

УДК 621.396.2

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ BEAM FORMING В СЕТЯХ СВЯЗИ 5G

КОЗЕЛ В. М.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(г. Минск, Республика Беларусь)*

Аннотация. В данной работе были получены экспериментальные данные о распределении энергетического потенциала АФАР на примере базовых станций различных производителей в рамках опытной эксплуатации сетей связи 5G, реализующих технологию Beam Forming.

Abstract. In this paper, we obtained experimental data on the distribution of the energy potential of AFAR on the example of base stations of various manufacturers in the pilot operation of 5G communication networks implementing Beam Forming technology.

Одной из особенностей сетей связи пятого поколения является возможность формирования нескольких пространственных лучей в пределах покрытия одного сектора базовой станции. Такое формирование возможно при использовании активных фазированных антенных решеток (АФАР), широко применяющихся в современных радиолокационных системах. Помимо возможности оперативного изменения диаграммы направленности АФАР обладает высоким энергетическим потенциалом, достигающим применительно к сетям связи 5G, значений эквивалентной изотропно излучаемой мощности (ЭИИМ) более 63 кВт [1, 2]. Значительный интерес представляет распределение данного энергетического потенциала и поведение пространственных характеристик АФАР при ее использовании в качестве элемента технологии Beam Forming. Точные представления в этой области особенно важны при решении задач электромагнитной совместимости оборудования сетей связи 5G с другими радиосредствами, работающими в совмещенных и/или соседних полосах частот, а также при решении вопросов защиты населения от воздействия электромагнитных излучений радиочастотного диапазона.

В настоящее время у подавляющего большинства специалистов отсутствует четкое понимание пространственного поведения излучения АФАР, используемых базовыми станциями сетей 5G. Имеющаяся информация о параметрах оборудования 5G зачастую носит поверхностно-рекламный характер, и оперирует данными о количестве усилительных и антенных элементов в АФАР, мощности одного элемента и всей радиочастотной головки, диаграммах направленности и усилении различных пространственных лучей, а также о возможности реализации алгоритмов слежения за местоположением абонента для обеспечения качества предоставляемых услуг. Подобная информация может приводить к неправильному пониманию процесса излучения сигналов АФАР в сетях связи 5G, особенно на фоне исторически сложившегося понимания работы аналогичных антенных решеток в радиолокационных системах, где одной из задач, решаемых АФАР является концентрация энергетического потенциала в направлении конкретной цели. Применительно к сетям связи 5G основная задача АФАР обеспечение максимальной абонентской емкости при заданном качестве обслуживания на ограниченной территории. Концентрация энергетического потенциала вступает в противоречие с решением данной задачи, поскольку приводит к возрастанию внутрисистемных помех в зонах обслуживания соседних базовых станций и снижает энергетический потенциал вне зоны данной концентрации. Эти обстоятельства приводят к заметному уменьшению емкости сети в целом и недопустимы.

Основной целью данной работы является получение экспериментальных данных о распределении энергетического потенциала АФАР на примере базовых станций различных производителей в рамках опытной эксплуатации сетей связи 5G, реализующих технологию Beam Forming.

Объекты исследования:

- Базовая станция 000 (СООО «Мобильные Телесистемы»), расположенная по адресу г.Минск, пр.Независимости, 95. Производитель оборудования – Huawei Technologies Co., Ltd (КНР).

- Базовая станция №1814 (Унитарное предприятие «А1»), расположенная по адресу Минская область, Смолевичский район, пр-т Пекинский, 18, Индустриальный парк «Великий камень». Производитель оборудования – ZTE Corporation (КНР).

Средства измерения:

- Анализатор спектра Anritsu MS2720T.
- Измерительная антенна HyperLog 7060.

Конфигурация зоны обслуживания базовых станций

Базовая станция 000 (СООО «Мобильные Телесистемы») конфигурировалась для трех сценариев работы: Default, Сценарий 4, Сценарий 5. Выбор указанных сценариев обусловлен равенством ширины диаграммы направленности в вертикальной плоскости при изменении количества лучей и ширины диаграммы направленности в горизонтальной плоскости, что обеспечивает сопоставимость результатов измерений.

Сценарий Default является типовым сценарием обеспечения равномерного покрытия для 3-х секторной конфигурации базовой станции 5G и формирует 7(+1) лучей в горизонтальной плоскости. Сценарий 4 и 5 используется при покрытии локальных объектов с высокой плотностью трафика и предусматривают формирование 4 и 2 лучей соответственно. Схематическое расположение лучей с нумерацией секторов представлено на рисунках 1-3, красными точками обозначены места проведения измерений.

Базовая станция №1814 (Унитарное предприятие «А1») конфигурировалась для сценария №1, являющегося типовым для обеспечения равномерного покрытия и формирующего 7 лучей в горизонтальной плоскости.

Схематическое расположение лучей в секторах исследуемых базовых станций представлено на рис. 1. и 2., красной точкой обозначено место проведения измерений.



Рис. 1. Расположение лучей в сценарии Default, Базовая станция 000



Рис. 2. Расположение лучей для сценария 1, Базовая станция №1814

В процессе измерений абонентская нагрузка создавалась тестовыми терминалами, перемещаемыми между различными лучами с контролем процедуры handover. Динамического изменения конфигурации и положения лучей в пространстве не наблюдалось.

Мощность радиоголовки базовой станцией 5G была установлена на максимальном значении равном 200 Вт. Режим работы TDD (Time Division Duplex - временное разделение каналов): 1:4.

Результаты измерений

Таблица 1. Базовая станция 000 (СООО «Мобильные Телесистемы»)

BS	UE1		UE2		ППИМ, мкВт/см ²	
	Расп.	Нагр.	Расп.	Нагр.	2 луч	4 луч
Off	-	-	-	-	1×10^{-5}	1.5×10^{-5}
On	2 луч	off	2 луч	off	2×10^{-3}	5.8×10^{-4}
On	2 луч	on	2 луч	off	1.47	-
On	2 луч	on	2 луч	on	1.47	0.03
On	2 луч	on	4 луч	on	0.74	0.74
On	4 луч	on	4 луч	on	0.02	1.47
On	4 луч	on	4 луч	off	-	1.85

Таблица 2. Базовая станция №1814 (Унитарное предприятие «А1»)

BS	UE1		UE2		UE3		UE4		ППИМ, мкВт/см ²
	Расп.	Нагр.	Расп.	Нагр.	Расп.	Нагр.	Расп.	Нагр.	
Off	-	-	-	-	-	-	-	-	1.4×10^{-5}
On	3 луч	off	3 луч	off	3 луч	Off	3 луч	off	1.6×10^{-3}
On	3 луч	on	3 луч	off	3 луч	Off	3 луч	off	0.13
On	3 луч	on	3 луч	on	3 луч	On	3 луч	on	0.12
On	3 луч	on	3 луч	on	5 луч	On	5 луч	on	0.06
On	1 луч	on	1 луч	on	5 луч	On	5 луч	on	0.03

Выводы

1. Энергетический потенциал АФАР распределяется равномерно между предустановленными пространственными лучами вне зависимости от присутствия или отсутствия в них активных абонентов.
2. Энергетические и пространственные характеристики предустановленных лучей в процессе работы АФАР не изменяются и устанавливаются только выбором соответствующего рабочего сценария.
3. Технология Beam Forming не предусматривает пространственного перемещения сформированных лучей.
4. «Слежение» за абонентом в сетях 5G осуществляется за счет его переключения между предустановленными пространственными лучами, а не изменением пространственного расположения сформированных лучей.

Список использованных источников

1. 5G RAN: Beam Management Feature Parameter Description /HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.: ©20.01.2020.
2. AAU5613 Product Description /HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.: ©10.10.2018.