자공학과(Electronic Eng. Inha University)

· 제1저자 (First Author) : 김경태(Kyung-Tae Kim)

0 교신저자 (Corresponding Author) : 박효달(Hyo-Dal Park, tel : +82-32-860-7418, email : hdpark@inha.ac.kr)

· 접수일자 : 2013년 8월 30일 · 심사(수정)일자 : 2013년 8월 30일 (수정일자 : 2013년 10월 22일) · 게재일자 : 2013년 10월 30일

<http://dx.doi.org/10.12673/jkoni.2013.17.5.516>

시설) 3항 항공정보통신시설은 “전기통신을 이용하여 항공교통업무에 필요한 정보를 제공 교환하기 시설이다”라고 규정되어 있다. 항공이동통신시설은 단거리이동통신시설(VHF/UHF Radio), 초단파디지털이동통신시설(VDL), 관제사 조종사간 데이터 링크 통신 시설(CPDLC) 및 범용 접속 데이터 통신시설(UAT) 등이 있으며 그 외에도 단파 이동통신시설(HF Radio), 단파데이터이동통신시설(HFDL), 모드 S 데이터통신시설, 항공이동위성통신시설(AMS(R)) 등이 있다[1,2].

차세대 항공이동통신망은 현재 VHF 주파수를 이용하여 항공기와 지상간, 지상간에 음성 통신으로 운용되고 있는 항공관제업무를 무선 데이터 통신으로 전환 운용하기 위해 국제민간항공기구(ICAO)에서도 도입한 개념이다[2,3,10,17]. 현재는 무선 통신(VHF/UHF)을 이용한 항공기 조종사와 관제사간에 음성 통신을 하고 있지만 미래에는 VHF 주파수를 이용한 항공기 조종사와 관제사간 무선 데이터 통신도 이용할 것이다. ICAO에서는 기존의 음성 통신 운용으로 인한 항공교통량 증가에 따른 항공 주파수 부족, 항공교통관제사 업무 부하 상승, 정보 전달의 부정확, 혼신 잡음 문제 해결을 위해 VHF Data Link Mode-2(VDL M2)를 차세대 항공이동통신망 통신 방식으로 결정했다. ICAO 미래 항공교통전환 계획(ASBU)에 2017년까지 차세대 항공 이동통신망으로의 전환 운용을 각 가입국에 권고 한 상태이다[10]. ICAO 미래 항공교통전환계획(ASBU)는 항공안전과 효율성 증대를 위해 기존의 차세대 항행안전시설 계획을 체계화한 ICAO 실행계획이다. 아시아 태평양 지역 ICAO 추진계획은 Block 0을 2013, Block 1을 2018, Block 2을 2023, ASBU의 마지막 단계인 Block 3을 2028년까지 계획하고 있다. 1978년 항공사 업무(AOC)용 ACARS 서비스를 개시한 이래로 항공기 조종사와 관제사간의 VHF를 이용한 항공 음성통신을 무선 데이터 통신으로 대체한 것으로 사료된다. VHF 데이터 링크 통신 방식은 현재의 주파수 밴드(118~137MHz)와 주파수 채널 간격(25KHz)은 같고 현재 AM 방식에서 디지털 방식(D8PSK) 방식으로 변환된다. 현재 VHF 데이터 링크 운용은 항공기와 관제사간의 출발허가승인(PDC), 데이터 공항 정보방송

시스템(D-ATIS) 및 항공사 운용업무에 SITA와 ARINC 통신망을 이용하여 VDL-Mode1(ACARS) 운용 중에 있다. SITA망을 이용한 VDL-M1 통신방식은 김포, 인천, 김해, 제주, 광주, 대구 및 울산 공항등이 있다. ARINC망을 이용한 VDL-M1은 김포, 인천, 김해, 제주, 광주, 대구, 울산 및 여수 공항들이 있으며 131 MHz 대역의 주파수를 이용하고 있다. ARINC망을 이용한 VDL-M2망은 '10년에 인천, '11년에 김포 공항에 구축되었다.

항공통신 초단파 대역은 차세대 항공이동통신망으로 전환해도 계속 서비스 될 것이다. 비록 변조를 디지털 방식으로 해도 캐리어 주파수는 초단파 대역으로 사용한다. 항공통신 주파수 밴드는 진화하고 있지만 공항 지상에서 전파 채널에 관한 연구는 활발히 연구되지 못했다. 전파 모델들은 송신기로부터 수신점까지의 패스 손실을 예측하는데 사용된다. 패스 손실은 송신기와 수신기 사이의 신호 감쇄이며 이런 모델들은 또한 송수신 사이의 신호 강도를 예측하는데도 사용된다. 패스 로스는 시스템의 성능을 증가시키는 중요한 요소로 도움이 되며 전파의 품질을 최상으로 하게 한다.

전파 모델들은 실험적인 모델, 통계적 모델 및 결정적 모델로 분류 될 수 있다[8]. 결정적 모델은 맥스웰 방정식의 반사 및 굴절 법칙 등을 이용한 수학적으로 해석한 모델이다. 실험적 모델은 측정 데이터 얻어진 데이터를 이용하여 현존하는 법칙을 적용해 패스 손실을 얻어내는 모델이다. 마지막으로 실험적 데이터와 결정적 모델에 기초한 통계적 모델이다. 본 논문에서는 실험적인 모델만이 고려된다. 실험적인 모델은 패로 손실 방정식을 모델하기 위해 측정 데이터를 사용한다. 이런 모델을 생성하기 위해서는 패스 손실을 알고자 하는 지역에 대해 광범위하게 수신 신호 강도를 측정해서 데이터 및 통계화 해야 한다. 이외에도 패스 로스 계산을 위해서 안테나 높이, 케이블 및 커넥터 손실등을 파악해야 한다.

2장에서는 패스 로스에 대한 이론에 대해 설명하고, 3장에서는 여객터미널 지역에 측정된 데이터를 가지고 패스 로스 계수를 추출하고 추출된 계수를 가지고 다른 전파 모델과 비교를 했으며 또한 패스 로스 식을 도출하고 결론을 맺는다.

## II. 실험적인 패스 로스 모델

### 2-1 자유공간 패스 로스 모델

자유공간에서 패스 로스는 송신기와 수신기 사이에 전파 구간에서의 신호의 강도가 얼마나 많이 손실되는가를 정의한다. 자유공간에서의 패스 로스는 주파수와 거리에 따라 다양한 값을 가진다. 자유 공간 방정식은 다음과 같다[8].

$$PL(dB) = 32.4 + 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) \quad (1)$$

여기에서,  $f$ 는 주파수,  $d$ 는 송신기와 수신기 사이의 거리이다.

### 2-2 패스 로스

전파 로스는 송수신 파워 사이의 비율로 정의된다. 링크 버짓 방정식은 식 2와 같은 로그 형태를 갖는다[8,9].

$$P_r = P_t + G_t + G_r + 20\log\left(\frac{\lambda}{4\pi}\right) - PL \quad (2)$$

식 2에서  $P_t$ 와  $P_r$ 는 dBm을,  $G_t$ 와  $G_r$ 는 dB를 단위로 사용한다. 패스 로스는 새도우잉 및 침투 효과 때문에 거리 분산 및 손실을 포함한다. 일반적인 패스 로스는 어떤 특정 지역에서 패스 로스를 추정하기 위해 사용된다. 식 2에서 패스 로스는 다음과 같다 [9].

$$PL(dB) = PL(d_o) + 10n\log_{10}\left(\frac{d}{d_o}\right) \quad (3)$$

식 3의 패스 로스 지수는 특정 전파 환경에 한정된다.  $n$ 이 2 이라는 것은 자유 공간을 의미하며 장애물이 존재할 때  $n$ 의 값은 커진다.

$$n = \frac{\sum_i^N PL_i * 10\log_{10}(d_i)}{\sum_{i=1}^N (10\log_{10}(d_i))^2} \quad (4)$$

실제적인 적용을 위해서는 식 4의 방정식을 이용하여 특정 지역을 측정하여 전파 패스 계수를 추출할 수 있다. 4식에서  $PL_i$ 는 패스 로스이며  $d_i$ 는 송신국과 수신국사이의 거리이다

### 2-3 비가시거리에서 패스 로스 모델

송수신기 사이에는 스캐터링 물체가 존재하기 때문에 송신된 신호는 수신기에 직접적으로 도달하지 못한다. 스캐터링 물체들은 수신 안테나에 도달하는 평균 신호 강도에 크게 영향을 줄 수 있다. 가시거리 환경과는 다르게 비가시거리 환경에서 패스 로스 모델링은 더 복잡하며 모델에서 더 많은 환경적인 파라미터들을 포함한다. 이런 환경에서 패스 로스 모델은 아래와 같은 형태로 될 수 있다[10,11].

$$PL(d) = PL(d_o) + 10n\log_{10}\left(\frac{d}{d_o}\right) + X_\sigma \quad (5)$$

식 5에서  $PL(d_o)$ 는 송신기로부터 기준 거리 패스 로스이며,  $X_\sigma$ 는 로그 노멀 새도우잉 효과를 설명하며  $n$ 은 패스 로스 지수이다. 가시거리 및 비가시거리 환경에서 100 MHz에서 2 GHz의 주파수 범위를 포함하는 많은 실험들이 이루어졌다. 식 5에 의하면, 패스 로스는 패스 로스 지수  $n$  및 인터셉트를 가진 로스 거리의 선형 함수가 된다. 이 패스 로스 지수 및 인터셉트는 환경에 따라 다른 값을 갖는다.

### 2-4 오클로마 모델

오클로마 모델은 도시 지역에서 무선 신호 강도를 측정하기 위한 실험적인 모델이다. 모델은 도쿄 시내에서 측정된 데이터를 기반으로 한 것이다. 이 모델은 150 MHz에서 1950 MHz의 범위의 주파수 및 거리 1 km에서 100 km 범위에서 적합한 모델이다. 이 모델은 안테나 높이가 30 m에서 1 km의 범위를 갖는다

송신국에 사용된다. 오쿠로마 모델을 사용해 패스 로스를 결정하기 위해서는 송수신 점 사이에 자유공간 패스 로스가 결정되어야 하며  $A_{mn}(f,d)$  및 지형 타입에 따른 수정 팩터들이 더해져야 한다. 이 모델의 표현식은 식 6과 같다[8].

$$PL(dB) = L_F + A_{mn}(f,d) - G(h_{te}) - G(h_{re}) - G_{area} \quad (6)$$

여기에서 PL는 패스로스,  $L_F$ 는 자유공간 패스로스,  $A_{mn}(f,d)$ 는 자유 공간에 관련된 중간 감쇄,  $G(h_{te})$ 는 송신국 안테나의 이득 팩터,  $G(h_{re})$ 는 이동 측정용 안테나 이득 팩터,  $G_{area}$ 는 환경 타입 따른 이득이며 d는 송수신 안테나 사이의 거리이다. 오쿠로마 모델은 초기 셀룰러 시스템의 패스 로스를 예측하는데 가장 간단하며 정확성 차원에서 최상이었다. 이 모델의 최대 단점은 지형 프로파일에서 급속한 변화에 대한 반응이 느리다는 것이다. 그래서 이 모델은 도시 및 교외 환경에는 좋지만 시골환경에는 적합하지 않다.

### 2-5 하타 모델

하타 모델은 오쿠로마 모델에 기초한 실험적인 모델이다. 하타 모델은 몇 가지의 수정 팩터들이 포함되며 주파수 범위는 150 MHz 에서 1500 MHz대역에서 유효하다. 하타는 도시 지역 전파 로스 표준식을 유도했지만 수정 팩터를 부가적으로 이용해서 교외 지역 및 시골지역에서도 적용이 가능하다. 계산 시간도 오쿠로마 모델보다 단축되며 단지 4가지 파라미터만이 요구된다. 도시 지역의 경우 패스 로스 식은 다음과 같이 주어진다[7].

$$PL(dB) = 69.55 + 26.16\log(f_c) - 13.82\log(h_{te}) - a(h_{re}) + (44.9 - 6.55\log_{10}h_{te})\log_{10}d \quad (7)$$

식 7에서  $f_c$ 는 150 MHz에서 1500 MHz 범위의 주파수,  $h_{te}$ 는 유효 송신 안테나 높이(30 m에서 200 m), d는 송수신 사이의 거리(Km),  $a(h_{re})$ 는 유효 안테나 높이에 대한 수정 팩터이다. 중소 도시의 경우, 이동

안테나의 수정 팩터는 아래와 주어진다.

$$a(h_{re}) = (1.1\log_{10}f_c - 0.7)h_{re} - (1.56\log_{10}f_c - 0.8) \quad (8)$$

대도시의 경우, 수정 팩터는 다음과 같다.

$$a(h_{re}) = 8.29(\log_{10}1.5h_{re}) - 1.1 \text{ for } f_c < 300MHz \quad (9a)$$

$$a(h_{re}) = 3.2(\log_{10}11.75h_{re})^2 - 4.97 \text{ for } f_c > 300MHz \quad (9b)$$

교외 지역에서 패스 로스를 구하기 위해 하타 표준 형태는 다음과 같이 변형된다.

$$PL(dB) = 69.55 + 26.16\log(f_c) - 13.82\log(h_{te}) - a(h_{re}) + (44.9 - 6.55\log_{10}h_{te})\log_{10}d - 2\left\{\log_{10}\left(\frac{f_c}{28}\right)\right\}^2 - 5.4 \quad (10)$$

하타 모델이 오쿠로마 모델처럼 구체적인 수정 파라미터는 없다고 할지라도 이 모델은 대도시 환경의 대신호 모델에 적합하다.

### 2-6 COST-231 모델

COST-231 모델은 EURO-COST의 개발된 하타 모델의 확장 버전이다. 이 모델은 150 MHz에서 2000 MHz까지의 주파수 범위를 갖는다. 이 모델은 하타 모델과 비교시 인터셉트 값에서 약간의 차이를 가진다. 이 모델의 패스 로스는 아래와 같이 주어진다[9].

$$PL(dB) = 69.55 + 26.16\log(f_c) - 13.82\log(h_{te}) - a(h_{re}) + (44.9 - 6.55\log_{10}h_{te})\log_{10}d + C_M \quad (11)$$

여기에서  $C_M$ 은 대도시 지역의 경우는 3 dB 중소도시 및 교외 지역은 0 dB이다. 11식에 파라미터들은 수신 안테나 높이가 1 m에서 10 m, 거리 1 km-20 km를 제외하고 하타 모델들과 같다.

III. 성능 분석

3-1 측정방법

그림 1은 인천공항 여객터미널 전경이다.



그림 1. 인천공항 전경  
Figure 1. Plan View of Incheon Airport

그림 1 처럼 여객터미널은 두 개의 엔틀러 구조를 가진 형태의 터미널이다. 여객터미널은 동시에 50 대 항공기를 주기 할 수 있다. 이동 측정 차량을 이용하여 1 번 50 번까지의 터미널 주위를 돌면서 2013 년 6 월부터 2013 년 8 월을 측정을 수행 하였다. 송신원은 그림 2 처럼 41.6 m 높이에 설치된 사이트에서 방사된다.



그림 2. 송신소 사이트  
Fig 2. Tx Site



그림 3. 인천공항 여객터미널 측정 경로  
Fig 3. IIA Passenger Terminal measurement path

그리고 수신은 여객터미널 주위를 이동용 측정 차량을 이용해 1 번에서 50 번 게이트를 20~30 Km 속도로 이동하면서 1 초 단위로 측정을 했고, 역으로도 이동하면서 측정하였다. 측정 루트는 이동형 측정 차량에 장착되어진 DGPS에서 얻어진 GPS 좌표를 이용하여 거리를 계산하였다. 그림 3 에 측정 루트를 도시하였다

3-2 발신원 및 이동형 측정 수신기

송신단 구성도 및 이동형 차량에 대한 구성도가 그림 4 과 그림 5 에 나와 있다. 송신단은 현재 운영 중인 Park Air 장비 및 안테나를 이용했으며, 주 예비 전환을 위한 릴레이 RF 스위치, 커플러, 캐비티 필터, 케이블로 구성되었다[4].

공항내 전파 측정을 위해 사용된 이동형 전파 측정 차량은 안테나 시스템(HE500), 전계측정기, DGPS(Vector Pro), 데이터 처리부 모니터 등으로 구성된다.

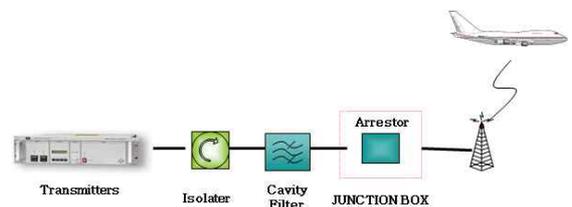


그림 4. 송신소 사이트 시스템 구성도  
Fig 4. Tx Site system configuration

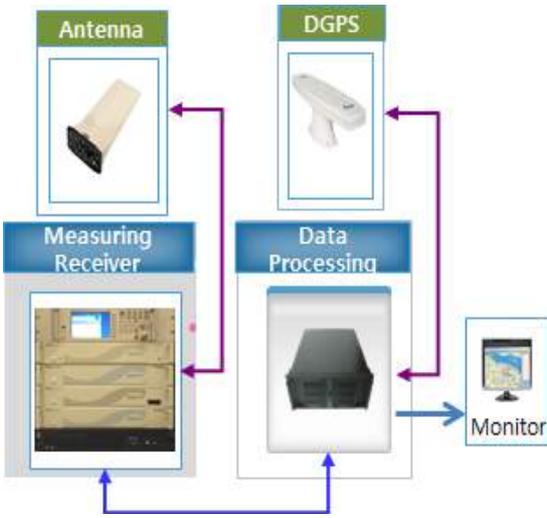


그림 5. 이동형 측정 수신 시스템 구성도  
Fig 5. Moving measurement receiving system configuration

표 1 은 발신원에 대한 관련 데이터 및 이동형 전파 측정 시스템에 대한 설명 파라미터 자료이다.

표 1 : 송수신원 파라미터  
Table 1. : Tx and Rx parameter

Parameter	128.2 MHz	269.1 MHz
Power(dBm)	45.26	44.29
Tx Cab. Loss(dB)	3.14	2.65
Tx Ant. Gain(dB)	2.15	
Rx Ant. Height(m)	3	
Rx Ant. factor	19	15.5
Rx Cab. Loss	2.2	2.9

파워 측정은 장비 직결 상태에서 Agilent 및 Aeroflex, Inc. 파워 측정 장비를 이용하여 측정하였고, 케이블 로스 등은 Anritsu, Inc. 측정 장비를 이용하여 확인했다[13-16].

### 3-3 검증

각 측정 점에서의 예측 에러를 정의하기 위해 예측치와 측정치를 식 12와 같이 비교하였다[8].

$$Error_{i\_pre} = |PLm_i - PL_{i\_pre}| \quad (12)$$

여기에서  $PLm_i$ 는 측정치의 개별적인 패스 로스이며  $PL_{i\_pre}$ 는 예측치의 개별적인 값이다.

평균 예측 에러는 식 13와 같이 얻어 질수 있다.

$$MeanError\_pre = \frac{1}{n} \sum_1^n Error_{i\_pre} \quad (13)$$

예측 에러의 표준 편차는 식 14과 같이 계산되어진다.

$$StdError\_pre = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_1^n Error_{i\_pre}^2} \quad (14)$$

### 3-4 실험 결과

송수신 파라미터를 가지고 엔틀러 터미널 구조를 가진 터미널의 전파 패스 로스를 예측했다. 그림 6-7은 128.2 MHz와 269.1 MHz의 로그 거리에 따른 패스 로스를 도시한 것이다. 송신 사이트에서 2.4 ~ 3.4 Km이며 도시화 한 그림에 자유공간 및 다른 모델과 비교하였다.

그림 6은 128 MHz 주파수를 그림 3 번처럼 이동 하면서 측정한 그림이다. 측정된 패스로스 지수 값은 3.32 로 추출 되었다. 다른 모델과 비교시 하타 모델 과 근접하였다.

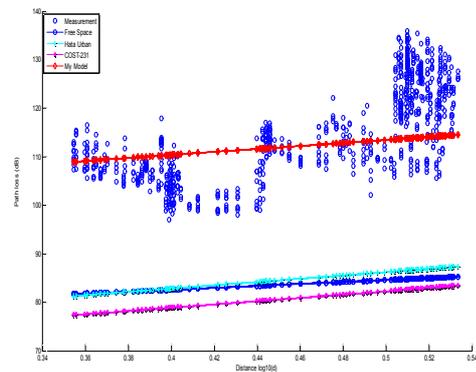


그림 6. 128.2 MHz 패스 로스 대 로그 거리  
Figure 6. 128.2 MHz Path Loss versus Log(Distance)

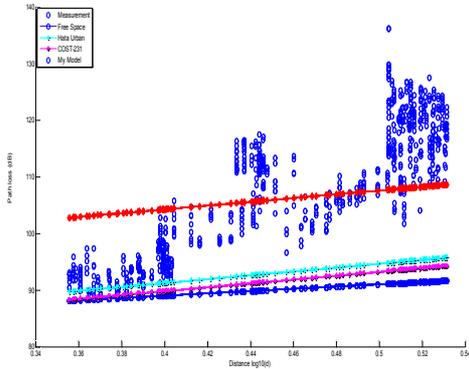


그림 7. 269.1 MHz 패스 로스 대 로그 거리  
Figure 7. 269.1 MHz Path Loss versus Log(Distance)

그림 7은 269.1 MHz 주파수를 1 번에서 50 번까지 이동하면서 측정하였다. 269.1 MHz의 패스로스 지수 추출 값은 3.10 이었다. 다른 모델과 비교시 하타 모델이 근접하였다. 패스 로스 지수에 얻어진 값으로 패스 로스 식을 유도하면 다음과 같다.

$$PL(d) = 98 + 33.2 \log_{10} \left( \frac{d}{d_0} \right) + X_{\sigma} \quad , \text{ for } 128 \text{ MHz} \quad (15)$$

$$PL(d) = 91 + 31.0 \log_{10} \left( \frac{d}{d_0} \right) + X_{\sigma}, \text{ for } 269 \text{ MHz} \quad (16)$$

측정된 패스 로스 지수 값, 인터셉트 및 측정값의 표준 에러 오차를 정리하면 아래와 같다.

표 2. 패스 로스 추출 결과

Table 2. Path loss extraction result

구분	128.2 MHz	269.1 MHz
$PL(d_0 = 1010)$	98	91
n	3.32	3.10
$X_{\sigma}$	9.69	9.65

### V. 결 론

미래에 대한 항공 교통량의 수요는 두 자리 수

로 계속해서 성장하고 있으며 항공수요의 폭발적인 성장으로 인해 세계 각국에서도 공항을 확장하거나 건설을 하고 있다[6]. 항공기 주기 타입이 다양하게 응용되어 건설되고[18] 있지만 지상에서 항공기 조종사와 관제사간에 음성 통신을 이용하는 초단파 대역과 엔틀러 타입 여객터미널 구조간에 무선채널 연구는 거의 없는 실정이다. 이에 본 논문에서는 인천공항 엔틀러 구조를 가진 여객터미널 터미널 구조에서 전파 패스 로스에 대한 전파 품질 상수에 대해 연구하였다. 본 연구 논문은 3 단계 건설 예정인 여객터미널 건설시 항공통신 사이트 선정 및 운용 품질 기초자료 활용될 것이다. 발신원 안테나 위치에 따라 패스 로스 변화 및 게이트 주기장에 전파 변화 등에 대해서도 보다 세부적인 연구가 필요하다.

### Reference

- [1] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, "Aviation Law Regulations", Jul.2013
- [2] ICAO, "Global Air Navigation Plan for CNS/ATM Systems, Second Edition", 2002
- [3] Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, "Next-generation navigation system (CNS / ATM) Roadmap for Research and Development," 2008.
- [4] Incheon International Airport, "Aviation information and communication facilities maintenance manuals," 2013.
- [5] Park Air Systems, "500M Series VHF and UHF Transmitters", 2009
- [6] Airports Council International, "Global Traffic Forecast 2012-2031", 2013.
- [7] Hata, "Empirical Formula For Propagation Loss in the Land Mobile Services'., IEEE Trans. Vehicular Technology, Vol 29, No 3, August 1980, P317
- [8] Pooja Prajesh, Dr.R.K.Singh, "Investigation of Outdoor Path Loss Models for Wireless Communication in Bhuj", *IJECET*, Vol 3, July-Sept, pp. 171-178,2012,
- [9] Purnima K.Sharma, R.K.Singh, "Comparative Analysis of Propagation Path Loss Models with Field Measured Data", *International Journal of Engineering Science and*

Technology, Vo. 2(6), 2010

- [10] ICAO, "Aeronautical Telecommunication Annex 10", Jul. 1996.
- [11] FAA, "Next Generation Air Transportation System", <http://www.faa.gov/>
- [12] Gligorevic, S., R. Zierhut, T. Jost, W. Wang, March 2009, "Airport Channel Measurements at 5.2Ghz," *Eucap*, Pp. 877-881, 2009.
- [13] NORTHROP GRUMMAN, Inc. Website, Apr.2013, <http://www.airport-technology.com/>
- [14] ROHDE&SCHWARZ, Inc. Website, Apr.2013, <Http://www.rohde-schwarz.com/>.
- [15] AEROFLEX, Inc., Website, Apr.2013, <http://www.aeroflex.com/>.
- [16] ANRITSU, Inc. Website, Apr.2013, <http://www.anritsu.com/>.
- [17] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, "Global Aeronautical Data Management Network Development", Jul.2013
- [18] Incheon International Airport, "Airport Design Standards," 2010.

김 경 태 (Kyung-Tae Kim)



1997년 2월 : 서울과학기술대학교 전자공학과(공학사)  
 2005년 2월 : 인하대학교 전자공학과(공학석사)  
 2005년 2월~현재 : 인하대학교 전자공학과 박사과정  
 1997년 2월~현재 : 인천국제 공항공사 행정처  
 관심분야 : 항공통신 시스템, ILS, 초고주파 회로 설계, 전자 공학

김 진 욱 (Jin-Wook Kim)



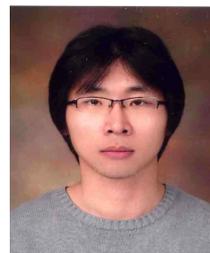
1998년 2월 : 공군사관학교 전자공학과(공학사)  
 2009년 3월 ~ 현재 : 인하대학교 전자공학과 통합과정  
 관심분야 : 센서 융합, 추적알고리즘, 레이더

조 운 현 (Yun-Hyun Jo)



2007년 2월 : 인하대학교 전자전기공학부(공학사)  
 2009년 2월 : 인하대학교 전자공학과(공학석사)  
 2009년 3월 ~ 현재 : 인하대학교 전자공학과 박사과정  
 관심분야 : Oscillator, Radar, 항공통신 시스템 설계

김 상 욱 (Sang-Uk Kim)



2006년 2월 : 초당대학교 정보통신공학부(공학사)  
 2008년 2월 : 인하대학교 전자공학과(공학석사)  
 2008년 9월 ~ 현재 : 인하대학교 전자공학과 박사과정  
 관심분야 : 안테나 공학, RF 공학

윤 인 섭 (In-Seop Yoon)



2011년 2월 : 한국산업기술대학교 전자공학과(공학사)  
 2013년 2월 : 인하대학교 전자공학과(공학석사)  
 2013년 3월 ~ 현재 : 인하대학교 전자공학과 박사과정  
 관심분야 : 레이더, 안테나 공학

박 효 달 (Hyo-Dal Park)



1978년 2월 : 인하대학교 전자공학과(공학사)  
 1985년 : (불) 국립항공우주대학 전자공학과(공학석사)  
 1987년 : (불) 국립항공우주대학 전자공학과(공학박사)  
 1992년 ~ 현재 : 인하대학교 전자

공학과 교수  
 관심분야 : 항공통신 시스템 설계, 초고주파 회로 설계, 전자장 이론, 안테나 공학