



Радиотехникалық құрылғылар және радиожүйелер элементтері

15-дәріс

Қорытынды шолу және жүйелік интеграция

Оқытушы: Мамадияров Максат Муратович, қауымдастырылған профессор

«Электроника, телекоммуникациялар және ғарыштық технологиялар» кафедрасы

m.mamadiyarov@satbayev.university



1

Радиосигналдар және олардың параметрлері

2

Тербелмелі контурлар мен сүзгілер

3

Күшейткіштер және генераторлар

4

Модуляция және жиілікті түрлендіру

5

Қабылдағыш және таратқыш құрылғылар

6

Антенна–фидер трактісі

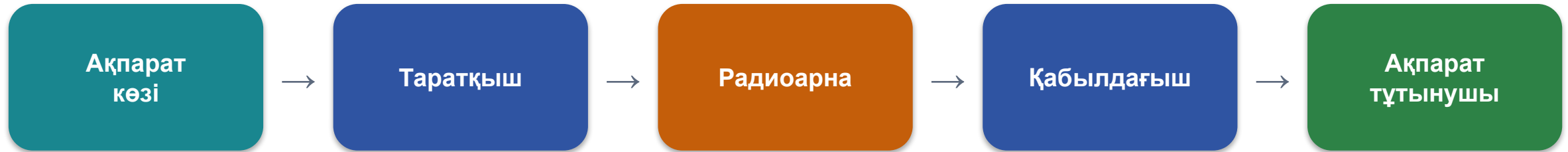
7

Шу, кедергі және жүйелік сапа

8

Заманауи радиоқұрылғылар және интеграция

Радиожүйені біртұтас жүйе ретінде қарастыру



ЭНЕРГЕТИКА

Қуат, күшейту, шығын және қабылдағыш сезімталдығы.

СПЕКТР

Жиілік, жолақ ені, сүзгілеу және модуляция.

САПА

SNR, кедергі, бұрмалану және ақпарат сенімділігі.



Әр блок сигнал параметрлерін өзгертеді, бірақ негізгі мақсат — ақпаратты мүмкіндігінше аз бұрмалаумен жеткізу.

Сондықтан жеке элементтерді ғана емес, олардың өзара әсерін де есепке алу қажет.

СИГНАЛДЫ ДАЙЫНДАУ

Кодтау, сүзгілеу, baseband өңдеу.

МОДУЛЯЦИЯ

Ақпаратты тасымалдаушыға енгізу.

UPCONVERSION

Сигналды жұмыс RF диапазонына көшіру.

ҚУАТ КҮШЕЙТКІШІ

Антеннаға қажетті RF қуатын қалыптастыру.

ШЫҒЫС СҮЗГІСІ

Гармоникалар мен паразиттік өнімдерді басу.

АНТЕННА

RF энергиясын кеңістікке сәулелендіру.

АНТЕННА / RF СҮЗГІ

Қажетті диапазонды қабылдау және алдын ала селекция.

LNA

Әлсіз сигналды аз қосымша шумен күшейту.

АРАЛАСТЫРҒЫШ + LO

RF сигналды IF немесе baseband-қа түрлендіру.

IF / BASEBAND

Негізгі сүзгілеу және күшейту.

ДЕМОДУЛЯЦИЯ

Ақпараттық сигналды тасымалдаушыдан бөлу.

DSP / ДЕКОДТАУ

Синхрондау, шешім қабылдау және деректі қалпына келтіру.

Радиолинияның жұмыс қабілеттілігін бағалауда таратқыш қуаты, антенна күшейтуі, таралу шығыны және қабылдағыш сезімталдығы бірге қарастырылады.

$$Pr(dBm) = Pt + Gt + Gr - L_{path} - L_{tx} - L_{rx}$$

Pt, Gt, Gr

Таратқыш қуаты және таратушы/қабылдаушы антенна күшейтулері.

L_{path}

Радиоарнадағы таралу шығыны.

L_{tx}, L_{rx}

Кабель, коннектор, сүзгі және басқа тракт шығындары.

Pr қабылдағыштың қажетті сезімталдық шегінен жоғары болуы тиіс.

Қабылданған қуаттың өзі жеткіліксіз: ақпарат сапасы пайдалы сигнал мен шу/кедергі деңгейінің қатынасына тәуелді.

$$\text{SNR} = P_s / P_n$$

$$N = kTB$$

ЖОЛАҚ ЕНІ

В артса, жылулық шу қуаты өседі.

NOISE FIGURE

Қабылдағыш каскадтары SNR-ды қосымша нашарлатады.

СҮЗГІЛЕУ

Қажетсіз спектрді шектеу SNR мен кедергіге төзімділікті жақсартады.

ҚУАТ ↔ ҚАШЫҚТЫҚ

Жоғары қуат қамтуды арттырады, бірақ энергия тұтыну мен жылуды өсіреді.

ЖОЛАҚ ↔ ШУ

Кең жолақ жоғары дерек жылдамдығын қолдайды, бірақ шу қуатын арттырады.

СЫЗЫҚТЫЛЫҚ ↔ ПӘК

РА-да жоғары сызықтылық пен жоғары тиімділікті қатар қамтамасыз ету күрделі.

КҮШЕЙТУ ↔ ТҰРАҚТЫЛЫҚ

Жоғары күшейту кері байланыс пен қозу қаупін арттыруы мүмкін.

СЕЛЕКТИВТІЛІК ↔ КҮРДЕЛІЛІК

Жоғары сапалы сүзгілеу аппараттық күрделілікті арттырады.

ӨЛШЕМ ↔ СИПАТТАМА

Ықшам интеграция жылулық, ЕМІ және антенна шектеулерін күшейтеді.

ИМПЕДАНС

RF блоктар арасында 50 Ω тракт және келісу шарттарын сақтау.

ЖИІЛІК / ЖОЛАҚ

Әр каскадтың жұмыс диапазоны мен сүзгі жолағының сәйкестігі.

ҚУАТ ДЕҢГЕЙІ

Кіріс/шығыс деңгейлері компрессия және зақымдану шектерінен аспауы тиіс.

ҚОРЕК

Кернеу, ток, пульсация және жерлендіру талаптары.

СИНХРОНДАУ

LO, reference clock және цифрлық интерфейс уақыттарының сәйкестігі.

ЕМС / ЖЫЛУ

Экрандау, PCB layout, салқындату және өзара кедергіні бақылау.



SDR

Радиофункциялардың бір бөлігі бағдарламалық түрде іске асырылады.

MIMO / BEAMFORMING

Көпантенналық кеңістіктік өңдеу жүйемен бірге интеграцияланады.

АДАПТАЦИЯ

Жиілік, модуляция, қуат және сәуле параметрлері арнаға қарай өзгеруі мүмкін.

БЕРІЛГЕНІ

$P_t = 20 \text{ dBm}$
 $G_t = 5 \text{ dBi}$
 $G_r = 2 \text{ dBi}$
 $L_{\text{path}} = 80 \text{ dB}$
 $L_{\text{tx}} + L_{\text{rx}} = 3 \text{ dB}$

Қабылданатын қуат:

$$P_r = P_t + G_t + G_r - L_{\text{path}} - L_{\text{tx}} - L_{\text{rx}}$$

$$P_r = 20 + 5 + 2 - 80 - 3$$

$$P_r = -56 \text{ dBm}$$

Егер қабылдағыштың қажетті сезімталдығы -90 dBm болса, осы қарапайым баланс бойынша қуат қоры 34 dB .
Нақты жобада fading, interference және қосымша қорлар да ескеріледі.

1

Радиожүйенің негізгі функционалдық блоктарын атаңыз.

2

Таратқыш пен қабылдағыш трактілерінің өзара байланысы қандай?

3

Link budget қандай параметрлерді біріктіреді?

4

SNR және Noise Figure жүйелік сапаға қалай әсер етеді?

5

Антенна–фидер трактісіндегі келісу не үшін маңызды?

6

Жүйелік интеграцияда қандай инженерлік компромистер кездеседі?

7

Заманауи SDR/MIMO радиожүйесінде аппараттық және бағдарламалық бөліктер қалай біріктіріледі?

Курс қорытындысы

- ✓ Радиожүйе — сигнал көзі, таратқыш, арна, қабылдағыш және антенна–фидер трактісі өзара байланысқан тұтас жүйе.
- ✓ Өр блоктың жиілік, қуат, шу, сызықтылық және импеданс параметрлері көрші блоктармен үйлесуі тиіс.
- ✓ Жүйелік сапа энергетикалық баланс, SNR, селективтілік, кедергіге төзімділік және спектрлік талаптар арқылы бағаланады.
- ✓ Интеграция кезінде аппараттық RF бөлік, цифрлық өңдеу, қорек, синхрондау, EMC және жылулық режим бірге қарастырылады.
- ✓ Курс радиосигналдан бастап заманауи интеграцияланған SDR/MIMO радиожүйелеріне дейінгі негізгі элементтерді қамтыды.

Силлабус: 15-дәріс — «Қорытынды шолу және жүйелік интеграция».