

3GPP 기반 밀리미터파 채널 및 장애물 모델링 및 성능 분석

문상미, 김현성, 황인태
전남대학교

msm0804@jnu.ac.kr, hsk940127@naver.com, hit@jnu.ac.kr

3GPP based mmWave Channel and Blockage Modelling and Performance Analysis

Sangmi Moon, Hyeonsung Kim, Intae Hwang
Chonnam National University

요약

본 논문에서는 3GPP (3rd Generation Partnership Project) TR (Technical Report) 38.901 을 기반으로 채널 및 장애물을 설계하고 그 특성을 분석한다. 채널 및 장애물에 대한 캘리브레이션은 UMi, 30GHz 의 채널 성능을 비교 검증하였다. Reference 와 시뮬레이션 결과의 차이를 비교하면 편차는 3GPP 표준화에 사용하기 위해 허용 된 범위 안에 있다고 할 수 있다.

I. 서론

5G 서비스는 4G 대비 1000 배 이상의 속도를 추구하고 있으므로, 소요되는 대역폭 또한 현 4G 대비 크다. 따라서 6GHz 이상 대역인 밀리미터파에 대한 수요가 끊임없이 제기되고 있다. 하지만 밀리미터파 통신은 짧은 파장과 직진적인 빔의 사용으로 인해 침투 손실 (penetration loss)이 매우 높으면 이에 따라 건물, 사람, 자동차 등의 장애물 (blockage)에 의해 추가적인 감쇄가 발생한다. 이러한 밀리미터파의 채널 특성에 대한 연구가 이루어 지고 있으며, 현재 3GPP TSG RAN 에서는 5G 채널 모델링 보고서인 TR(Technical Report) 38.901 을 승인하였다. 본 논문에서는 3GPP TR 38.901 을 기반으로 채널 설계하고 채널 특성을 분석하고자 한다.

II. 본론

본 장에서는 밀리미터파 채널 및 장애물 모델에 대해 기술한다. 3GPP 에서는 그림 1 과 같은 절차에 따라 채널 및 장애물을 구성한다. 자세한 채널 계수의 생성 단계는 다음과 같고 시나리오에 따른 채널 파라미터는 [1]의 표 7.5-6 을 참고로 한다.

- Step 1: 환경, 네트워크 레이아웃, 안테나 배열 파라미터들을 설정한다.
Step 2: 전파 상태 (LOS/NLOS)를 할당한다.
Step 3: 각 BS 와 UT 링크의 경로 손실을 계산한다.
Step 4: cross correlation 을 고려하여 delay spread, angular spread, Ricean K factor 및 shadow fading 등 large scale 파라미터를 생성한다.
Step 5: Delay τ 를 생성한다.
Step 6: 클러스터 파워 P 를 생성한다.
Step 7: AoA (Angle of Arrival) 및 DoA (Departure of Angle)의 azimuth 와 elevation 값을 생성한다.
Step 8: 클러스터 내에서 ray 의 커플링을 랜덤화한다.

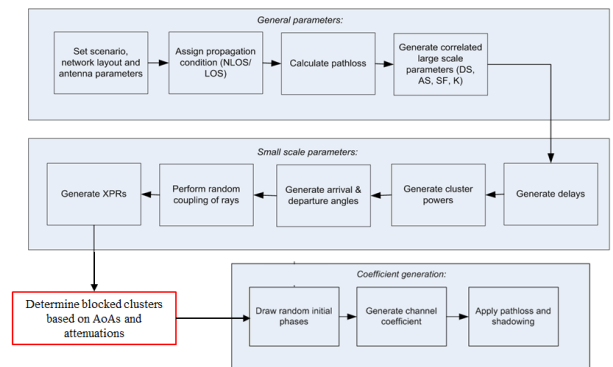


그림 1. 채널 및 장애물 생성 절차

- Step 9: XPR 발생 및 랜덤각 생성한다.
Step 10: 각 클러스터 n 의 각각의 ray m 및 네 개의 서로 다른 편광조합 ($\theta\theta, \theta\phi, \phi\theta, \phi\phi$)을 위한 랜덤 초기 위상을 설정한다.
Step 11: 각 클러스터 n 및 각 수신기와 송신기 요소 쌍 u, s 에 대한 채널 계수를 생성한다.
Step 12: 경로 손실 값과 shadowing 값을 채널 계수에 적용한다.

장애물 모델링은 채널 생성의 Step 9 와 Step 10 사이에 AoA 와 감쇄를 기반으로 차단된 클러스터를 결정한다. 3GPP 에서는 장애물 모델 A 와 모델 B 를 제공하고 있다. 본 논문에서는 모델 A 에 대하여 캘리브레이션이 이루어 졌으며 모델링에 대한 절차는 다음과 같다.

- Step a: 장애물 수를 결정한다. 하나의 self-blocking 과 K=4 non-self-blocking 이 있다.
Step b: 각 장애물의 크기와 위치를 생성한다.

Self-blocking 의 경우 LCS (Local Coordinate System)에서 blocking 영역이 결정되며 다음과 같다.

$$\left\{(\theta', \phi') \left| \theta'_{sb} - \frac{y_{sb}}{2} \leq \theta' \leq \theta'_{sb} + \frac{y_{sb}}{2}, \phi'_{sb} - \frac{x_{sb}}{2} \leq \phi' \leq \phi'_{sb} + \frac{x_{sb}}{2} \right. \right\} \quad (1)$$

표 1. Self-blocking 영역 파라미터

	ϕ'_{sb}	x_{sb}	θ'_{sb}	y_{sb}
Portrait mode	260°	120°	100°	80°
Landscape mode	40°	160°	110°	75°

Non-self-blocking $k=1, \dots, 4$ 의 경우, GCS (Global Coordinate System)에서 blocking 영역이 결정되며 다음과 같다.

표 2. Non-self-blocking 영역 파라미터

Blocker index ($k = 1, \dots, 4$)	ϕ_k	x_k	θ_k	y_k	r
InH	Uniform in [0°, 360°]	Uniform in [15°, 45°]	90°	Uniform in [5°, 15°]	2 m
UMi, UMa, RMa	Uniform in [0°, 360°]	Uniform in [5°, 15°]	90°	5°	10 m

여기서 파라미터는 표 2 와 같으며, r 은 UT 와 장애물 사이의 거리이다.

Step c: 장애물로 인한 각 클러스터의 감쇠를 결정한다.

Self-blocking 의 경우, 감쇠는 $|\phi'_{AOA} - \phi'_{sb}| < \frac{x_{sb}}{2}$ 및 $|\theta'_{ZOA} - \theta'_{sb}| < \frac{y_{sb}}{2}$ 이면 30dB, 그렇지 않으면 0dB 이다.

Non-self-blocking 의 경우, $|\phi_{AOA} - \phi_k| < x_k$ 및 $|\theta_{ZOA} - \theta_k| < y_k$ 의 경우 감쇠는 다음과 같다.

$$L_{dB} = -20 \log_{10} \left(1 - (F_{A_1} + F_{A_2}) (F_{Z_1} + F_{Z_2}) \right) \quad (2)$$

그렇지 않으면 감쇠는 0dB 이다.

Step d: 각 장애물의 공간적 및 시간적 일관성.

$$R(\Delta_x, \Delta_t) = \exp \left(- \left(\frac{|\Delta_x|}{d_{corr}} + \frac{|\Delta_t|}{t_{corr}} \right) \right) \quad (3)$$

III. 채널 캘리브레이션

본 장에서는 채널 캘리브레이션 결과를 보여준다. 캘리브레이션 파라미터는 [1]의 표 7.8-6 과 같다. 그림 3 ~ 그림 9 는 [2] R1-165975 를 reference 로 coupling loss, wideband SINR, ASA 시뮬레이션 결과를 비교한 것이다. 시뮬레이션 결과는 reference 의 범위 안에 있으며, 이는 3GPP 표준화에 사용하기 위해 허용된 범위 안에 있다고 생각할 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 3GPP TR 38.901 기반 밀리미터파 채널 및 장애물 모델 개발에 대하여 살펴보았다. 밀리미터파 채널은 안테나 모델링, 경로 손실, LOS 확률, penetration 모델링 및 fast fading 순으로 채널을 생성한다. 장애물 모델링은 채널 모델 생성 단계 사이에서 추가된다. 또한 UMi, 30GHz 의 채널 성능을 비교 검증하였다. Reference 와 시뮬레이션 결과의 차이를 비교하면 편차는 3GPP 표준화에 사용하기 위해 허용된 범위 안에 있다고 할 수 있다.

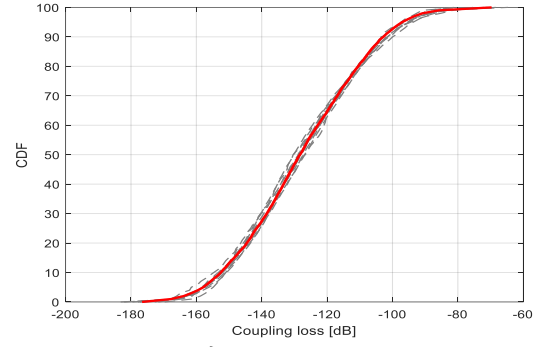


그림 2. Coupling loss.

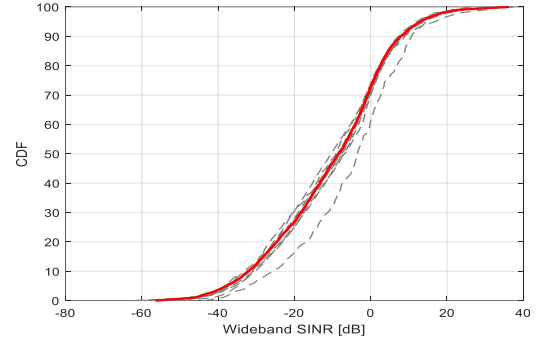


그림 3. Wideband SINR.

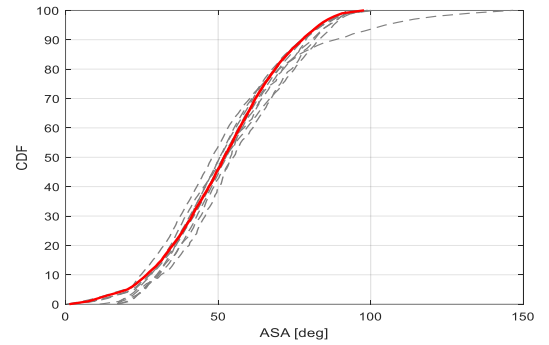


그림 4. ASA.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학 ICT 연구센터지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2020-2016-0-00314). 이 성과는 2018 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (2018R1A2B6002255).

참 고 문 헌

- [1] 3GPP TR 38.901, V16.1.0: Study on channel model for frequencies from 0.5 to 100 GHz.
- [2] R1-1700990, e-mail discussion summary [87-35] on additional feature calibration.