Параметризация дифракционной модели динамики принимаемого сигнала в условиях частичного перекрытия линии субтерагерцовой передачи

М.И. Ершова[1,2], А.В. Львов[1,2], А.Н. Приходько[1,2,3], А.С. Шураков[1,2], Г.Н. Гольцман[1,2,3]

[1] Московский педагогический государственный университет, Москва
[2] НИУ «Высшая школа экономики», Москва
[3] Российский квантовый центр, Сколково, Москва
mi.ershova@mpgu.su

На сегодняшний день развитие технологий аналоговой и цифровой электроники в мире достигло уровня, достаточного для внедрения практических систем субтерагерцовой (100–300 ГГц, суб-ТГц) связи широкого применения. Когерентная связь субТГц-диапазона может быть эффективно реализована на базе как классических приёмных схем прямого преобразования, так и радиофотонных схем с использованием сверхбыстрых устройств фазовой и амплитудной модуляции [1, 2]. При этом текущий уровень технологии программируемых логических интегральных схем обеспечивает возможность эффективного использования частоты передачи символа до 25–30 ГГц [3]. Однако на несущих частотах выше 100 ГГц типичная мощность передающих модулей достигает не более нескольких сотен милливатт. Это приводит к необходимости сверхнаправленной приёмопередачи, уязвимой к перекрытию линии прямой видимости в условиях большого числа пользователей и объектов окружения. Использование умной антенной среды в сочетании с эффективными методами управления пучком позволит решить эту проблему. В данном докладе мы сообщаем о параметризации дифракционной модели динамики принимаемого сигнала в условиях частичного перекрытия линии субТГц-передачи. Использование среды позволит идентифицировать блокировку до её фактического наступления, что обеспечит своевременное предотвращение сбоев в канале и повысит надежность передачи данных.

Согласно спецификациям ETSI [4], на сегодняшний день существует несколько работ по моделированию каналов с несущей частотой до 100 ГГц, которые разрабатываются группами и проектами METIS, MiWEBA, ITU-RM, NYU WIRELESS и др. Стандартными подходами к моделированию каналов связи на системном уровне согласно 3GPP выбраны детерминированные подходы с трассировкой лучей, объединенные с эмуляцией определенных стохастических компонент. На основе существующих методов предложены дифракционные модели перекрытия канала передачи человеком [5, 6]. В настоящей работе представлены результаты измерений для различных сценариев блокировки канала с несущей частотой 150 ГГц и скоростью передачи 2 Гбит/с. На их основе сформулированы уточнения к спирали Корню, обеспечивающие выигрыш в точности описания дифракционной сигнатуры блокировки в координатной и временной плоскостях. Полученные результаты проанализированы с точки зрения приёмопередачи субТГц-сигналов в ближнем и дальнем полях для каналов прямой видимости и с поддержкой отражений.

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда № 22-79-10279, https://rscf.ru/project/22-79-10279/.

1. *Du Preez J., Sinha S., Sengupta K.* SiGe and CMOS technology for state-of-the-art millimeter-wave transceivers // IEEE Access. 2023. Vol. 11. P. 55596–55617.

2. *Jia S., et al.* Integrated dual-laser photonic chip for high-purity carrier generation enabling ultrafast terahertz wireless communications // Nature communications. 2022. Vol. 13, № 1. P. 1388.

3. *Song H. J. et al.* 50-Gb/s direct conversion QPSK modulator and demodulator MMICs for terahertz communications at 300 GHz // IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques. 2014. Vol. 62, № 3. P. 600–609.

4. ETSI, Technical Report. 5G; Study on channel model for frequencies from 0.5 to 100 GHz (ETSI TR 138 901 V18.0.0). European Telecommunications Standards Institute. 2024.

5. *MacCartney G. R., et al.* Millimeter-wave human blockage at 73 GHz with a simple double knife-edge diffraction model and extension for directional antennas // 2016 IEEE 84th Vehicular Technology Conference (VTC-Fall). IEEE, 2016. P. 1–6.

6. *Qi W., et al.* Measurements and modeling of human blockage effects for multiple millimeter wave bands // 13th International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC). //IEEE, 2017. P. 1604–1609.