

## 159GHz 광대역 채널사운더를 이용한 인체 차폐 손실 측정 및 분석

김명돈, 이주열

한국전자통신연구원

mdkim@etri.re.kr, juyul@etri.re.kr

Measurement and Analysis of Human Body Blockage Loss  
Using a 159 GHz Channel Sounder

Kim Myung-Don, Lee Juyul

Electronics and Telecommunications Research Institute

## 요약

밀리미터파 이상 초고주파 대역을 차세대 무선통신 시스템에 활용하는 경우 무선 링크 상에서 존재하는 인체 차폐 손실을 해석, 예측하기 위한 다양한 연구가 진행 중이다. 본 논문은 159GHz 대역의 채널사운더 송신기와 수신기를 이용하여 사람의 신체에 의해 차단되는 인체 차폐 손실에 관한 측정시험을 실시하였다. 159 GHz 주파수 대역에서 송신기와 수신기 사이를 가로지를 때 수신 전력의 최대 감쇠량은 약 38dB에 이르며, 평균 차폐 손실은 측면 교행 시 약 19 dB, 정면 교행 시 약 25 dB로 나타났다.

## I. 서론

최근 기존보다 넓은 주파수 대역폭의 활용이 가능한 100GHz 이상 서브-테라헤르츠(sub-THz) 주파수 대역을 이용하여 Tbps급 초고속 6G 이동/무선 통신기술을 실현하기 위한 다양한 R&D 연구가 진행 중이다. 직진성이 강한 밀리미터파(mmWave) 이상 주파수 대역을 사용함에 있어서의 단점으로는 초고주파 신호의 전달 특성에 의해 사람, 건물 구조물 등 음영 영역에서의 수신 전력 감쇠가 크다는 것이다. 따라서 mmWave 이상 초고주파 대역의 전파 신호에 대한 인체 차폐 손실(human blockage loss) 또는 음영 손실(shadowing loss)에 관한 다양한 연구가 진행 중이며, 사례 [1]의 경우 실내 사무실 환경에서 벡터 네트워크 분석기(VNA)와 2개의 20dBi 혼 안테나를 사용하여 4개의 mmWave 대역(11, 16, 28, 32GHz)에서 각각 인체 차폐 손실 측정을 수행하였다. 미국 NIST[2]는 60GHz 대역 채널사운더를 이용하여 사람이 송/수신기 간을 보행할 경우의 인체 음영 손실에 관한 연구를 진행하였다. 본 논문은 한국전자통신연구원(ETRI)이 개발한 159GHz 대역의 채널사운더 장비[3]를 이용하여 송신기와 수신기 간 무선 링크 선상에서 사람의 교행에 따른 인체 차폐 손실 특성을 측정하고, 그 결과를 제시한다.

## II. 본론

본 논문에서는 그림 1과 같이 159GHz 광대역 채널사운더를 이용한 인체 차폐 손실 측정시험을 실시하였다. 채널사운더의 측정 주파수 범위는 156.5~161.5GHz이며, 측정용 신호로 5GHz 광대역폭의 의사잡음 시퀀스 신호를 사용하였다. 송신기(TX)와 수신기(RX)의 안테나는 각각 10도 빔폭의 혼 안테나(horn antenna)를 사용하였으며, 안테나의 이득은 약 24dBi 이다. 송신기 RF 출력 신호의 전력은 +0dBm 이다. 그림 1의 측정 시나리오에 따라 159GHz 대역의 인체 차폐 손실 측정시험은 ETRI 연구동 내 로비 환경(15 x 10 x 3 m<sup>3</sup>)에서 수행하였으며, 시험 대상자(인체)의 보행 이동 외에는 주변의 어떠한 움직임도 없었다. 채널사운더 TX와 RX

의 안테나 높이는 각각 1.3m로 고정되었으며, TX로부터의 직접 경로 신호가 신체에 의해 완전히 차단되는 시나리오를 고려하였다. 각 측정 시나리오에서 시험 대상자는 TX와 RX 사이의 직접 경로에 수직인 선형 궤적을 따라 약 0.48m/s 보행 속도로 2.4m의 거리를 이동하였다. 채널사운더 TX와 RX의 분리 거리는 8m이며, 그림 1에서 TX로부터의 거리( $d_h$ )가 각각 2m, 4m, 6m인 점선 화살표 표시와 같은 보행 경로에 따라 측정을 진행하였다. 이때 측정 대상자가 TX와 RX의 사이로 가로지르며 지나가는 측면 교행과 RX를 바라보면서 옆으로 진행하는 정면 교행의 경우로 나누어 측정을 진행하였다. 이때 시험 대상자의 키는 1.74m, 상체의 크기는 정면에서 약 55cm (가슴), 측면에서 약 25cm (어깨)이다.

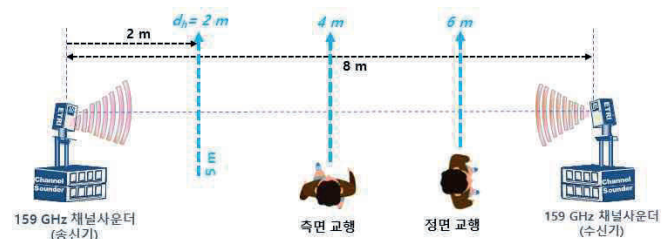
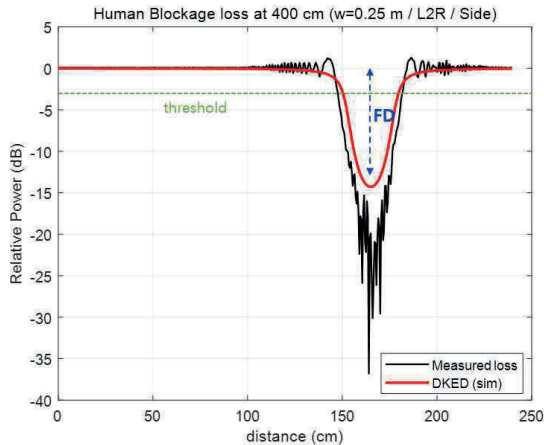


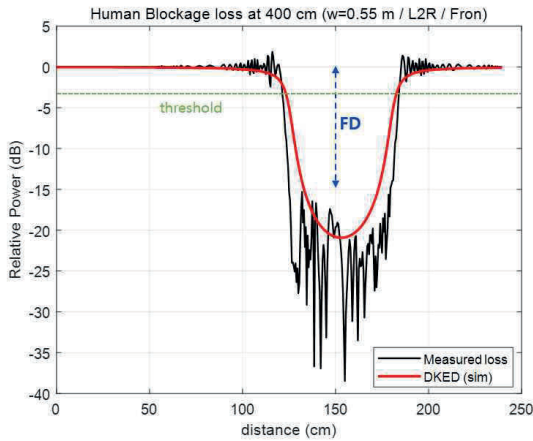
그림 1. 159 GHz 대역 채널사운더를 이용한 인체 차폐 손실 측정 시나리오

그림 2는 159GHz 대역의 인체 차폐 손실 측정 결과로서 측면 교행과 정면 교행에 따른 수신 전력의 감쇠량을 이동 거리에 따라 표시한 것이다. 송신기와 수신기 사이에 사람이 접근함에 따라 점차 수신 전력이 감쇠하기 시작하여 사람이 중심선상에 있을 때 가장 큰 감쇠를 보이며, 이동 거리에 따라 점차 수신 전력이 회복됨을 보인다. 최대 수신전력을 기준(0dB)으로 정규화하였을 때 인체에 의한 감쇠량을 페이드 깊이(FD, Fade depth), 감쇠의 시작과 끝 지점까지를 인체에 의한 음영 영역(shadow)으

로 정의할 수 있다. 그림의 측정 결과와 같이 측면 교행과 정면 교행의 경우를 각각 비교할 때 음영 영역의 구간은 인체 유효 폭(상체 부위의 폭)의 크기( $w$ )에 따라 달라지며, 두 경우에서 최대 FD는 약 38dB로 유사함을 보였다.



(a) 측면 교행



(b) 정면 교행

그림 2. 인체 차폐 손실 측정 결과(예)

표 1. 159 GHz 인체 차폐 손실 평균치 (CDF 50% 기준)

Fade depth 임계치 (dB)	측면 교행			정면 교행		
	2m	4m	6m	2m	4m	6m
3	16.55	14.18	17.15	26.46	21.64	24.11
10	19.07	17.38	18.19	26.7	22.06	24.41
20	22.92	22.38	22.52	27.61	23.95	25.77

159GHz 대역의 인체 차폐 손실 측정시험 결과에 대한 통계적 분석을 위해 누적분포함수(CDF)를 구하였으며, 표 1은 그림 2와 같은 FD 임계치(threshold) 설정에 따라 측면 교행과 정면 교행에 따른 인체 차폐 손실 측정 결과의 평균치를 보여준다. 본 논문에서는 인체의 형상을 직육면체로 가정하고 스크린의 크기와 송/수신기 간의 거리에 따른 음영 영역의 감쇠량 추정을 위해 일반적으로 사용되는 DKED (Double knife-edge diffraction) 모델의 결과와 비교하였다. 그림 2와 같이 간단한 DKED 모델이 측정 결과와 다소 차이가 있으며, 특히 최대 감쇠를 과소 추정함을 확인하였다. 이는 실제 안테나의 방사 패턴, 초고주파 대역의 인체 흡수, 반사 등에 대한 모델의 보정이 추가로 필요할 것으로 예상된다.

### III. 결론

본 논문은 159GHz 광대역 채널사운더를 이용하여 인체 차폐 손실을 측정하고, DKED 기반 시뮬레이션 결과와 비교하였다. 송신기와 수신기 간 거리 8m, 10도 혼 안테나를 이용한 무선 링크 선상에서 사람이 측면 교행 경우와 정면 교행 경우의 평균 차폐 손실 실험치는 각각 약 19dB 와 25dB 가 발생하였으며, 최대 감쇠 깊이(fade depth)는 약 38dB에 근접하였다. 인체의 몸 두께에 따른 간단한 DKED 시뮬레이션 결과와 다소 차이가 있으며 실제 사람의 형상과 보행 동작 등을 고려, 밀리미터파 등 짧은 파장의 초고주파 대역에서 진보된 인체 차폐 손실 모델링 방법에 관한 추가 연구가 필요할 것으로 예상된다.

### ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by the Institute for Information & Communications Technology Planning & Evaluation (IITP) grant funded by the Korean government (MSIT) [2021-0-00103, "Research and development of technologies for utilization of THz frequency band and evaluation of electromagnetic safety"].

### 참 고 문 헌

- [1] W. Qi, J. Huang, J. Sun, Y. Tan, C. -X. Wang and X. Ge, "Measurements and modeling of human blockage effects for multiple millimeter Wave bands," IWCMC 2017, Valencia, Spain, 2017, pp. 1604-1609
- [2] A. Bhardwaj, D. Caudill, C. Gentile, J. Chuang, J. Senic and D. G. Michelson, "Geometrical-Empirical Channel Propagation Model for Human Presence at 60 GHz," in IEEE Access, vol. 9, pp. 38467-38478, 2021
- [3] M. -D. Kim, H. -K. Kwon, K. -W. Kim, J. Lee and J. -J. Park, "Implementation and Performance Evaluation of Wideband Channel Sounder at 159 GHz," ICTC 2022, Korea, 2022, pp. 2322-2325
- [4] L. Raschkowski, P. Kyösti, K. Kusume, T. Jämsä, V. Nurmela, and A. Karttunen, "Deliverable D1.4: METIS channel models," METIS, Ericson AB, Stockholm, Sweden, Tech. Rep. ICT-317669-METIS/D1.4, Feb. 2015.