Антенны высокоточного позиционирования по сигналам Глобальных Навигационных Спутниковых Систем

Лекторы:
Дмитрий Татарников

Язык:
Русский

Трудоемкость:
3 з.е.

Образовательная программа:
Беспроводные технологии (магистратура)
3 семестр

Пререквизиты:
Техническая электродинамика
Радиочастотные цепи и сигналы

Лекции (ак.час)*	Практические занятия (ак.час)	Лабораторные занятия (ак.час)
16		16
*1 академический час = 45 минутам		

Рассматриваются основы позиционирования по сигналам Глобальных Навигационных Спутниковых Систем (ГНСС) с точностью порядка 1см в реальном времени. Дается общая характеристика применяемых антенн. Последовательно рассматриваются: основы теории пластинчатых (patch) антенн, в том числе с подложкой из искусственных диэлектриков; объемных широкополосных многопластинчатых структур; импедансных и полупрозрачных экранов, включая оболочки, формирующие ДН с отсечкой поля при переходе в геометрическую зону тени; компактные антенны, формирующие ДН кардиоидного типа; опытные образцы, обеспечивающие точность позиционирования 1мм. Затрагиваются и иллюстрируются основные методы инженерной электродинамики: разложения по полным системам волн, резонаторные представления, точные решения и асимптотические оценки в дифракционных задачах, численные оценки на основе усредненных граничных условий. Материалы основаны на опыте автора в качестве руководителя проектирования антенн корпорации Топкон (Япония), сопровождаются примерами реализованных конструкций, в том числе выпускаемых серийно.

Содержание курса

3 семестр

Антенны высокоточного позиционирования по сигналам Глобальных Навигационных Спутниковых Систем

Структура курса

Разделы	Лекции (ак.ч.)	Лаб. (ак.ч.)
1. Системы спутников и методы позиционирования		
Системы спутников, излучаемые сигналы, основные режимы позиционирования, области применения: геодезия, роботизация техники гражданских назначений; пассивное измерение дальности с помощью ортогональных кодов; одночастотный кодовый приемник, ионосфера; P-код систем GPS и ГЛОНАСС, двухчастотный кодовый приемник; дифференциальное позиционирование по коду (DGPS); дифференциальное позиционирование по фазам несущих с точностью 1см (RTK); прецизионнное позиционирование в точке (PPP); образцы аппаратуры.	2	
2. Общая характеристика антенн позиционирования		
ДН и КНД; поляризация; КПД, шумовая температура, отношение сигнал-шум на входе приемника; фазовая ДН, фазовый центр, геодезическая калибровка антенн.	2	
3. Дифракционные явления при позиционировании		
Многолучевость. Зоны Френеля, характерные явления дифракции; затенение и ложный захват сигнала; фазовая ошибка многолучевости; отражение от плоской поверхности; отношение «низ-верх» (DU) приемной антенны; ошибка позиционирования за счет нижней многолучевости.	2	
4. Пластинчатые (patch) антенны		
Микрополосковый резонатор; проводимость излучения торцевых щелей; амплитуда низшего типа колебаний; входное сопротивление антенны линейной поляризации, добротность, ширина полосы частот; особенности согласования антенны с фидером; эквивалентная схема в виде отрезка линии передачи; ДН, влияние размеров экрана; несимметрия ДН, кросс-поляризация; антенны круговой поляризации; примеры конструктивного исполнения.		
5. Полные системы волн		
Скаляризация уравнений Максвелла; плоские волны в свободном пространстве (непрерывный спектр); волны в периодических структурах (гармоники Флоке); цилиндрические волны; сферические волны.	2	
6. Пластинчатые антенны с подложкой из искусственного диэлектрика		
Замедление в низкопрофильной импедансной структуре; добротность пластинчатой антенны с эквивалентным замедлением с помощью концевой емкости; замедляющая среда в виде емкостной рамки; примеры конструктивного исполнения.		
7. Широкополосные антенны		
Особенности резонанса в периодической решетке пластинок над экраном; широкополосная выпуклая структура, другие виды широкополосных антенн.	2	
8. Плоские проводящие экраны		
E-плоскость антенны; H-плоскость; круглый экран; образцы конструктивного воплощения.		
9. Методы асимптотических оценок		
Асимптотические разложения; метод перевала; простая точка перевала; простой полюс вблизи точки перевала; оценки в отсутствие особых точек; метод стационарной фазы.	2	
10. Импедансные экраны		
Импедансные поверхности; возбуждение неограниченного плоского импедансного экрана сосредоточенным источником; ДН ненаправленного источника на неограниченном экране; экран конечных размеров; выпуклый импедансный экран; импедансная поверхность, формируемая системой штырей; примеры конструктивного воплощения.		
11. Полупрозрачные экраны и оболочки		

Граничные условия тонкого полупрозрачного слоя; возбуждение неограниченного плоского полупрозрачного слоя нитью магнитного тока; численный анализ конечного экрана с неравномерным профилем импеданса слоя; легкие антенны базовых станций; вертикальные экраны, сужение зоны полутени; вогнутые экраны (оболочки); примеры устройств.	2	
12. Компактые антенны с кардиоидной ДН		
Анти-антенна; резонансные спирали; электро-магнитная антенна.		
13. Антенны, обеспечивающие среднеквадратичную ошибку позиции 1мм		
Антенна с большим импедансным экраном; формирование ДН с отсечкой плоскопаралельным волноводом с полупрозрачными стенками; спиральные антенны вытекающей и обратной волны с неравноменым профилем импеданса.	2	
14. Испытательные полигоны.		
Полупрозрачные поверхности как модели сильно многолучевой среды.		

Рекомендуемые ресурсы

1. Leick A., L.Rapoport, D.Tatarnikov GPS Satellite Surveying, the 4-th Ed., Wiley, USA, 2015 – 807p.
2. Wells D.E., N.Beck, D.Delikaraoglou, A.Kleusberg, E.J.Krakiwsky, G.Lachapelle, R.B.Langley, M.Nakiboglu, K.P.Schwarz, J.M.Tranquilla, P.Vanfcek Guide to GPS Positioning, Canadian GPS Associates, Fredericton, N.B., Canada, 1986
3. Rao, B.R. (2013), W. Kunysz, P.Fante, K.McDonald GPS/GNSS Antennas, Artech House, Norwood, MA, USA
4. Balanis, C.A. Advanced Engineering Electromagnetics, 2nd ed., Wiley, New York, 2012 -1018 p.
5. Никольский В.В. (1977) Электродинамика и распространение радиоволн, М., Наука, - 543 с., илл.
6. Марков Г. Т., Чаплин А.Ф. (1983) Возбуждение электромагнитных волн, М., Радио и Связь, 296с., илл.
7. Фелсен Л., Маркувиц Н. Излучение и рассеяние волн, тт 1,2 , М., Мир, 1978

Политика оценивания

Форма контроля	Тип задания	Вес	Минимальный порог выполнения для получения аттестации (оценка 3 или зачёт) %	Сроки выполнения
Текущий контроль	Расчетное домашнее задание	25	Зачет	Конец семестра
Промежуточная аттестация (Midterm)	Презентация	25	Оценка 3	Конец второго месяца обучения
Аттестация (экзамен/зачёт)	Экзамен	50	Оценка 3	Конец семестра
Итого		100		