

# Link Budget

- Link Budget
- 모델들에 따른 송신 파워의 변화

# Link Budget

수신 전력(dBm) = 전송 전력(dBm) + 이득(dB) - 손실(dB)

이득	$G_{TX}$	송신기 안테나 이득(dBi)	10[dBi]으로 설정
	$G_{RX}$	수신기 안테나 이득(dBi)	
손실	$L_{TX}$	송신기 손실(동축, 커넥터 등) (dB)	이상적인 송수신기
	$L_{RX}$	수신기 손실(동축, 커넥터 등) (dB)	
	$L_{FS}$	경로 손실 (dB)	
	$L_M$	기타 손실(페이드 마진, 바디 손실, polarization-mismatch 등) (dB)	
			10[dB]로 설정

# Hata Model

$$L_U = 69.55 + 26.16 \log_{10} f - 13.82 \log_{10} h_B - C_H + [44.9 - 6.55 \log_{10} h_B] \log_{10} d$$

$$C_H = \begin{cases} 8.29 (\log_{10}(1.54h_M))^2 - 1.1, & \text{if } 150 \leq f \leq 200 \\ 3.2 (\log_{10}(11.75h_M))^2 - 4.97, & \text{if } 200 < f \leq 1500 \end{cases}$$

$h_B$     기지국 안테나 높이 : 100[m]

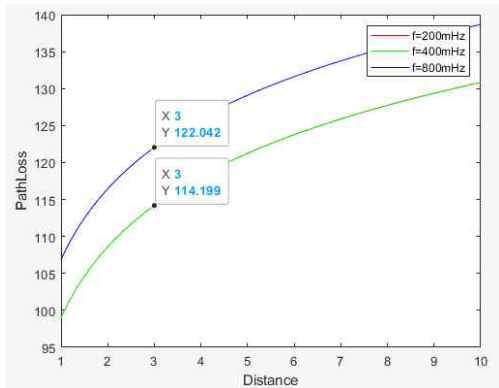
$h_M$     이동국 안테나 높이 : 2[m]

$f$       전송 빈도 : 200, 400, 800[MHz]

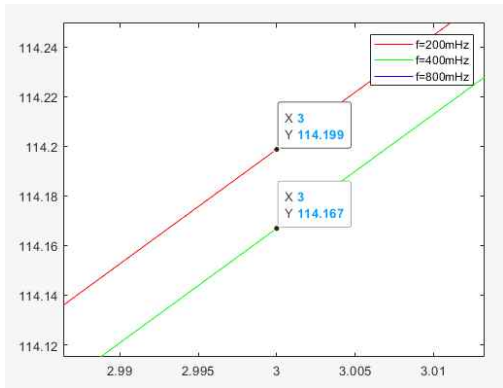
$d$       거리 : 1~10[km]

[..] -> 단위

m->M



거리에 따른 PathLoss - HataModel



PathLoss 그래프  $d=3\text{Km}$ 부분 확대

y축은 [dBm], x축은 [km]

200MHz	400MHz	800MHz
9.199[dBm]	9.167[dBm]	17.042[dBm]

송신 파워 범위 변화 요인

- 거리
- 주파수로 인한 직진성과 회절성
- 안테나의 높이
- 인공적 요인과 자연적 요인
- 기타 손실

# COST 231 - Hata Model

$$L_b = 46.3 + 33.9 \log_{10} \frac{f}{\text{MHz}} - 13.82 \log_{10} \frac{h_B}{\text{m}} - a(h_R, f) + \left( 44.9 - 6.55 \log_{10} \frac{h_B}{\text{m}} \right) \log_{10} \frac{d}{\text{km}} + C_m$$

$f$  전송빈도 : 200, 800, 2000[MHz]

$h_B$  기지국 안테나 유효 높이 : 100[m]

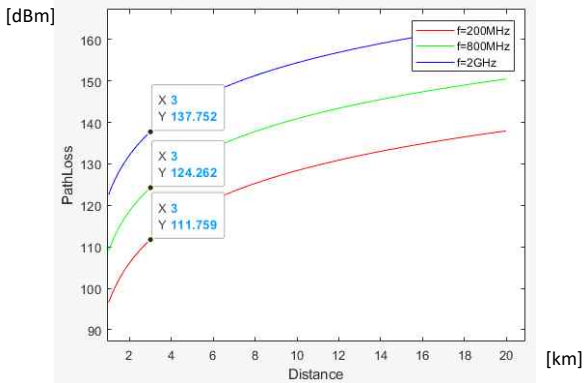
$d$  거리 : 1~20[km]

$h_R$  이동국 안테나 유효 높이 : 2[m]

$$a(h_R, f) = \begin{cases} 8.29(\log_{10}(1.54h_R))^2 - 1.1 & , \text{if } 150 \leq f \leq 200 \\ 3.2(\log_{10}(11.75h_R))^2 - 4.97 & , \text{if } 200 < f \leq 1500 \end{cases}$$

최대 2000MHz까지 가능 (오차범위 증가)

$$C_m = \begin{cases} 0 \text{ dB} & \text{for medium cities and suburban areas} \\ 3 \text{ dB} & \text{for metropolitan areas} \end{cases}$$

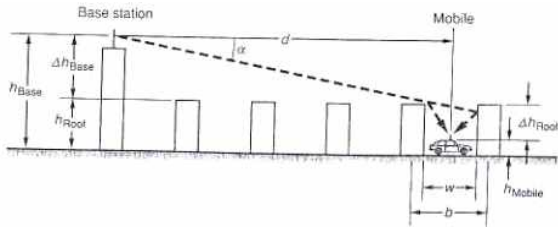


거리에 따른 PathLoss  
- COST231 HataModel

200MHz	800MHz	2GHz
6.759[dBm]	19.262[dBm]	22.752[dBm]

Hata Model 800MHz 에서의 송신 파워가 17.042dBm  
추가 파라미터는 없는 걸 미루어 볼때  
건설양식의 발전이 상수값을 변경

# COST 231 - W<sub>I</sub>(Walfisch-Ikegami) Model



주파수 : 800~2000[MHz]  
기지국 안테나 높이 : 4~50[m]  
이동국 안테나 높이 : 1~3[m]  
거리 : 0.02~5[km]

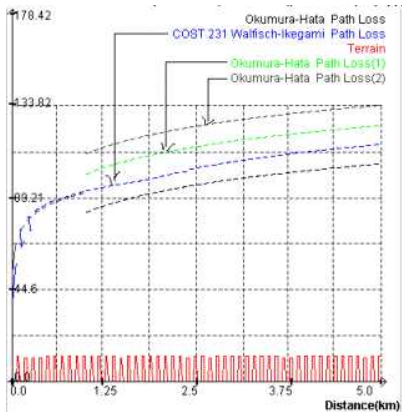
COST 231 Hata Model과 비교하였을 때 추가 매개변수

- 평균 건물 폭
- 평균 건물 높이
- 건물 비율

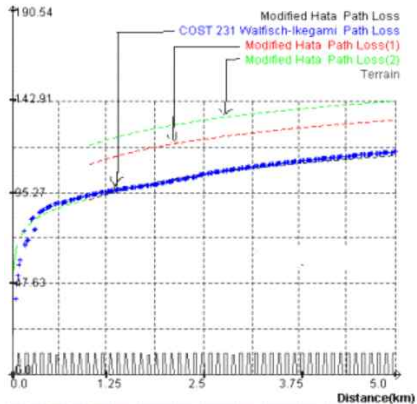
평균 건물 폭 : 73.8m  
 평균 건물 높이 : 11.81m  
 건물 비율 : 37%

주파수: 900MHz,  
 송신 높이(hb)=51m  
 모바일 높이(hm)=1.5m  
 TX 게인: 13dBi

평균 건물 폭 : 73.8m  
 평균 건물 높이 : 10.93m  
 건물 비율 : 37%



Cost231 WI 모델과 Okumura 모델 결과 비교



Cost231 WI 모델과 수정된 Hata 모델 결과 비교

# SUI PathLoss Model

$$L_{total} = L + 6\log_{10}(f/2000) + L_h$$

$$\gamma = a - bh_b + c/h_b$$

$$L = 20\log_{10}(4\pi d_0/\lambda) + 10\gamma\log_{10}(d/d_0)$$

$$d_0 = 100\text{m}$$

$$\Delta L_h = \begin{cases} -10.8\log(h_r/2), & \text{Categories A, B} \\ -20\log(h_r/2), & \text{Category C} \end{cases}$$

$f$  전송빈도 : 2400, 5000, 28000[MHz]

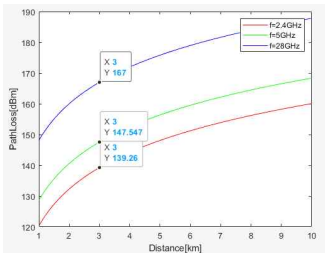
$h_B$  기지국 안테나 유효 높이 : 100[m]

$d$  거리 : 1000~10000[m]

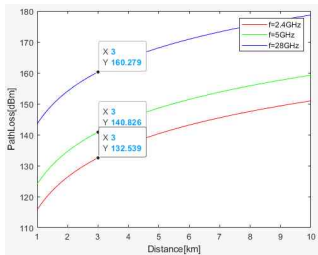
$h_R$  이동국 안테나 유효 높이 : 2[m]

Model Parameters	Terrain Type A	Terrain Type B	Terrain Type C
a	4.6	4	3.6
b	0.0075	0.0065	0.005
c	12.6	17.1	20

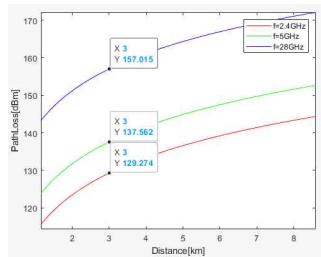
A : 언덕이 많은 지형  
B : 중간  
C : 평평한 지형



거리에 따른 PathLoss  
- SUI Model Type A



거리에 따른 PathLoss  
- SUI Model Type B



거리에 따른 PathLoss  
- SUI Model Type C

SUI Model Type	2.4GHz	5GHz	28GHz
Type A	34.26[dBm]	42.547[dBm]	62[dBm]
Type B	27.539[dBm]	35.826[dBm]	55.279[dBm]
Type C	24.274[dBm]	32.562[dBm]	52.015[dBm]

5G 세대에서 고주파수에 맞춘 PL모델  
 추가 파라미터는 Hata모델에서 도시, 교외, 농촌으로 나눈 것과 같은 개념  
 주파수가 커졌을 때의 송신 파워가 커진 것을 미루어 볼 때  
 주파수가 커질 수록 손실량이 증가

# 참조문헌

- [Final report of Cost Action 231](#)
- [무선통신망 설계를 위한 주요 전송 손실식 비교 분석  
\[정민석.이범선\] \(2001.12.04\)](#)
- [COST 231 Walfisch-Ikegami Model](#)
- [SUI Path-Loss Model for Coexistence Study](#)