



Радиотехникалық құрылғылар және радиожүйелер элементтері

14-дәріс

Заманауи радиотехникалық құрылғылар

Оқытушы: Мамадияров Максат Муратович, қауымдастырылған профессор

«Электроника, телекоммуникациялар және ғарыштық технологиялар» кафедрасы

m.mamadiyarov@satbayev.university

- 1 Заманауи радиоқұрылғылардың ерекшеліктері
- 2 Software Defined Radio (SDR)
- 3 RF System-on-Chip және интеграция
- 4 Цифрлық қабылдағыштар мен таратқыштар
- 5 MIMO және антенналық массивтер
- 6 Фазаланған массив және beamforming
- 7 IoT және төмен қуатты радиоқұрылғылар
- 8 mmWave, радар және спутниктік құрылғылар

Қазіргі радиоқұрылғылар аналогтық RF трактілерді, жоғары жылдамдықты цифрлық өңдеуді және бағдарламалық басқаруды бір жүйеде біріктіреді.

ИНТЕГРАЦИЯ

Көптеген RF, ADC/DAC және цифрлық блоктарды бір микросхемаға немесе модульге біріктіру.

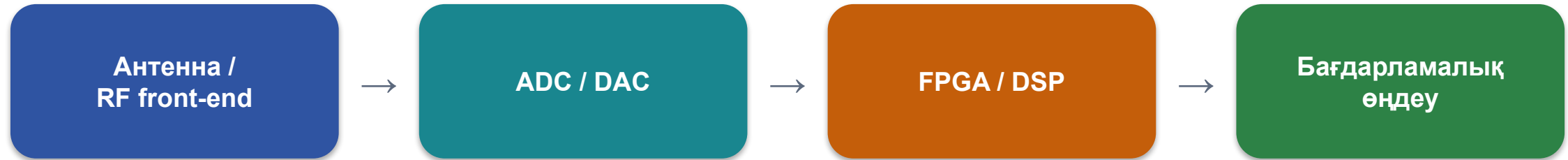
БАҒДАРЛАМАЛЫҚ БАСҚАРУ

Жиілік, жолақ ені, модуляция және сигнал өңдеу алгоритмдерін бағдарламалық өзгерту.

АДАПТИВТІЛІК

Арна жағдайына қарай қуат, сәуле бағыты, модуляция және ресурстарды динамикалық реттеу.

Негізгі мақсат: ықшамдық + икемділік + жоғары дерек жылдамдығы + энергия тиімділігі.



АРТЫҚШЫЛЫҚ

Бір аппараттық платформада әртүрлі радиостандарттарды іске асыруға болады.

ИКЕМДІЛІК

Алгоритмдерді жаңарту және тәжірибелік зерттеу ыңғайлы.

ШЕКТЕУ

ADC/DAC жылдамдығы, есептеу ресурсы және RF front-end диапазоны әсер етеді.

RF FRONT-END

LNA, PA, mixer, PLL және сүзгі блоктары.

DATA CONVERTERS

Жоғары жылдамдықты ADC және DAC.

DSP / FPGA

Модуляция, демодуляция, сүзгілеу және синхрондау.

CPU / MCU

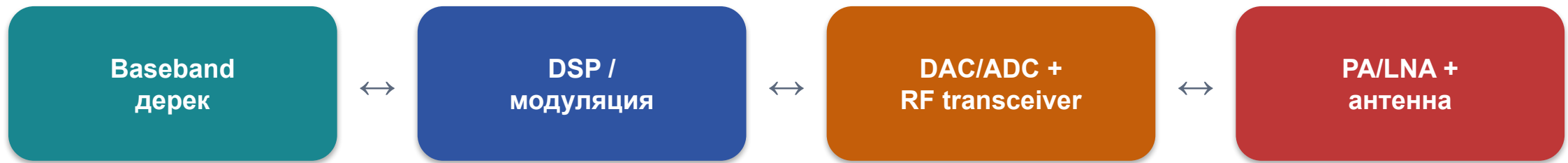
Жүйелік басқару, протоколдар және интерфейстер.

MEMORY

Буферлеу, конфигурация және алгоритмдер.

INTERFACES

Ethernet, PCIe, USB және басқа цифрлық байланыстар.



Трансивер бір құрылғыда қабылдау және тарату трактілерін біріктіреді.

DIRECT CONVERSION

RF ↔ baseband тікелей түрлендіру арқылы IF каскадтарын азайтуға болады.

I/Q АРНАЛАР

Күрделі цифрлық модуляцияларды өңдеудің негізгі формасы.

КАЛИБРЛЕУ

I/Q imbalance, DC offset және LO leakage сияқты қателерді түзету маңызды.

MIMO және көпантенналық жүйелер



MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) бірнеше тарату және қабылдау антеннасын пайдаланып, радиоканалдың кеңістіктік өлшемін қолданады.



DIVERSITY

Сенімділікті арттыру

MULTIPLEXING

Дерек жылдамдығын
арттыру

BEAMFORMING

Энергияны бағыттау

Фазаланған антенналық массив және beamforming



Фазаланған массивте әр элементтің фазасы және кейде амплитудасы басқарылып, сәуле бағыты механикалық қозғалыссыз электрондық түрде өзгереді.



Басқарылатын бағытталған сәуле

ЭЛЕКТРОНДЫҚ СКАНЕРЛЕУ

Сәуле бағытын жылдам өзгерту.

КЕДЕРГІНІ БАСУ

Нөлдер мен тар сәулелер арқылы кеңістіктік селективтілік.

ҚОЛДАНЫЛУЫ

5G/6G, радар, спутниктік терминал және радиолокация.

АЗ ҚУАТ

Ұзақ батареялық жұмыс үшін ұйқы режимдері мен төмен тұтынатын RF блоктар қолданылады.

АЗ ДЕРЕК АҒЫНЫ

Көптеген датчиктер қысқа пакеттерді сирек жібереді.

КЕҢ ҚАМТУ

LPWAN тәсілдері төмен жылдамдықпен үлкен аумақта байланыс ұйымдастырады.

Құрылғы архитектурасында RF трансивер, микроконтроллер, датчик, қорек көзі және антенна бірікшім модульге біріктіріледі.

Негізгі инженерлік компромисс: байланыс қашықтығы ↔ дерек жылдамдығы ↔ энергия тұтыну.

mmWave жүйелерінде жоғары жиіліктер үлкен өткізу жолағын береді, бірақ таралу шығындары мен блокталуға сезімталдық артады.

КЕҢ ЖОЛАҚ

Жоғары дерек жылдамдығы үшін үлкен спектр ресурсы.

ШАҒЫН АНТЕННА

Қысқа толқын ұзындығы бір модульге көп элемент орналастыруға мүмкіндік береді.

BEAMFORMING

Жоғары таралу шығынын өтеу үшін бағытталған сәулелер маңызды.

Мұндай құрылғыларда RFIC, phased array, жоғары дәлдікті синтезатор және жылулық басқару бірлесіп жобаланады.

РАДАР

Сигналды таратып, объектіден шағылған сигналдың кідірісі, жиілігі және фазасы бойынша қашықтық пен қозғалысты бағалайды.

СПУТНИКТІК ТЕРМИНАЛ

Жоғары күшейтетін антенна, төмен шулы қабылдағыш және тұрақты жиілік синтезін қажет етеді.

GNSS ҚАБЫЛДАҒЫШ

Өте әлсіз спутниктік сигналдарды корреляциялық өңдеу арқылы қабылдайды.

Заманауи радарларда FMCW, цифрлық beamforming және көпарналы қабылдау кеңінен қолданылады.

Спутниктік құрылғыларда энергия тиімділігі, антенна бағыты және доплерлік ығысу маңызды факторлар.

Құрылғы	Негізгі ерекшелік	Негізгі талап
SDR	Бағдарламалық қайта конфигурация	ADC/DAC және есептеу өнімділігі
MIMO	Көп антенналы кеңістіктік өңдеу	Арнаны бағалау және синхрондау
IoT radio	Төмен қуат, ықшамдық	Энергия тиімділігі
mmWave	Кең жолақ, phased array	Beamforming және RF интеграция
Radar	Шағылған сигналды өлшеу	Дәл уақыт/жиілік өңдеуі



1

SDR технологиясының негізгі идеясы қандай?

2

RF System-on-Chip интеграциясының артықшылығы неде?

3

Цифрлық трансиверде I/Q арналары не үшін қолданылады?

4

MIMO жүйесінің негізгі үш мүмкіндігін атаңыз.

5

Beamforming қалай іске асырылады?

6

IoT радиоқұрылғыларында қандай компромисс маңызды?

7

mmWave жүйелерінде фазаланған массив не үшін қажет?

Қорытынды

- ✓ Заманауи радиоқұрылғылар RF аппараттық бөлігін цифрлық өңдеу және бағдарламалық басқарумен біріктіреді.
- ✓ SDR және RF SoC бір аппараттық платформада бірнеше радиофункцияны іске асыруға мүмкіндік береді.
- ✓ MIMO және beamforming кеңістіктік ресурсты пайдаланып, байланыс сапасы мен өткізу қабілетін арттыруға бағытталған.
- ✓ IoT құрылғыларында төмен қуат тұтыну, ал mmWave жүйелерінде кең жолақ пен бағытталған антенналар маңызды.
- ✓ Радар, спутниктік және жаңа буын байланыс жүйелері жоғары интеграцияланған, адаптивті радиотехникалық архитектураларға сүйенеді.

Силлабус: 14-дәріс — «Заманауи радиотехникалық құрылғылар».