

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Комплекс сценариев сетевого позиционирования	9
1.1. Эволюция услуг и технологий при переходе к сетям ...	9
1.1.1. Эволюция услуг и поколений сетей 1G–5G	9
1.1.2. Сети 5G как основа цифровой экономики и трансформации	11
1.1.3. Новые диапазоны частот сетей 5G	15
1.1.4. Новые технологии и архитектура сетей 5G	19
1.1.5. Выводы	28
1.2. Услуги и сценарии позиционирования в сетях 5G	29
1.2.1. Постановка задачи	29
1.2.2. Показатели эффективности позиционирования в сетях 5G	31
1.2.3. Анализ сценариев позиционирования в сетях 5G	33
1.2.4. Требования к технологиям позиционирования в сетях 5G	56
1.2.5. Выводы	61
1.3. Эволюция технологий позиционирования в сетях 5G ...	62
1.3.1. Постановка задачи	62
1.3.2. Эволюция интерфейсов и архитектур позиционирования	62
1.3.3. Эволюция стандартов и методов позиционирования ..	72
1.3.4. Анализ точности технологий позиционирования	91
1.3.5. Выводы	94
1.4. Использование технологий позиционирования в сетях 5G	96
1.4.1. Постановка задачи	96
1.4.2. Диаграммообразование на основе позиционирования в сетях 5G	96
1.4.3. Организация связи на основе позиционирования в сетях 5G	101
1.4.4. Тенденции развития технологий позиционирования в сетях 5G	108
1.4.5. Выводы	114
1.5. Выводы	116

2. Методология оценки точности позиционирования	121
2.1. Постановка задачи	121
2.2. Модели оценки точности позиционирования	122
2.2.1. Математические модели оценки точности позиционирования	123
2.2.2. Вероятностные модели точности оценок координат	133
2.2.3. Инструменты анализа точности оценок координат	144
2.3. Методы оценки точности позиционирования	159
2.3.1. Точность первичных измерений и оценок координат	159
2.3.2. Анализ трехпозиционного разностно-дальномерного метода	165
2.3.3. Анализ трехпозиционного угломерного метода	172
2.4. Оценка точности для комплекса сценариев позиционирования 5G	179
2.4.1. Постановка задачи	179
2.4.2. Позиционирование в сверхплотных сетях 5G	180
2.4.3. Позиционирование транспортных средств в сетях 5G	186
2.4.4. Позиционирование с широкой зоной охвата	208
2.4.5. Выводы	231
2.5. Выводы	233
3. Позиционирование при отсутствии прямой видимости	234
3.1. Постановка задачи	234
3.2. Модели позиционирования при отсутствии прямой видимости	237
3.2.1. Промежуточные оценки координат	237
3.2.2. Математическая модель позиционирования в условиях NLOS	242
3.2.3. Имитационная модель позиционирования в условиях NLOS	260
3.3. Методы позиционирования при отсутствии прямой видимости	263
3.3.1. Анализ прототипов и формализация метода	263
3.3.2. Алгоритм позиционирования в условиях NLOS	267
3.3.3. Метод прогноза NLOS по цифровым моделям местности	273
3.4. Выводы	278
4. Позиционирование с использованием БПЛА	280
4.1. Постановка задачи	280
4.2. Особенности локальных систем позиционирования с БПЛА	281
4.2.1. Модели радиоканала связи с БПЛА	281
4.2.2. Особенности локальных систем позиционирования	287

4.3. Модели и методы позиционирования с ВПЛА	293
4.3.1. Математическая модель позиционирования с ВПЛА .	293
4.3.2. Имитационная модель позиционирования с ВПЛА ...	309
4.3.3. Модели и методы позиционирования с ВПЛА в усло- виях NLOS	318
4.4. Выводы	324
5. Диаграммообразование на основе позиционирования	326
5.1. Постановка задачи	326
5.2. Диаграммообразование в пуассоновской модели сети 5G	328
5.2.1. Модели антенной решетки и коэффициентов усиления	328
5.2.2. Оценка связности и вероятности успешного радио- приема	343
5.3. Диаграммообразование в гексагональной модели сети 5G	368
5.3.1. Модели оценки помех в сети с диаграммообразова- нием	368
5.3.2. Модели оценки разноса устройств в сети 5G	379
5.4. Выводы	386
6. Реализация систем локального позиционирования ...	389
6.1. Постановка задачи	389
6.2. Система локального позиционирования внутри помеще- ний	390
6.3. Система локального позиционирования на основе SDR	399
6.4. Выводы	406
Заключение	407
Список сокращений	414
Литература	424