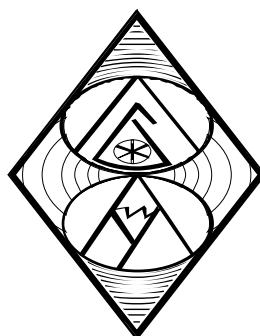


**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ**

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті

Автоматика және телекоммуникация институты
«Радиотехника, электроника және телекоммуникация» кафедрасы



Ержігітов Т., Күсен К.Е.

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯ ЖҮЙЕЛЕРІ

Студенттің пәндік оқу – әдістемелік кешені
(050702 – Автоматтандыру және басқару мамандығы үшін)

Алматы 2010

1 Пәннің оқу бағдарламасы – Syllabus

1.1 Оқытушылар туралы мәліметтер:

Сабақты жүргізуші оқытушы: Ержігітов Тұрлыбек, оқытушы

Байланыс телефоны: 2927745

Кафедрадағы орны: №6 каб.

1.2 Пән мәліметтері:

Аты: Телекоммуникация жүйелері

Кредит саны: 3

Өткізілетін аудитория: ВК, 409 ауд., РЭТ кафедрасы, №8 каб.

1 кесте

Оқу жоспарының көшірмесі

Курс	Семестр	Кредиттер	Аптадағы академиялық сағаттар саны				Бақылау түрі	
			Лекциялар	Зерт.сабақтар	СӨЖ	СОӨЖ	Барлығы	
4	7	3	2	1	3	3	9	емтихан

1.3 Пререквизиттері: Пән материалы келесі: Тасымалдаудың талшықты-оптикалық жүйелері, Сигналдарды тасымалдау және өңдеу, Радиоэлектроника негіздері және Телетрафик теориясы пәндерінде қарастырылған мәліметтерге негізделеді. «Телекоммуникация жүйелері» курсына оқу кезінде студенттердің осы пәндерді білуі міндетті.

1.4 Постреквизиттері: 050702 – Автоматизация және басқару мамандығы бойынша арнаулы курстар: ВОСП, ОР, Өндірісті автоматтандыру, Автоматтандыру жүйелері және басқару.

1.5 Пәннің қысқаша мінездемесі: Ақпаратты-есептеу тораптарының классификациясы мен сипаттамалары, олардың бағдарламалық және аппараттық жабдықталуы, маршрутталу алгоритмдері мен ақпаратпен алмасу протоколдары, тораптар арқылы тасымалданатын ақпаратты кодтаудың сенімді жолдары, әртүрлі әсерлерден қорғау тәсілдері, тораптық және қолданбалы дәрежелердегі қауіпсіздік пен төзімділікті қамтамасыз ету, трафикті басқару және қызмет көрсету сапасын көтеру, ақпаратты түрлендіру жолдары сияқты мәселелер қарастырылады.

1.6 Тапсырмалардың тізімі мен түрлері және орындалу графигі:

2 кесте

Тапсырмалардың түрлері мен орындалу мерзімі

Бақылау түрлері	Жұмыс түрі	Жұмыс тақырыбы	Қолданылатын әдебиет және оның беттері	Тапсыру мерзімі
1	2	3	4	5
К Ү н д е л і к т і б а қ ы л а у	№1 зертханалық жұмыс	NetCracker Professional 4.0 модельдеу жүйесімен танысу	Нег. 1 [12-15]	1,2-апта
	№1 өзіндік жұмыс	Телекоммуникацияның математикалық аппараты	Нег.2, [10-17]	1,2- апта
	№2 зертханалық жұмыс	NetCracker Professional 4.0 модельдеу жүйесінің бас менюімен жұмыс істеу	Нег. 2, [10-17]	3,4- апта
	№2 өзіндік жұмыс	Телекоммуникация жүйесінің жүктемесі	Нег. 2, [20-24]	3,4- апта
	№3 зертханалық жұмыс	Қарапайым ағынды модельдеу	Нег. 2 [23-25]	5,6- апта
	№3 өзіндік жұмыс	Қарапайым ағынға күмәнсіз шығынды толық қолжетімді жүйе арқылы қызмет көрсету	Нег. 2, [28-30]	5,6- апта
	№4 зертханалық жұмыс	Ретсіз ағындарды жинақтау	Нег. 2, [45-57]	7,8- апта
К Ү н д е л і к т і б а қ ы л а у	№4 өзіндік жұмыс	Ұстам уақыты тұрақты болғандағы қарапайым ағынның шақырымдарына қызмет көрсету	Нег.2, [39-50]	7,8- апта
	№5 зертханалық жұмыс	Күмәнсіз шығынды толық қолжетімді жүйені талдау		9,10- апта
	№5 өзіндік жұмыс	Бәрке моделі	Нег.2, [52-54]	9,10- апта
	№6 зертханалық жұмыс	$i = V$ болғандағы шығынды толық қолжетімді топтама	Нег. 2, [55-57]	11,12- апта
	№6 өзіндік жұмыс	Оптималды толық қолжетімді емес схемалар	Нег. 2, [59-81]	11,12- апта
	№7 зертханалық жұмыс	Буферлі және бір серверлі цифрлық торапты модельдеу	Нег. 2, [28-37]	13,14- апта
	№7 өзіндік жұмыс	Толық қолжетімді емес қосылмалы оптималды схеманы тұрғызу алгоритмі	Нег. 2, [28-30]	13,14- апта
	№8 зертханалық жұмыс	Үш аралық бөлікті схеманы модельдеу	Нег. 2, [89-92]	15-апта
Аралық бақылау	№1 тесттік бақылау			7-апта
	№2 тесттік бақылау			15- апта
Қорытынды бақылау	Емтихан			

1.7 ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

Негізгі әдебиет:

1. Крук Б.И., Попантонопуло В.Н., Шувалов В.П. / Телекоммуникационные сети М: Горячая линия – Телеком, 2004г.
2. Пескова С.А., Кузин А.В., А.Н. Волков / Сети и телекоммуникации М.: Академия, 2006г.
3. Ретана А., Сиатс Д., Уайт Р. Принципы проектирования корпоративных сетей. М: Вильямс, 2002г.
4. Ниеталин Ж.Н., Кусен К.Е., Ниеталина Ж.Ж. Учебн. пособие к лабораторным работам по курсу «Теория электрической связи» - Алматы: КазНТУ, 2000.
5. Голд Б., Рэйдер Ч. Цифровая обработка сигналов / Пер. с англ.; Под ред. А.М. Трахтмана. – М.: Сов. Радио, 1973.
6. Рабинер Л., Гоулд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов / Пер. с англ.; Под ред. Ю.И. Александрова. – М.: Мир, 1978.
7. Digital Signal Processing Applications Using the ADSP-2100 Family. – Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1992.
8. Марпл-мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения / Пер. с англ. – М.: Мир, 1990.

Қосымша әдебиет:

1. Шляндин В.М. Цифровые измерительные устройства. 1981.
2. Орнатский П.П. Автоматические измерения и приборы. 1986.
3. Шанаев О.Т. Система моделирования Electronics Workbench. – Алматы, 2003.
4. Оформление электрических схем с использованием программы AutoCAD14. 2001г. №3023.
5. Схемотехническое моделирование элементов и узлов ЭВА и РЭА. 1994г. №2085.
6. Проектирование цифровых и аналого-цифровых узлов в САПР OrCAD9.1. 2002г. №3180.
7. Изьюрова Г.И., Королев Г.В., Терехов В.А. и др. Расчет электронных схем. – М.: Высшая школа, 1987.
8. Джонс М.Х. Электроника. Практический курс. – М.: Постмаркет, 1999.
9. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. – М.: Мир, 1983.
10. Забродин Ю.С. Промышленная электроника. М.: Высшая школа, 1982.
11. Телекоммуникация жүйелері пәні бойынша зертханалық жұмыстарды орында бағдарламасы.
12. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники. – ДМК Пресс, 2001.
13. Лачин В.И., Совелов Н.С. Электроника. Учебное пособие. – Ростов: Феникс, 2002.
14. Терехов В.А. Задачник по электронным приборам. – М.: Энергоатомиздат, 1983.

1.8 Білімді бақылау және бағалау

3 кесте

Рейтингтік % бақылау түрлері бойынша бөлу

Қорытынды бақылау түрі	Бақылау түрлері	%
Емтихан	Қорытынды бақылау	100
	Аралық бақылау	100
	Ағымды бақылау	100

4 кесте

«Телекоммуникация жүйелері» пәні бойынша бақылаудың барлық түрлерін тапсырудың календарлық графигі

Апталар	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Бақылау түрлері	31	C1	32	C2	33	C3	АБ1	34	C4	35	C5	36	C6	37	АБ2
Бақылаудың апталық саны	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Бақылау түрлері: 3 – Зертханалық жұмыс, С - өзіндік жұмыс, АБ – аралық бақылау.

5 кесте

Студенттердің білімін бағалау

Баға	Әріптік эквивалент	%-пен	баллмен
Өте жақсы	A	95-100	4
	A-	90-94	3,67
Жақсы	B+	85-89	3,33
	B	80-84	3,0
	B-	75-79	2,67
Қанағаттанарлық	C+	70-74	2,33
	C	65-69	2,0
	C-	60-64	1,67
	D+	55-59	1,33
Қанағаттанарлықсыз	D	50-54	1,0
	F	0-49	0

Модульдер және аралық аттестация кезіндегі бақылауға арналған сұрақтар тізімі

1-ші модуль бойынша бақылауды өткізуге арналған сұрақтар:

1. Мәліметтерді коммутациялау тораптары.
2. Арналарды коммутациялау тораптары.
3. Пакеттерді коммутациялау тораптары.
4. Физикалық деңгей.

5. Арналық деңгей.
6. Тораптардың классификациясы.
7. Тораптарды байланыстыру.
8. Ақпараттар теориясы негіздері.
9. Ақпараттың анықтамасы.
10. Ақпаратты топтау.
11. Ақпараттарды тасымалдау жылдамдығын шектеу.
12. Аналогты сигналдарды дискреттеу.
13. Қателерді тауып және коррекциялаушы кодтар.
14. Сигналдарды тасымалдаудың физикалық тәсілдері.

2-ші модуль бойынша бақылауды өткізуге арналған сұрақтар:

1. Кабельдік топология.
2. Шиналық топология.
3. Сақиналық топология.
4. Жұлдызша топология.
5. Кабельдерді орнату.
6. Кодтау және модуляциялау.
7. Модуляциясыз тасымалдау.
8. Модуляциялы тасымалдау.
9. Жиілікті және уақыт бойынша тығыздау.
10. Цифрлы телефон торабының иерархиясы.
11. Динамикалық және уақыт бойынша тығыздау.
12. Кодтық тығыздау.
13. Кадр форматы және адресация.
14. Күрделілігі анағұрлым жоғары протоколдар кадрларының форматтары.
15. Ортаға байланысты орнатуды басқару.

Аралық аттестацияны өткізуге арналған сұрақтар:

1. Негізгі цифрлық иерархияларды атаңыз және олардың пайда болу себептерін түсіндіріңіз.
2. PDH иерархиясы жүйесінің кемшіліктерін атап өтіңіз.
3. SDH иерархиясы жүйесінің PDH иерархиясы жүйесінен айырмашылығы неде?
4. WDM иерархиясын пайдалану қажеттілігінің себебі не?
5. STM-N ағынын жасаушы (құрушы) схема қандай қызмет атқарады?
6. C-12 негізгі контейнерлері STM-N ағынының жасалу (құрылу) принципін түсіндіріңіз.
7. «Контейнер» түсінігінің мағынасы не?
8. C-12-ден STM-N-ге өту (аудару) кезінде бірнеше сатылы мультиплексорлау қандай мақсатпен жасалады?

9. STM-1 циклы неден тұрады?
10. STM-1-дің тақырыптық байтының қызметі не?
11. Нұсқаулар (указатели) қандай қызмет атқарады?
12. STM-нің тақырыбындағы пайдаланылмайтын байттардың болуының себебі неде?
13. SDH-тің негізгі функционалдық модульдерін және олардың атқаратын қызметін атаңыз.
14. Терминальных мультиплексорлардың қандай ерекшеліктері бар?
15. Неге функционалдық модульдерде сигналдарды ішкі түрлендіру процесінің барлығы таза электрлік түрде болады?
16. Кросс-коммутаторлардың, КОУ регенераторларының функциялары мен ерекшеліктері қандай?
17. Базалық технологиялардың өзгешеліктері мен мүмкіндіктері неде?
18. Базалық технологиялардан күрделілігі жоғары архитектуралық шешімдерге өтуге не себеп болды?
19. Көп деңгейлі тораптарды орнату бізге қандай жаңа мүмкіндіктер береді?
20. SDH торабының архитектурасы Қазақстан мен Орталық Азияда қандай болуы мүмкін?
21. SDH жүйесінде жоғары дәрежедегі тұрақты синхронизацияны пайдалану қандай артықшылықтар береді?
22. «Байқатпай өту» (проскальзывание) дегеніміз не және SDH үшін қандай «Байқатпай өтулер» мүмкін болып табылады?
23. Синхронизациялау тораптарында жұмыстың қандай қалыптары бола алады?
24. Істен шығу жағдайында торапты қалыпқа келтіру үшін қандай талаптар орындалуы керек?
25. Сақиналық торапта қандай түрде синхронизация пайдаланылады?
26. TMN-ді басқару жүйесін енгізуге не себеп болды?
27. Торапты басқарудың төрт деңгейлі моделі дегеніміз не?
28. Тораптың элементтерін немесе торапты түгелімен басқару деңгейінде қандай мәселелерді шешуге тура келеді?
29. TMN-ді басқару жүйесін жасау кезінде қандай техникалық жабдықтар мен бағдарламалар пайдаланылады?
30. TMN жүйесінің техникалық орындалуы дегенді қалай түсінесіз?

1.9 Курстың саясаты және жүргізілу тәртібі

Талаптар: студент сабақты жібермей, қатысып отыруға, барлық бақылау түрлерінен уақытында есеп беруге, сабақтан қалған жағдайда (қандай себеппен болса да), ол сабақтың орнын толтыруға, сабаққа кешікпеуге, сабақ өтіп жатқан уақытта тәртіп сақтауға міндетті (мобильді телефонмен сөйлесу және басқа да істермен айналысуға болмайды). Студент қорытынды бақылауға тек бақылаудың барлық түрлерін тапсырып біткен соң ғана жіберіледі.

2. Таратылатын қажетті материалдар мазмұны

2.1 Курстың тематикалық жоспары

Тақырыптар аты	Академиялық сағаттар саны			
	лекция	зертх.	СОӨЖ	СӨЖ
1. Телекоммуникация жүйелері. Негізгі түсініктер	2	1	3	3
2. Периодтық емес сигналдардың спектрлері	2	1	3	3
3. Сигналдарды түрлендіру.	2	1	3	3
4. Аналогты сигналдарды кванттау	2	1	3	3
5. Аналогты сигналдарды кодтау	2	1	3	3
6. Ақпаратты көпарналы тасымалдау	2	1	3	3
7. Арналарды жиіліктік жіктеу	2	1	3	3
8. Тасымалдаудың цифрлық жүйелері. Плезиохронды цифрлық иерархия (PDH)	2	1	3	3
9. Синхронды цифрлық иерархия (SDH)	2	1	3	3
10. Тасымалдаудың асинхрондық тәсілдері	2	1	3	3
11. Байланыс қызметтері	2	1	3	3
12. Электрлік байланыс тораптарындағы коммутация тәсілдері	2	1	3	3
13. Телекоммуникация қызметтері	2	1	3	3
14. Тораптарды коммутациялау тәсілдері	2	1	3	3
15. Телетрафик теориясы	2	1	3	3
Барлығы	30	15	45	45

2.2 Лекциялар конспекті

1 лекция. Телекоммуникациялық жүйелер. Негізгі түсініктер.

Информацияны тасымалдауға ыңғайлы түрге келтіру. Сигналдар

Телекоммуникациялық жүйе дегеніміз байланыс тораптарына қосылған абоненттердің Ұлттық стандарттармен реттелген өзара хабар алмасуы.

Телекоммуникацияны бір-бірінен қашықта орналасқан информациялық массивтарды байланыстыратын технология ретінде де қарастыруға болады.

Телекоммуникациялық жүйелерде ақпараттар ағымы электрондық сигналдар түрінде тасымалданады және олар аналогтық және цифрлық болып екі түрге бөлінеді.

Аналогтық сигналдар формасы синусоидалық үзіліссіз тербеліс болып табылады. Олар телекоммуникациялық жүйелерде негізінен дауысты тасымалдауда қолданылады.

Цифрлық сигналдардың аналогтық сигналдардан айырмасы, олардың

мәндері дискретті және формаларының импульс түрінде болуында.

Ақпарат цифрлық сигналдардың көмегімен, алдын-ала сигналдың екі дискреттік - 0 және 1 мәнімен кодталған түрінде тасымалданады.

Тасымалдаудың мұндай тәсілі тек екілік информацияны ғана қабылдайтын компьютерлерді қолдануда өте ыңғайлы болып табылады. Бірақ коммуникациялық арналардың көбісінде цифрлық ақпараттарды тасымалдау үшін оларды міндетті түрде алдын-ала түрлендіріп алу қажет. Мысалы барлық цифрлық сигналдарды байланыс арнасына жіберу алдында аналогтық түрге келтіріп алу керек. Осындай түрлендіруді орындайтын жабдықтың бір түрі **модем (modem - MODulation/DEModulation, модуляция/демодуляция)** деп аталады.

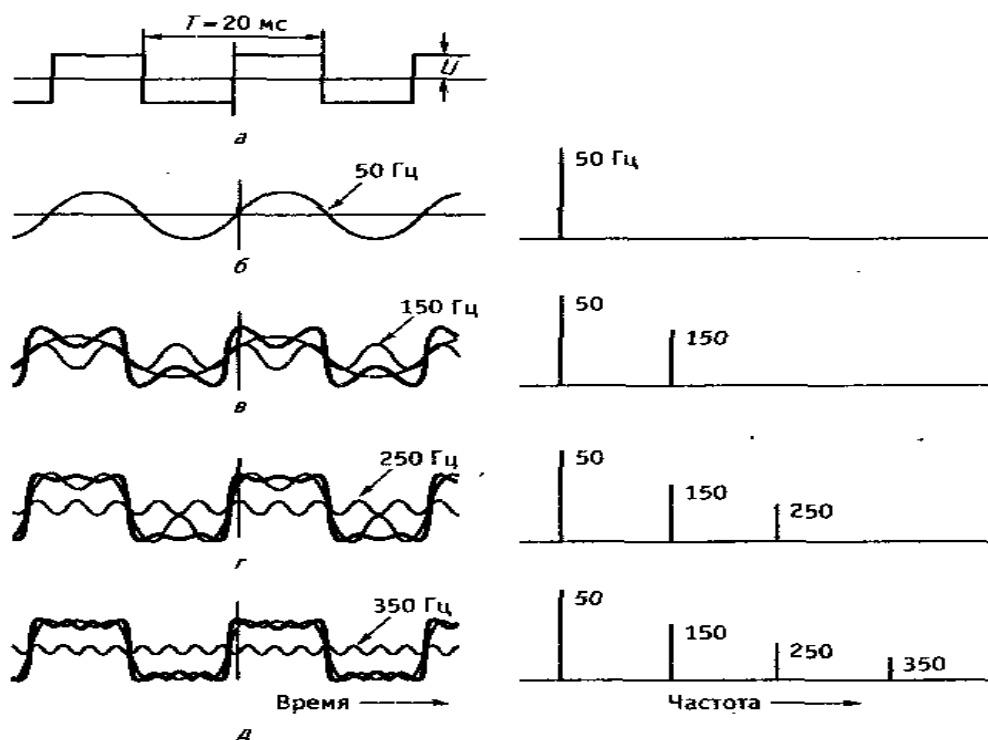
Сигналдардың спектрлері

Периодтық сигналдардың спектрі

Жоғарыда аталған сигналдардың өздері де **периодтық және периодтық емес** болып бөлінеді.

Периодтық сигнал деп мәндері белгілі бір тұрақты уақыт аралығында қайталанып отыратын сигналды айтады. Қайталану уақыты осы сигналдың периоды деп аталады. Периодтық емес сигналдарда бұл шарт орындалмайды.

Периодтық сигналдың ең қарапайым түрі $s(t) = S \sin \omega t$ формуласымен сипатталатын гармоникалық тербеліс болып табылады. Мұндағы S , ω – тербелістің амплитудасы мен бұрыштық жиілігі.



1-сурет. Тік бұрышты импульстердің периодтық тізбегі (а) және оның сигналдарының құрылуы (формирование) (б-д).

Периодтық сигналдың тағы бір мысалы - тік бұрышты импульстер тізбегі (1, а - сурет). Қарастыра келгенде бұл импульстер тізбегі синусоидалық сигналдардан тұратындығы анықталды. Бұны дәлелдеу үшін тербеліс периоды осы импульсті сигналдың периодымен (T) сәйкес синусоидалық сигналды алайық (1, б - сурет). Бұл (синусоидалық) сигнал үшін:

$$s(t) = S_1 \sin \omega_1 t, \quad (1.1)$$

мұнда S_1 – синусоиданың амплитудасы, ал $\omega_1 = 2\pi/T$ – бұрыштық жиілігі.

1-ші формулада көрсетілген ω_1 берілген жиілікті және амплитудасы S_1 -ге тең тербелісті горизонталь осьте ω_1 -ге тең жиілігінің мәнін, ал вертикаль осьте S_1 -ге тең амплитудасының мәнін белгілей отырып график түрінде көрсетуге болады (1, б - сурет).

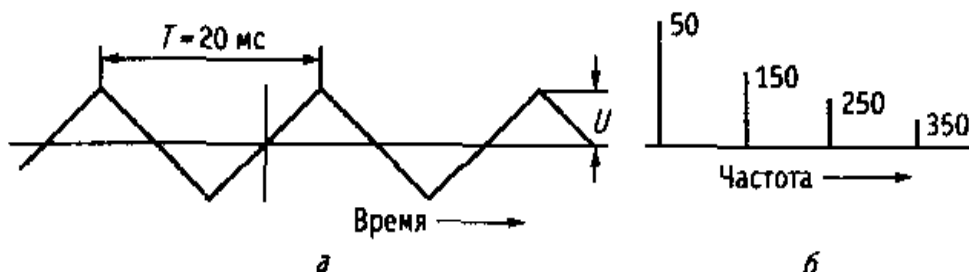
Бұл сигналдан жиілігі үш есе үлкен, ал амплитудасы үш есе кем сигналды алайық. Енді осы екі сигналды бір-біріне қосып ($S_1 \sin \omega_1 t + (S_1/3) \sin 3\omega_1 t$) қарайтын болсақ, оның нәтижесінде шыққан сигнал дәл тік бұрышты импульстей болмағанмен, соған ұқсас екенін аңғаруға болады (1, в - сурет). Егер біз, осы шыққан сигналға тағы жиіліктері 5, 7, 9, 11 және т.б. есе үлкен, ал амплитудалары 5, 7, 9, 11 және т.б. есе кіші сигналдарды қосатын болсақ:

$$s(t) = S_1 \sin \omega_1 t + (S_1/3) \sin 3\omega_1 t + (S_1/5) \sin 5\omega_1 t + (S_1/7) \sin 7\omega_1 t + (S_1/9) \sin 9\omega_1 t + (S_1/11) \sin 11\omega_1 t + \dots,$$

мұнда $S_1 = (4/\pi)U = 1,27U$, осы тербелістердің қосындылары тік бұрышты импульске өте жақын екенін көреміз (1, з, д - сурет).

Яғни, импульстердің «тік бұрыштылығының» дәрежесі жиіліктері жоғары, қосындыға кіретін синусоидалық сигналдардың санына тәуелді.

Тек тік бұрышты импульстар ғана емес, *кез-келген формалы* сигналдарды кәдуілгі синусоидалық сигналдардың *қосындысы* ретінде көрсетуге болатындығын ХІХ ғасырдың 20-шы жылдары француз ғалымы, математик Ж. Фурье дәлелдеп берді. Синусоидалардың бұл жиынтығы – сигналдың спектрі деп аталады. Басқа сигналдардан формасы бойынша ерекшеленетін әрбір сигналдың *жеке* өзіне тән *спектрі* бар, яғни кез-келген сигналды әрқайсысының тек *өзіндік жиілігі* мен *амплитудасы* бар синусоидалық сигналдардан шығарып алуға болады.



2-сурет. Үшбұрышты импульстер тізбегі (а) және оның и спектрі (б)

Мысалы, үшбұрышты формалы сигнал (2, а - сурет) келесі синусоидалар қосындысынан құралады:

$$s(t) = S_1 \sin \omega_1 t + (S_1/9) \sin 3\omega_1 t + (S_1/25) \sin 5\omega_1 t + \dots,$$

мұндағы $S_1 = (8/\pi^2)U = 0,81U$.

Оның спектрі 2, б – суретте көрсетілген.

Сонымен бірге, кейбір сигналдар синусоида емес, косинусоида түрінде де көрсетілуі мүмкін, мысалы:

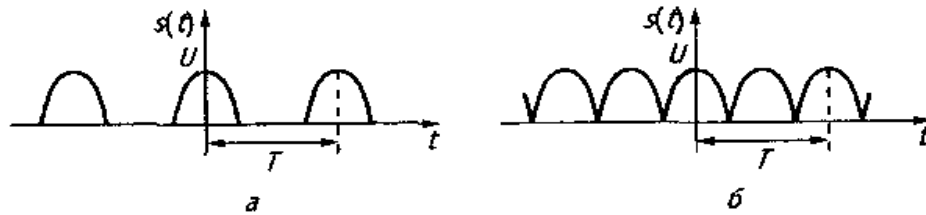
$$s(t) = C_0 + C_1 \cos \omega_1 t + C_2 \cos 2\omega_1 t + C_3 \cos 3\omega_1 t + \dots,$$

мұндағы C_0 – сигналдың тұрақты құраушысы.

3, а суретте көрсетілген сигнал үшін:

$$s(t) = C_0 + (C_0/4)\cos \omega_1 t + (C_0/3)\cos 2\omega_1 t - (C_0/15)\cos 4\omega_1 t + (C_0/35)\cos 6\omega_1 t + \dots,$$

мұндағы $C_0 = 2U/\pi = 0,64U$.



3-сурет. Бір- (а) және екі - (б) жартылай периодты түзеткіштермен (выпрямитель) түзетілген сигналдар

Бұл сигналды гармоникалық сигналды диодты, «жартылай периодты түзеткіш» деп аталатын схема арқылы өткізу кезінде алуға болады.

Ал кейбір сигналдар синусоидтардан да, косинусоидтардан да құрылуы мүмкін, яғни

$$s(t) = C_0 + S_1 \sin \omega_1 t + C_1 \cos \omega_1 t + S_2 \sin 2\omega_1 t + C_2 \cos 2\omega_1 t + S_3 \sin 3\omega_1 t + C_3 \cos 3\omega_1 t + \dots, \quad (1.2)$$

Бұл формулаға белгілі тригонометриялық арақатынасты қолданатын болсақ:

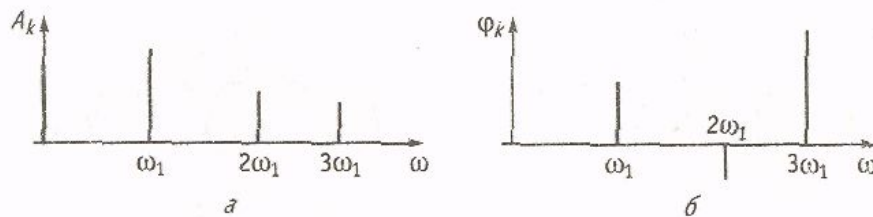
$$A \sin(\omega t + \varphi) = A \cos \varphi \sin \omega t + A \sin \varphi \cos \omega t = S \sin \omega t + C \cos \omega t,$$

мұндағы $S = A \cos \varphi$ және $C = A \sin \varphi$ деп белгілеп, 1.2-ші формуланы келесі түрде жазамыз:

$$s(t) = A_0 + A_1 \sin(\omega_1 t + \varphi_1) + A_2 \sin(2\omega_1 t + \varphi_2) + A_3 \sin(3\omega_1 t + \varphi_3) + \dots =$$

$$A_0 + \sum_{k=1}^{\infty} A_k \sin(k\omega_1 t + \varphi_k), \quad A_0 = C_0. \quad (1.3)$$

Бұл формула кез-келген периодтық сигналдың гармоникалардан (периодты сигналдардан) тұратындығын көрсетеді. Математикада бұл формула Фурье қатары деп аталады.



4-сурет. Амплитудалар (а) және фазалар (б) спектрлері

Егер әрбір гармониканың амплитудасын (A_k) және фазасын (φ_k) график

арқылы салып көрсететін болсақ, сигналдың спектралдық диаграммасын аламыз (4, а, б-сурет). Бұл суреттегі гармониканың амплитудаларына және фазаларына сәйкес сызықтар спектралдық сызықтар деп аталады.

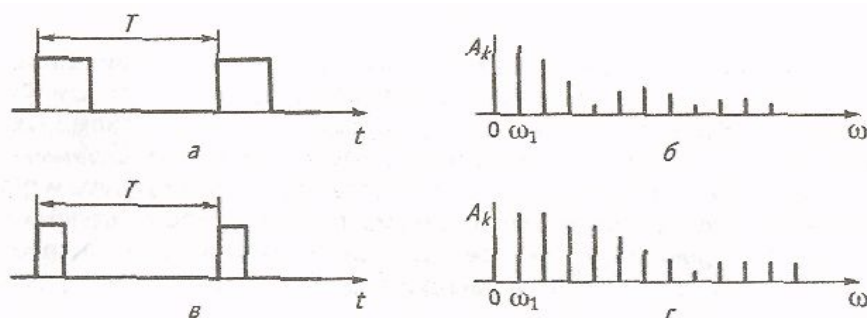
Гармоникалардың амплитудаларының (A_k) жиілікке сәйкес жіктелуі – *амплитудалар спектрі* (4, а-сурет), ал фазаларының (φ_k) жіктелуі – *фазалар спектрі* (4, б-сурет) деп аталады.

Күрделі тербелістің амплитудасы мен фазасы емес, тек жиіліктері ғана зерттелетін болса, онда сигналдың *жиіліктер спектрі* қарастырылады.

Периодтық сигналдың спектрі тек *жеке* спектралдық *сызықтардан* тұратын болғандықтан, оны (спектрді) дискреттік деп атайды.

Сигналдың бірінші гармоникасының жиілігі сол сигналдың *периодымен* ($T = 2\pi/\omega_1$) анықталады. Бұл формуладан, егер сигналдың периодын *тұрақты қалдырып*, импульстердің ұзындығын *өзгертетін болсақ*, бірінші гармоникасының жиілігі екі сигнал үшін де *сол күйінде* қалады (5, а, в-сурет). Өзгертін – амплитудаларының *азаяу жылдамдығы* (5, б, г-сурет). Импульс неғұрлым *қысқа* болса, гармониканың амплитудасының *азаяу жылдамдығы* да соғұрлым төмен болады. Демек, импульстің формасының «тік бұрыштылығын» сақтау үшін оның гармоникасының саны да *соғұрлым көп* болуы тиіс.

(Жабдықтың өткізу жиілігінің диапазоны сигналдың диапазонынан кіші болмау керек.)



5-сурет. Импульстердің ені кішірейгенде (а, в) амплитудалар спектрлерінің өзгеруі (б, г)

Сигналдардың спектрлерінің енін анықтауда қандай критерийлер қолданылмасын, оларға қатыссыз, барлық сигналдарға ортақ мынадай заңдылықтардың барлығы анықталды:

- сигналдардың фронттары неғұрлым *тік*, импульстері өте *қысқа* және олардың (импульстердің) арасындағы пауза неғұрлым *үлкен* болса, ол сигналдардың спектрлері де соғұрлым *кең* болады, яғни гармоникаларының амплитудалары да олардың номерлерінің *өсу ретіне қарай* соғұрлым *ақырын азаяды*.

Әдебиет нег.1 [10-15]

Бақылау сұрақтары

1. Сигналдардың қандай түрлері бар?
2. Периодты түрде қайталанып отыратын тік бұрышты импульс қандай

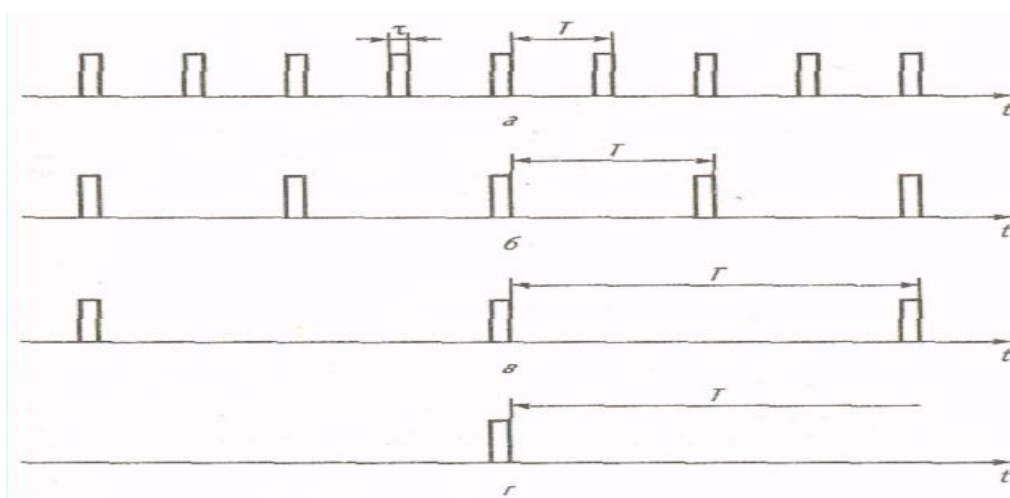
қарапайым құраушыларға жіктеледі?

3. Сигналдың спектрі дегеніміз не?

4. Қандай импульстің спектралдық құрамының амплитудасы тезірек азаяды: а) қысқасының немесе ұзынының? б) фронттары тік немесе жайдағының? в) қайталану жиілігі жоғарысының немесе төменінің?

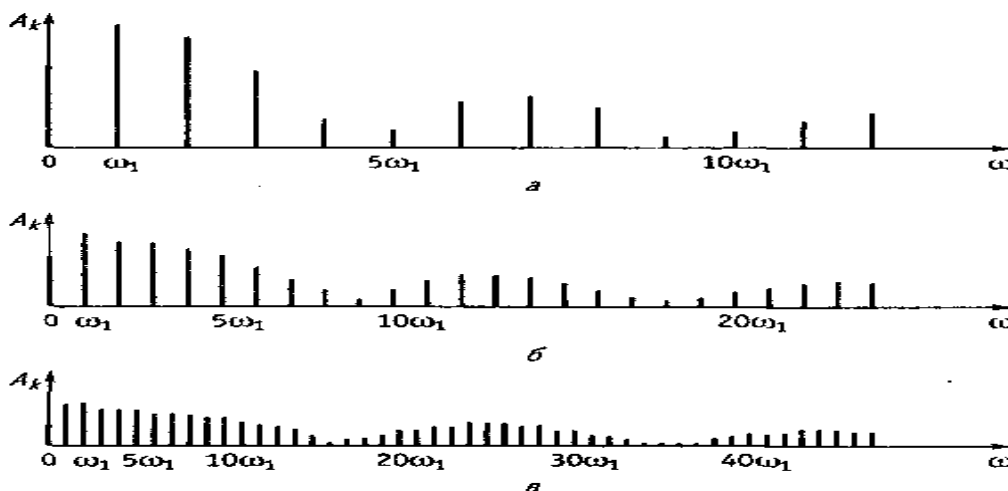
2 лекция. Периодты емес сигналдардың спектрі

Периодты емес сигналдарды периодын ∞ мәніне дейін (периодының енін шексіздікке дейін) көбейте отырып алуға болады (6, а-г сурет). Әртүрлі периодты сигналдардың амплитудаларының спектрі 7, а-в суретте көрсетілген.



6-сурет. Тік бұрышты импульстердің тізбегінің периодтының ұлғаюы (ұзаруы)

Сигналдың периодын ұлғайтқанда *бірінші гармониканың жиілігі* ($\omega_1 = 2\pi/T$) төмендейді де спектралдық сызықтары *қоюлана түседі*. Ал гармоникалардың амплитудасы *кішірейеді*, себебі, сигналдың энергиясы саны көбейген гармоникаларға бөлінеді, яғни, әрбір гармоникаға келетін энергия мөлшері *азаяды*.

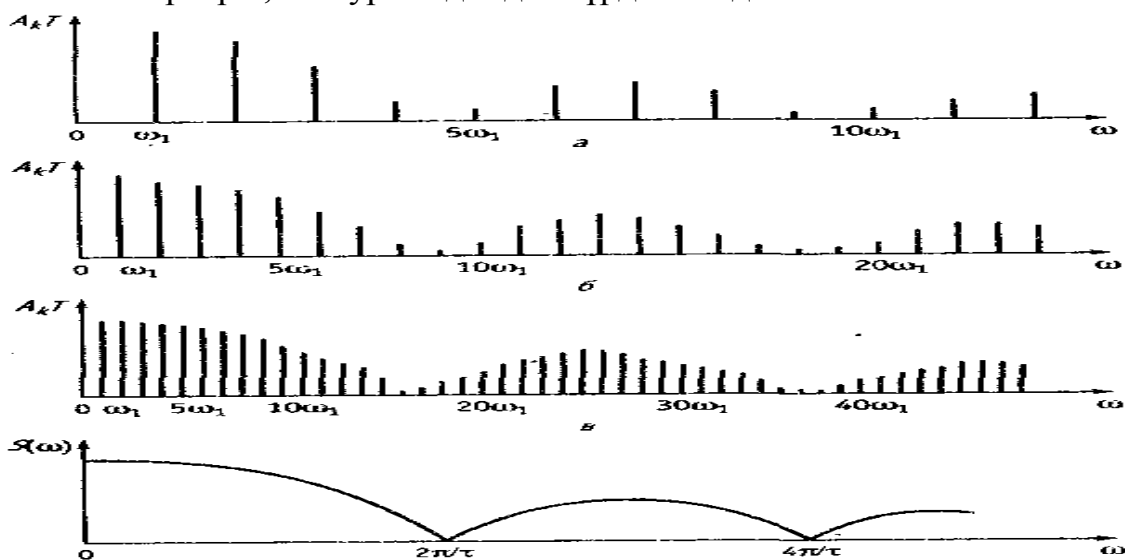


7-сурет. Периодтары әртүрлі тік бұрышты импульстердің тізбегінің спектрі

Демек, периодты емес сигналдардың (мысалы, жеке импульс) спектрінде

жеке гармоникалардың орнына саны шексіз, жиіліктері бір-біріне шексіз жақын, жиіліктер шкаласын түгел алатын синусоидалық тербелістер орналасады. Және бұл тербелістердің әрқайсысының амплитудасы, жоғарыда аталғандай, олардың үлесіне тиетін энергияның аздығына байланысты, өте кіші, нольге жақын болады. Басқаша айтқанда, бұл жағдайда шексіз кіші аралықта, шексіз кіші диапазонда, шексіз кіші шексіз кіші амплитудалы синусоидалық тербелісті табуға болады.

Бұл жағдайда шексіз кіші шамаларды бір-бірімен салыстыру ыңғайсыз болғандықтан, ординаталар осіне амплитуданың орнына, периодтың (T) өзгеруіне қарай тұрақты болып қалатын, гармоника амплитудасы мен периодтың көбейтіндісі ($A_k T$) салынады. Бұл координаталар жүйесінде 7, а-в суретте көрсетілген спектрлер 8, а-г суретіндегідей түрде болады.



8-сурет. Тік бұрышты импульстердің тізбегінің периоды ұлғаюы (ұзаруы) арқылы жеке импульстің спектрлік тығыздығына ауысуы (өтуі)

Периодты емес сигналдар үшін амплитудалар спектрі түсінігінің орнына шексіз кіші диапазонда синусоидалық тербелістің шексіз кіші амплитудасының меншікті салмағын анықтайтын - *амплитудалардың спектральдық тығыздығы* түсінігі енгізіледі (қолданылады). Ал фазалар спектрі түсінігі - *фазалардың спектральдық тығыздығы* түсінігімен алмастырылады.

Яғни, қорыта келгенде, периодты емес сигналдың спектрі дискретті емес, *үзіліссіз* болып табылады.

Әдебиет нег.1 [16-27]

Бақылау сұрақтары

1. Периодты сигналдан периодты емес сигналды қалай алуға болады?
2. Амплитудалардың спектральдық тығыздығы түсінігінің мағынасы не?
3. Периодты емес сигналдың спектрінің түрі қандай болады?
4. Периодты сигналдың спектрінің периодты емес сигналдың спектрінен айырмашылығы неде?

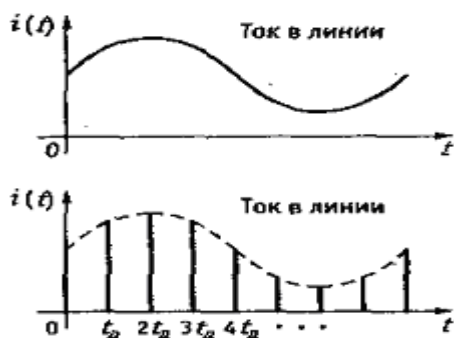
3 лекция. Сигналдарды түрлендіру

Сигналдарды дискреттеу, кванттау және кодтау. Аналогтық сигналдарды Дискреттеу

Көптеген сигналдар (телефон, факсимильдік, теледидар) аналогтық (үзіліссіз) болып табылады. Ал қазіргі кезде біз күнделікті өмірде негізінде цифрлық құрылғыларды пайдаланатын болғандықтан, айтылған үзіліссіз сигналдарды олар сипаттайтын процесстерді мүмкіндігінше толық жеткізетіндей етіп цифрлардың, немесе дискретті сигналдардың тізбегіне түрлендіру проблемасы туындайды.

Үзіліссіз шаманың мәндерін оның белгілі бір уақыт интервалы сайын алынып отыратын мәндерімен өрнектеу процесін үзіліссіз сигналды (шаманы) *дискреттеу* деп атайды. Яғни, бұл жағдайда үзіліссіз процесс (шама, сигнал) *ондық цифрлардың* (дискретті сигналдардың) тізбегі арқылы сипатталады.

Мысал ретінде телефон сигналын дискреттеуді қарастырайық. Микрофон қосылған, өтетін ток шамасы уақыттың үзіліссіз функциясы болып табылатын тізбекке кілт қойып, оны белгілі бір уақыт сайын қосып тұратын болсақ, тізбектегі пайда болатын тоқ өзгерісі - амплитудасы үзіліссіз сигналдың формасына сәйкес өзгертін импульстер түрінде болатынын байқауға болады. Яғни, біздің үзіліссіз сигналымыз (9-шы *а* сурет) дискретті сигналға айналады (9-шы *б* сурет).



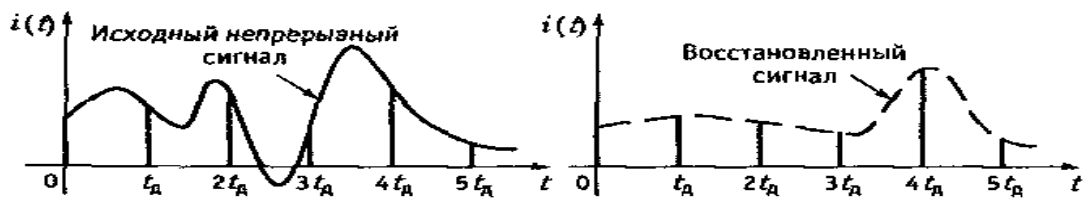
9 сурет. Телефон сигналының дискреттелуі

Өткен сайын үзіліссіз сигналдың мәндері алынып (өлшеніліп) отыратын уақыт аралығы t_d *дискретизация интервалы* деп аталады. Ал, f_d арқылы белгіленетін t_d -ға кері шама $1/t_d$ – *мәндерді алу нүктелері жиілігі* немесе *дискретизация жиілігі* деп аталады.

Үзіліссіз шаманың (сигналдың) өзгерісін толық қамту үшін мәндерді алатын нүктелердің арасы қаншалықты жақын болуы керек?

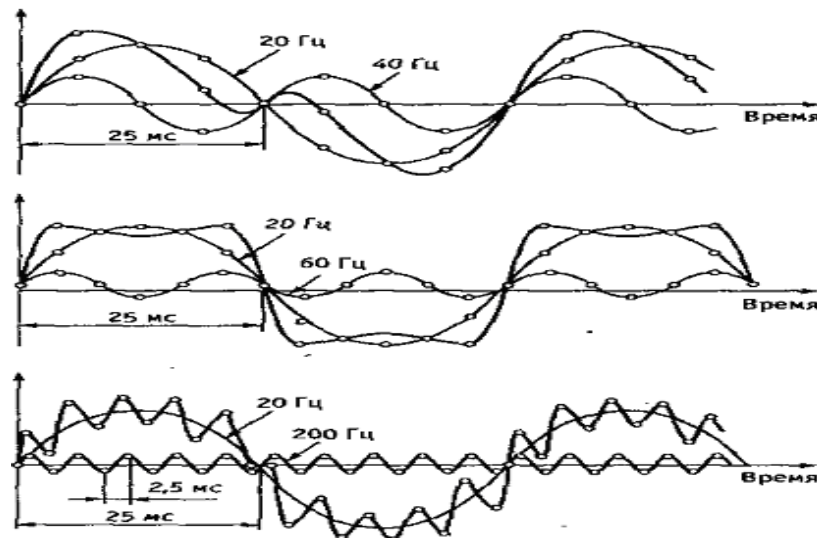
Бұл үшін, әрине, мәндерді алатын нүктелердің жиілігі (немесе мәндері алынып (өлшеніліп) отыратын уақыт аралығы) үзіліссіз шаманың (сигналдың) барлық, тіпті ең жылдам өзгерістерін де анықтауға мүмкіндік беретіндей дәрежеде болуы тиіс. Бұл шарт орындалмаған жағдайда алғашқы шаманы (сигналды) (кейбір бөліктерінің жоғалуына байланысты) толық қалпына келтіру мүмкін болмайды, оның формасы да алғашқы шаманың (сигналдың) формасынан өзгеше болады (10 сурет), яғни қабылданған дауыс негізгі дауыспен сәйкес болмайды.

Сондықтан, шаманың (сигналдың) барлық өзгерістерін мүмкіндігінше толық қамту үшін, оның мәндерін синусоиданың максимумы мен минимумдарына сәйкес келетін сәттерде алсақ жеткілікті болады, яғни, нүктелердің орналасу жиілігі дауыстың тербелісінің жиілігінен кем дегенде екі есе жоғары болуы керек. Мысалы, егер сигнал секундына 20 тербеліс жасайтын болса (жиілігі 20 Гц), оның максимумдары әрбір $1/20c$, яғни 50 мс сайын қайталанады. Ал максимумдары мен минимумдары 25 мс интервалды құрайды. Демек, мәндерді алу нүктелерінің орналасу аралығы 25 мс кем емес, немесе жиілігі секундына 40 нүкте (40 Гц) болады. Әдетте, шаманың (сигналдың) барлық өзгерістері мен формасын мүмкіндігінше толық қамтып, сақтау үшін бұл нүктелердің жиілігін шаманың тербелісінің жиілігінен екі есе емес, артықтау етіп - 10 немесе одан да үлкен етіп алады.



10 сурет. Қалпына келтірілген сигналдың формасының өзгерісі

Енді дыбыс толқындарын екі тербеліс көзі бір мезетте тарататын жағдайды қарастырайық. 11 суретте екінші толқынның жиілігі бірінші толқынға қарағанда 2, 3 немесе 10 есе жоғары болғандағы орын алатын процестер көрсетілген.



11 сурет. Тербеліс жиіліктері әртүрлі сигналдарды дискреттеу.

Бұл толқындардың бір бірімен қосылуы нәтижесінде алынған графиктен қорытынды тербелістің синусоидалық емес, және оның өзгеріс жылдамдығы жиілігі жоғары тербеліске (екінші тербеліске) тәуелді екендігі көрініп тұр. Яғни, қорытынды тербелістің барлық өзгерістерін мүмкіндігінше толық қамту үшін мәндерді алатын нүктелердің жиілігі екінші тербелістің жиілігінен кем

дегенде екі есе жоғары болуы керек. Ал, барынша толық қамту үшін, жоғарыда айтып өткеніміздей, олардың жиілігі 400 Гц-тен кем болмау керек. Яғни бұл нүктелердің арасы $1/400 = 0,0025 \text{ с} = 2,5 \text{ мс}$, немесе 0,5 мс болса тіпті жақсы.

МСЭ ұсынысы бойынша ескерілетін адам сөзінің тербелісінің ең жоғары жиілігі 3400 Гц. Ол цифрлық түрге көшіру кезінде 4000 Гц-ке тең етіп қабылданады, яғни мәндерді алатын нүктелердің жиілігі 8000 Гц, немесе олардың арасы $1/8000 = 0,000125 \text{ с} = 125 \text{ мкс}$ -қа тең.

Дискреттелген сигналдың спектрінің құрамында негізгі (алғашқы – исходный) сигналдың спектрі де (0-ден f -ке дейінгі жиіліктік диапазонда) болады. Сол себептен, негізгі (алғашқы – исходный) үзіліссіз сигналды дискреттелген сигналдан шығарып алу үшін дискреттелген сигнал шектелу жиілігі f -ке тең төменгі жиілікті фильтр арқылы өткізіледі.

Дискреттеу жиілігі f_d төмен (дискреттеу интервалы t_d өте үлкен) болса негізгі (алғашқы – исходный) сигналдың спектріне бұл сигналдың формасын өзгертетін «жақтау» спектрлері қосылуы мүмкін. Бұл қалпына келтірілген сигналдың негізгі сигналға сәйкес болмауына алып келеді. Ал дискреттеу жиілігі f_d жоғары (дискреттеу интервалы t_d кіші) болса негізгі (алғашқы – исходный) сигналды дискретті сигналдан төменгі жиілікті фильтр арқылы қиындықсыз шығарып алуға болады. Яғни, негізгі (алғашқы – исходный) сигналды дискретті сигналдан мүмкіндігінше өзгеріссіз шығарып алу үшін дискреттеу жиілігі f_d -ны осы сигналдың спектрінің енінен екі есе жоғары болуы керек. Мысалы, телефон сигналдары үшін $f_d = 8 \text{ кГц}$ -тен кем болмау керек екенін жоғарыда көрдік.

1933 жылы, өзінің «Эфирдің өткізу қабілеті туралы» деген еңбегінде В.А. Котельников цифрлық байланыстың теориясы мен техникасына негіз болған теоремасын дәлелдеді. Бұл теореманың мағынасы – спектрі f жиілікпен шектелген үзіліссіз сигнал жиілігі $f_d = 2F$ -ке, немесе дискреттеу интервалы $t_d = 1/2F$ -ке тең болғанда анықталған дискреттік мәндері арқылы толық және нақты қалпына келтіріледі – дегенге саяды.

Әдебиет нег.1 [28-40]

Бақылау сұрақтары

1. Сигналды дискреттеу дегеніміз не?
2. Дискреттелген сигналдан алғашқы сигнал қалай шығарып алынады?
3. Дискреттелген сигналдан үзіліссіз сигналды өзгеріссіз шығарып алу үшін дискреттеу жиілігі f_d қандай болуы керек?
4. Үзіліссіз сигналдың дискреттік нүктелері деп нені айтады?

Лекция №4. Аналогты сигналдарды кодтау

Үзіліссіз (аналогты) шамаларды (сигналдарды) кодқа түрлендіру кезінде олар уақыт бойынша дискретизацияланып, ал деңгейлері бойынша квантталады.

Үзіліссіз (аналогты) шама (сигнал) $x(t)$ -ны дискретизациялау деп оны

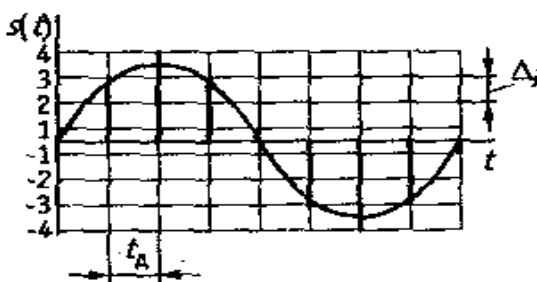
уақыт бойынша үзілісті (дискретті) шамаға түрлендіру, яғни мәндері нольге тең емес және ол мәндері үзіліссіз (аналогты) шама $x(t)$ -ның сәйкес мәндеріне тек белгілі бір уақыт сәттерінде ғана тең болатын шамаға айналдыру операциясын айтады.

Дискретизациялау уақытының екі қатар сәттерінің аралығы дискретизация қадамы деп аталады. Дискретизация қадамы тұрақты немесе өзгермелі болуы мүмкін.

Үзіліссіз (аналогты) шама (сигнал) $x(t)$ -ны деңгейі бойынша кванттау деп осы шаманы квантталған $x_k(t)$ -шамасына түрлендіру операциясын айтады. Квантталған шама дегеніміз - берілген диапазонда белгілі бір саны шектелген мәндерді ғана қабылдай алатын шаманы айтады. Квантталған шаманың анықталған (фиксированные) мәндері кванттау деңгейлері, ал қатар екі деңгейдің айырмасы – кванттау қадамы немесе квант деп аталады.

Үзіліссіз (аналогты) шаманы (сигналды) $s(t)$ -ны дискреттеу нәтижесінде олар АИМ-сигналдарды құрайтын жіңішке импульстердің тізбегіне түрлендірілсін. Бұл жағдайда осы алынған импульстердің амплитудасы $s(t)$ сигналының $i \cdot t_d$ сәттеріндегі мәндеріне тең (мұндағы $i = 0, 1, 2, 3, \dots$; t_d – импульстердің периоды немесе дискреттеу интервалы).

Осы АИМ-сигналды деңгейі бойынша кванттайық (12 сурет). Бұл процесс кезінде сигналдың (алғашқы сигналдың) амплитудаларының мәндерінің диапазоны кванттау қадамы деп аталатын Δ_i бөліктерге (кесінділерге) бөлінеді де, импульстердің алғашқы сигналдың кванттау нәтижесінде анықталатын мәндеріне сәйкес мәндері осы бөліктердің тек бастапқы және соңғы нүктелерінде ғана алынады. Яғни, кванттау процесі кезінде алынған импульстердің мәндері алғашқы сигналдың кез-келген мәніне емес, тек ең жақын рұқсат етілген деңгейлеріне ғана тең бола алады. Алғашқы сигналды түрлендірудің осы түрін квантталған амплитудалық-импульстік модуляция (КАИМ), ал алынған сигналды – КАИМ-сигнал деп атайды. Бұл сигналдың ерекшелігі – оның деңгейлерін (санының шектелген болуына байланысты) номерлеп белгілеуге және соның арқасында осы сигналды тасымалдау кезінде сигналды оның $i \cdot t_d$ уақыт сәттерінде қабылдайтын деңгейлерінің номерлерінің тізбегімен ауыстыруға болатындығында.



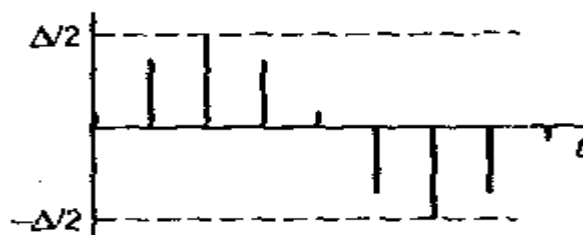
12 сурет. АИМ-сигналды деңгейі бойынша кванттау

Егер кванттау қадамы бірдей және кванттау деңгейіне тәуелсіз болса, онда

кванттау біркелкі (равномерный) деп аталады. Сонымен бірге кванттау қадамы бірдей емес, әртүрлі болатын біркелкі емес кванттау да болады.

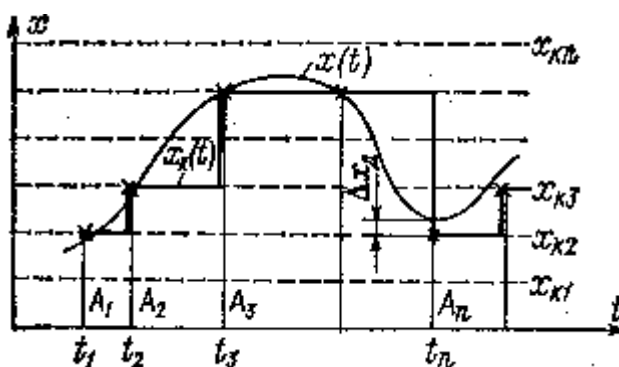
Кванттау деңгейлерінің саны кванттауды орындайтын құрылғының мүмкіндігімен анықталады. Ал өлшеу, санау немесе көрсету аспабының сиымдылығы оның кванттай алатын деңгейлерінің санына тәуелді. Мысалы, егер санаушы аспаптың көрсету шегі 999-ға тең болса, мұндай аспап өлшенетін шаманың шексіз мәндерінің тек 1000-ын ғана көрсете алады. Яғни, біздің шамамыз тек 1000 кванттау деңгейі ғана бар квантталған шамаға түрлендіріле алады.

Кванттау процесі кезінде тасымалданатын квантталған сигнал негізгі сигналдан өзгеше болуына байланысты қателіктер пайда болады. Бұл қателікті спецификалық бөгеуі (помеха) – кванттау шуы ретінде қарастыруға болады. Кванттау шуы – амплитудаларының ең үлкен мәні (шамасы) кванттау қадамының жартысынан аспайтын импульстердің кездейсоқ тізбегі болып табылады (13 сурет). Кванттау қадамы неғұрлым кіші болса, шу да соғұрлым аз болады. Бірақ, бұл жағдайда рұқсат етілген анықталатын (тасымалданатын) деңгейлердің саны көбейеді.



13 сурет. Кванттау шуы

Аналогтық шаманы деңгейі бойынша *кванттау нәтижесінде* аналогтық шаманың шексіз мәндері саны тек шектелген мәндер арқылы ғана көрсетілуіне байланысты *дискреттеу қателігі* пайда болады (14 сурет). Бұл жердегі $x(t)$ - аналогтық шаманың өзгерісінің графигі; $x_k(t)$ – квантталған шаманың ең жақын кванттау деңгейімен сәйкестендірілуі арқылы алынған өзгерісінің графигі; t_1, t_2, \dots, t_n - өлшеу уақыты сәттері; $x_{k1}, x_{k2}, \dots, x_{kn}$ – кванттау деңгейлері; A_1, A_2, \dots, A_n – $x(t)$ аналогтық шамасының t_1, t_2, \dots, t_n уақыты сәттеріндегі мәндеріне сәйкес келетін ординаталары.



14 сурет. Дискреттеу қателігінің пайда болуы

Бұдан байқайтынымыз, көп жағдайларда квантталу процесі нәтижесінде алынған мәндер мен аналогтық шаманың өлшеу сәттерінде анықталған мәндерінің арасында айырмашылық болады. Осы айырмашылық *дискреттеудің абсолюттік қателігі* Δx_d деп аталады.

Дегенмен, *дискреттеу қателігі* аналогтық шаманың мәнін анықтаудың дәлдігін арттыруға кедергі бола алмайды, себебі *кванттау деңгейлерінің* санын реттей отырып бұл қателікті азайту мүмкіндігі мол.

Кейде үзіліссіз шаманың барлық мәндерін кейбір саны шектеулі мәндерінің көмегімен қалпына келтіру қажеттілігі пайда болады. Іс жүзінде оны аппроксимациялық қателік деп аталатын қателік аралығында орындауға болады.

Егер алынған нәтижелер арқылы аналогтық шаманың барлық мәндерін қалпына келтіру қажет болса, онда түрлендіргіштердің жылдамдығы аппроксимациялық қателікті және аналогтық шаманың өзгеру сипатын ескере отырып анықталады.

Әдебиет нег.1 [28-40]

Бақылау сұрақтары

1. Сигналды кванттау деп қандай процесті айтады?
2. Кванттау адымы дегеніміз не?
3. Есептеуші құрылғының сиымдылығы неге байланысты?
4. Дискреттеу қателігі қандай себептерден пайда болады?

5 лекция. Аналогты сигналдарды кодтау

Үзіліссіз сигналды түрлендірудің келесі сатысы – квантталған АИМ-сигналды цифрлық сигналға айналдыру. Бұл операция КАИМ-сигналды *кодтау* деп аталады.

Аналогтық сигналды кодқа түрлендіру – сәйкес кванттау деңгейінің номерін анықтап сол деңгейге сәйкес кодты түзу.

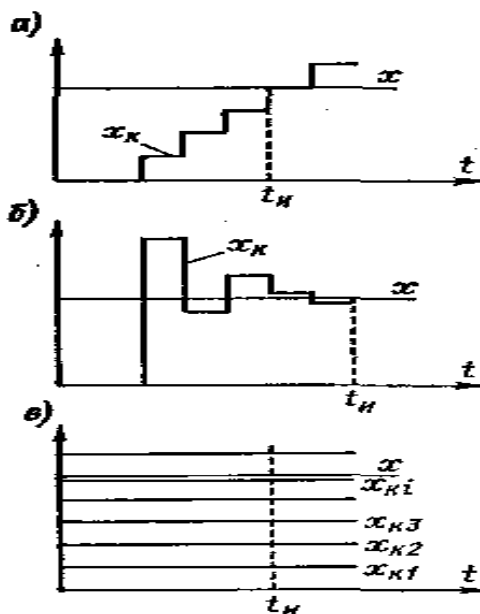
Код - анықталатын кванттау деңгейінің мәніне сәйкес түзіледі. Кванттау кезінде анықталған мән шаманың сол сәттегі мәнінен үлкен, кіші немесе тең болуы мүмкін. Сондықтан, осы кванттау нәтижесінде алынған код комбинациялары да негізгі мәннен үлкен, кіші немесе тең мәнге ие болады.

Түрлендіру түріне байланысты код түзудің негізгі үш тәсілі бар:

Кезекпен санау тәсілі. Бұл тәсілде (15, а сурет), кодталатын шама x , уақыт бойынша сатылап өзгертін (көбейетін немесе кемитін) және әр өзгеру сатысы деңгей бойынша кванттау қадамына сәйкес келетін белгілі шама x_k -мен біртіндеп салыстырылады. $x_k(t_n) = x$ теңдігі орындалған уақыттағы сатылар саны (белгілі бір дәрежедегі қателікпен) - кванттау деңгейінің сәйкес номерін көрсетеді.

Салыстыру және шегеру (кодты-импульсті, разрядтап теңгеру) тәсілі. Бұл тәсілде (15, б сурет) кодталатын шама x , белгілі алгоритм бойынша сатылап өзгертін белгілі шама x_k -мен біртіндеп салыстырылады. x_k -ның мәні мен

өзгерісі оны құрайтын өлшемдердің жиынтығымен анықталады. Белгілі шаманың $x_k(t_{ki}) = x$ теңдігі орындалатын кездегі мәні, яғни өлшемдердің белгілі бір жиынтығы -анықталуы қажет x шамасының сол мезеттегі кванттау деңгейін көрсетеді. Демек, осы процесс кезінде алынған код анықталатын деңгейді өрнектейді.



15 сурет. Үзіліссіз шамалардың мәндерін кодқа түрлендіру тәсілдері

Қатар (одновременного) санау тәсілі. Бұл тәсілде (15, в сурет) кодталатын шама x , әрқайсысының мәні белгілі бір ережеге бойынша өлшемдердің жиынтығымен анықталатын $x_{k1}, x_{k2}, \dots, x_{ki}$ шамаларымен қатар (бір мезгілде) салыстырылады. Белгілі шаманың $x_{ki} = x$ теңдігі орындалатын кездегі мәні анықталуы қажет x шамасының сол мезеттегі кванттау деңгейін көрсетеді.

Әдебиет нег.1 [41-54]

Бақылау сұрақтары

1. Кодтау дегеніміз не?
2. Аналогтық сигналды кодқа түрлендіру процесі қалай орындалады?
3. Кодқа түрлендіру процесінің негізі не болып табылады?
4. Кодқа түрлендірудің негізгі тәсілдерін атаңыздар.

6 лекция. Ақпараттың көп арналы тасымалы

Көп арналы тасымалдаудың принциптері. Мәліметтерді қатар тасымалдау

Мәліметтерді қатар тасымалдау проблемасын байланыс арналарын барлық абоненттермен қатар қолдану арқылы ғана шешуге болады.

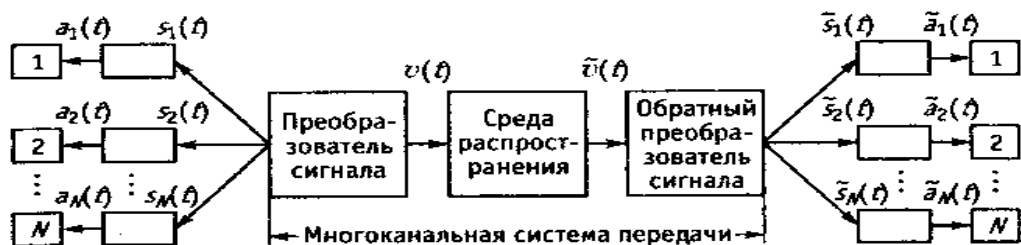
Сым кабельді желілер мен радио желісі байланыс тізбектері сигналды тасымалдауды жиіліктердің кең аралығында: (сымдық жүйелерде 10 килогерцтен ондаған мегагерцке дейін, радиожүйелерде – жүздеген және мыңдаған мегагерцке дейін) қамтамасыз ете алады. Егер бұл жиіліктерді алғашқы сигналдардың спектрлерінің (№1-табл.) енімен салыстыратын болсақ,

бір арналы жүйелердің тасымалдау желілерінің жұмыс істейтін жиіліктер аралығының өте тиімсіз қолданылатындығы анық көрінеді.

Мәліметтерді үлкен қашықтықтарға тасымалдауда қолданылатын желілерді қалыпты жағдайда ұстап отыру өте күрделі және қымбатқа түсетіндіктен, оларды тиімді пайдалану проблемасы тез шешуді керек ететін проблема болып табылады. Осының бір жолы – бір тізбек арқылы әртүрлі мәлімет көздерінен жіберілетін көптеген алғашқы сигналдарды бір мезгілде тасымалдау, яғни бір тізбекте өзара тәуелсіз көп арналар жасау.

Қазіргі кезеңде бір тізбекте (бір стволда) 10-нан бастап мыңдаған тасымалдау арналарына дейін ұйымдастыруға мүмкіндік беретін тасымалдаудың сымдық және радио жүйелері бар.

Тасымалдау жүйесі арқылы бірнеше мәліметті бір мезетте тасымалдаудың ұйымдастырылу принципін қарастырайық (16-шы сурет). N мәлімет көзінен шығатын $a_1(t), a_2(t), \dots, a_N(t)$ мәліметтер $s_1(t), s_2(t), \dots, s_N(t)$ алғашқы сигналдарына түрлендіріледі. Бұл сигналдар өз кезегінде тасымалдау жүйесінің түрлендіргіштерінің көмегімен арнаулы өңдеуден өткізіліп, байланыс тізбегіне жіберілетін топтық (групповой) сигнал $v(t)$ -ға біріктіріледі. Тасымалдау жүйесінің қабылдау бөлігінде әртүрлі факторлардың әсерінен өзгеріске ұшыраған топтық (групповой) сигнал $\tilde{v}(t)$ -дан әр бөлек арналардың жеке алғашқы сигналдары $\tilde{s}_1(t), \tilde{s}_2(t), \dots, \tilde{s}_N(t)$ бөлініп алынады. Бұл сигналдар қабылдаушының алғашқы түрлендіргіштерінің көмегімен $\tilde{a}_1(t), \tilde{a}_2(t), \dots, \tilde{a}_N(t)$ мәліметтеріне айналдырылады.



16 сурет. Мәліметтерді қатар тасымалдау принципі

Алдында айтылып кеткендегідей, алғашқы сигналдарды тасымалдау алдында олардың тасымалдаушысы (гармоникалық тасымалдаушы тербеліс немесе импульстердің тізбегі) таңдалып, оның (тасымалдаушының) параметрлері алғашқы сигнал арқылы амплитудасы (амплитудалық немесе амплитудалық-импульстік), жиілігі (жиіліктік немесе жиіліктік-импульстік) немесе фазасы (фазалық немесе фазалық-импульстік) бойынша модуляцияланады.

Дегенмен, N мәлімет көзінен шығатын алғашқы сигналдар $s_1(t), s_2(t), \dots, s_N(t)$ бір мезетте бірге келіп, бірдей жиіліктік аралықты алуы мүмкін (мысалы, 0,3...3,4 кГц жиіліктік аралықта жататын сөз сигналдары). Сондықтан, түрлендіруден кейін, тасымалдау кезінде бұл сигналдар бір-бірінен өзгеше болып, ерекшеленуі міндетті. Тек сол уақытта ғана топтық сигналдан арналық сигналдарды бөліп алу мүмкін болады.

Әдебиет нег.1 [55-59]

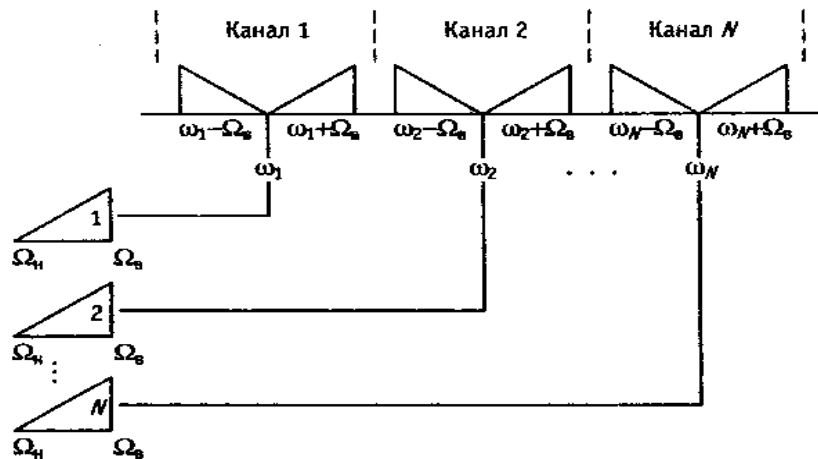
Бақылау сұрақтары

1. Мәліметтерді бір мезгілде тасымалдау проблемасын шешудің қандай жолдары бар?
2. Сызықтық құрылымдарды тиімді пайдалану мақсатында қандай техникалық шешім қолданылды?
3. Бірнеше мәліметті қатар тасымалдау қалай орындалады?

7 лекция. Арналардың жиілік бойынша бөлінуі

Арналардың жиілік бойынша жіктелуі

Арналық сигналдарды (арналарды) жіктеудің тәсілдерінің бірі – тасымалдаушы ретінде әртүрлі жиілікті гармоникалық тербелістерді қолдану. Бұл жағдайда әрбір алғашқы сигнал арналық сигналға түрлендірілгеннен (модуляцияланғаннан) соң әрқайсысы арнада өз жиіліктік аралығында орналасады.

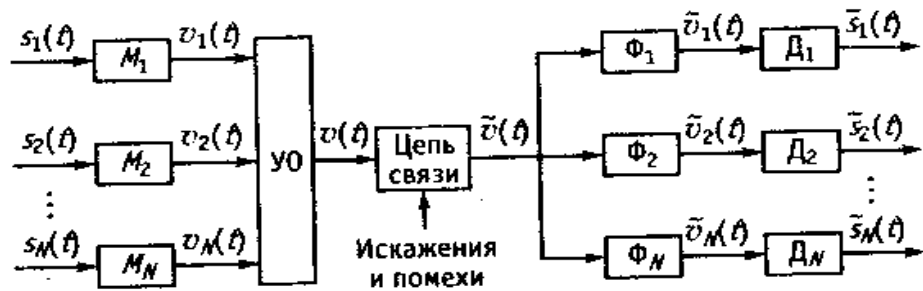


17 сурет. Алғашқы сигналдарды арналық сигналдарға түрлендіру

Арналық сигналдарды бөлудің (арналарды бөлудің) бір тәсілі - тасымалдаушы сигнал ретінде жиіліктері әртүрлі гармоникалық тербелістерді алу болып табылады. Осының нәтижесінде әрбір алғашқы сигнал арналық сигналға түрлендірілгеннен (модуляцияланғаннан) кейін әрқайсысы өз жиіліктік аралығында орналасады. 17-суретте мысал ретінде спектрлері бірдей N алғашқы сигналдардың жиіліктері әртүрлі тасымалдаушы тербелістерді амплитудалық модуляциялау арқылы түрлендірілуі көрсетілген. Қатар арналардың тасымалдаушы жиіліктерінің айырмасы осы арналардың сигналдары бір-бірімен араласпайтындай (не перекрывались) интервалда болуы қажет.

18-ші суретте көп арналы тасымалдау жүйесінің структуралық схемасы көрсетілген. Алғашқы сигналдар $s_1(t), s_2(t), \dots, s_N(t)$ M_1, M_2, \dots, M_N қондырғыларының көмегімен түрлендіріледі; олардан модуляцияланып шыққан $v_1(t), v_2(t), \dots, v_N(t)$ тасымалдаушы тербелістер арналық сигналдар деп аталады. Бұл арналық сигналдардың спектрлері ортақ алғашқы сигналдардан өзгешелігі

– олардың әрқайсысының спектрлер бойынша жіктелгендігі. Желі арқылы тасымалдау алдында, осы арналық $v_1(t)$, $v_2(t)$, ..., $v_N(t)$ сигналдарынан, біріктіруші қондырғы (УО) арқылы топтық (групповой) $v(t)$ сигналы алынады.



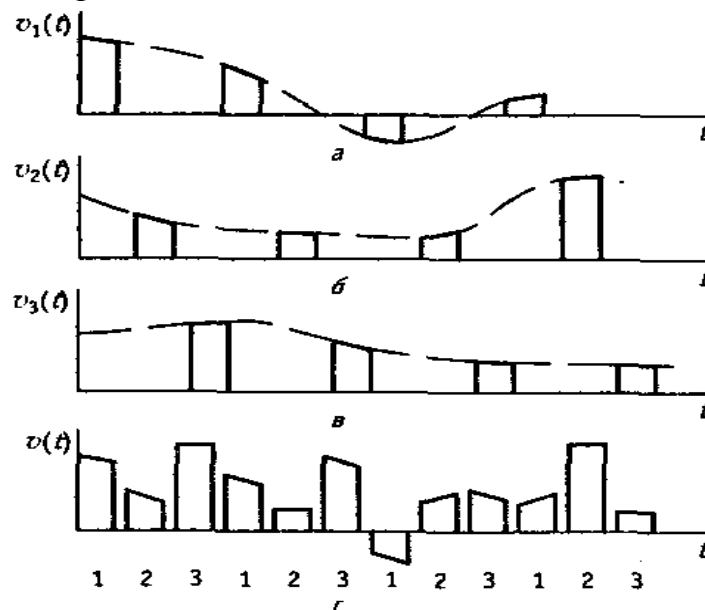
18 сурет. Арналары жиілік бойынша бөлінген тасымалдаудың көп арналы жүйесі

Қабылдау пунктінде әр арналық сигнал топтық сигналдан өз арнасының ғана сигналын өткізіп, басқа сигналдарды жібермейтін *жіктеуші* жиіліктік $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_N$ *фильтрлерінің* көмегімен бөлініп алынады. Арналық $\tilde{v}_1(t), \tilde{v}_2(t), \dots, \tilde{v}_N(t)$ сигналдарынан алғашқы $\tilde{s}_1(t), \tilde{s}_2(t), \dots, \tilde{s}_N(t)$ сигналдарын өз қалпына келтіру D_1, D_2, \dots, D_N *демодуляторларының* көмегімен орындалады.

Арналық сигналдары бір-бірімен айкаспайтын (неперекрывающихся) жиіліктік аралықтарда (полосах) орналасқан тасымалдау жүйелері *арналары жиілік бойынша жіктелген тасымалдау жүйелері* (ЧРК) деп аталады.

Арналардың уақыт бойынша жіктелуі

Алғашқы $s_1(t)$ сигналын тасымалдаушы ретінде жіңішке импульстердің периодтық тізбегі алынып, олар *амплитудасы бойынша модуляциялансын*. Осының нәтижесінде алынған *АИМ-сигнал* - бірінші арнаның арналық $v_1(t)$ сигналы 19, а суретте көрсетілген.

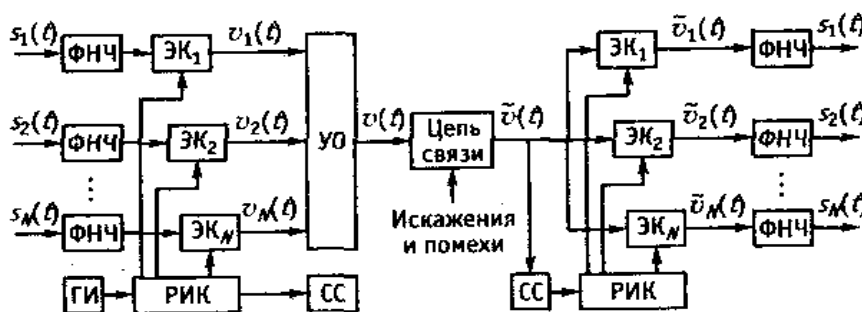


19 сурет. Арналық сигналдарды (а-в) уақыт бойынша топқа (г) біріктіру принципі

Екінші алғашқы $s_2(t)$ сигналының тасымалдаушысы ретінде алынатын

импульстердің тізбегін екінші арнаның АИМ-сигналының $v_2(t)$ импульстерін желі бірінші арнаның импульстері тасымалданатын кездерден бос болатын уақыт аралықтарында тасымалдауға мүмкін болатындай етіп алайық (19, б сурет). Үшінші (19, в сурет) және басқа арналардың импульстері де алдындағы екі арнаның және өзара бір-бірінің импульстерімен уақыт бойынша ығыстырылып орналасатындай етіп алынады. Ал топтық $v(t)$ сигналы арналық $v_1(t), v_2(t), \dots, v_N(t)$ сигналдарын біріктіру арқылы (19, г сурет) алынады.

Іс жүзінде АИМ-сигналдарын алу кезінде АИМ-модуляторлары қызметін алғашқы сигналдарды қабылдап, импульстік тасымалдаушылар арқылы басқарылатын электрондық кілттер (20 сурет) атқарады. Бұл АИМ-модуляторларының жұмыс істеу принципі тасымалдаушы импульстер келген кезде, өздерінің шығыс нүктелеріне сигналдарды жіберіп отыратын электрондық кілттерді кезегімен ашып отыруға негізделген.



20 сурет. Арналары уақыт бойынша жіктелген көп арналы тасымалдау жүйесі

Бұл жүйелерде әр электрондық кілтті (ЭК) басқаратын импульстер басқа кілттерге келетін импульстерден уақыт бойынша ығысулы (рис. 21) болуы тиіс. Ол - *импульстер генераторы* (ГИ) басқаратын арналар импульстерін таратушының (РИК) көмегімен іске асырылады. Яғни, өзінің амплитудасында алғашқы сигнал туралы информация бар әр арнаның импульсі желі арқылы *тек белгілі бір уақыт аралығында ғана* жіберіледі де, соның нәтижесінде $v_1(t), v_2(t), \dots, v_N(t)$ арналық импульстері топтаушы (біріктіруші) жабдық (УО) арқылы топтық сигнал $v(t)$ -ға біріктіріледі.

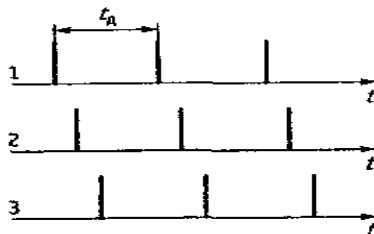


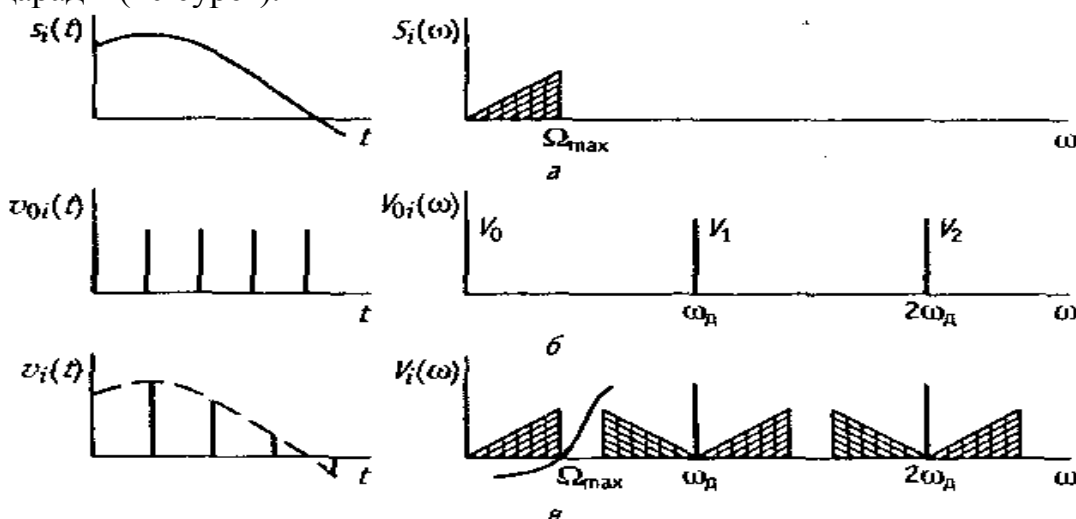
Рис. 21 Последовательность импульсов, управляющих электронными ключами

Ал қабылдау бөлігінде (пунктінде) арналарды ажыратып (арналық импульстерді топтық сигналдан бөліп) алу да осы атқарушы бөліктің кілттерімен синхронды және синфазды жұмыс істейтін электрондық кілттердің көмегімен жасалынады. Басқаша айтқанда, әр арнаның кілті тек осы арнаның импульстері келген кезде ғана ашылып, ал басқа арналардың импульстері келгенде жабық

болуы керек. Бұл - электронды кілттерді басқару үшін қолданылатын, қабылдау бөлігінің арналар импульстерін таратушыдан (РИК) келетін, синхрондаушы схеманың (СС, 20 сурет) көмегімен атқарушы бөліктің импульстерімен синхронизацияланған импульстер (атқарушы бөліктің импульстеріндей) тізбегі көмегімен орындалады. Қорыта айтқанда, қабылдаушы бөліктің электрондық кілттері – арналық селекторлар қызметін атқарады.

Арналық сигналдарды демодуляциялау (олардан алғашқы сигналдарды бөліп алу) – қабылданған дискретті импульстердің мәндері $\tilde{v}_i(t)$ арқылы негізгі үзіліссіз сигналдарды $\tilde{s}(t)$ қалпына келтіру болып табылады.

22-ші суретте алғашқы, импульсті тасымалдаушы және i -ші арнаның арналық АИМ-сигналдары мен олардың спектрлері көрсетілген. Арналық АИМ-сигналдың спектрінің құрамында негізгі алғашқы $s_i(t)$ сигналының спектрі де бар. Демек, бұл алғашқы сигналды төменгі жиілік фильтрлерінің (ФНЧ) көмегімен оңай бөліп алуға болады. Бұл фильтрлер әр арнаға орналастырылады және олар демодулятор ролін атқарады (20 сурет).



22 сурет. i -ші арнаның сигналдары (сол жақтағы) мен олардың спектрлері (оң жақтағы): a – алғашқы сигнал, b – импульсті тасымалдаушы

22-ші суреттен импульстер тізбегінің (тасымалдаушының) жиілігі алғашқы сигналдың спектрінің максималды жиілігінен ең кем дегенде екі есе артық, яғни, $f_d \geq 2F_{\max}$ болуы керек екендігі көрініп тұр. Егер бұл шарт орындалмаса, алғашқы сигналды фильтрлердің көмегімен бөліп алу мүмкіншілігі болмайды. Бұл тұжырым импульстер тізбегінің жиілігін, $s(t)$ сигналының спектрінің шекаралық F_{\max} жиілігінің екі еселенген мәнінен кем алмау керектігін негіздейтін В.А. Котельников теоремасынан да шығады. Тасымалданатын $s_i(t)$ сигналдарының спектрі шектелген болу үшін, атқару бөлігінде әр арнаға төменгі жиілік фильтрлері орнатылады (20 сурет).

Жоғарыда айтылған, арналық сигналдар желі арқылы бір-бірімен қиылыспайтын уақыт аралықтарында тасымалданатын жүйелер (20 сурет), арналары уақыт бойынша жіктелген (ВРК) тасымалдау жүйелері деп аталады.

Әдебиет нег.1 [55-59]

Бақылау сұрақтары

1. Арналарды жиіліктік жіктеу принципінің негізі неде?
2. Тасымалдаудың арналарды жиіліктік жіктеу (ЧРК) жүйелерінде қолданылатын фильтрлердің атқаратын қызметі не?
3. Арналарды уақыт бойынша жіктеу принципінің негізі неде?
4. Тасымалдаудың арналарды уақыт бойынша жіктеу (ВРК) тәсілі қолданылғанда алғашқы сигналдар қандай құрылғылар көмегімен бөлініп алынылады?

8 лекция. Тасымалдаудың цифрлық жүйелері

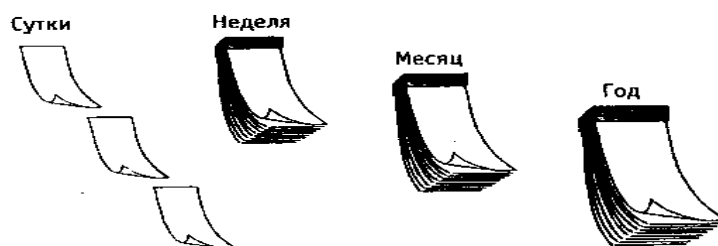
Цифрлық иерархиялар. Плезиохронды цифрлық иерархия

Цифрлық ағындар (поток) дегеніміз – байланыс желілері арқылы тасымалданатын 0 мен 1 цифрларының тізбегі. Бұлардың құрамы сөз, текст, бейне және т.б. болуы мүмкін екендігіне байланысты, ағындардың жылдамдықтары да бір-бірінен өзгеше: айталық, текст үшін - 50...100 бит/с, компьютерлік ақпараттар үшін - 200 бит/с және одан жоғары, сөз болса - 64 кбит/с, бейне болса - более 100 Мбит/с-тен жоғары болады.

Тасымалдаудың цифрлық жүйелерін ұйымдастыру кезінде: біріктіріліп бір желі (электр кабелінің ішіндегі сым, радиорелейлік немесе спутниктік желілердегі ствол, оптикалық кабельдегі оптоашықты жарық өткізгіші) арқылы тасымалданатын цифрлардың ағындарының саны, тасымалдау жылдамдығын стандарттау мүмкіндігі сияқты және басқа да сұрақтарды ескеру қажет.

Ең алдымен әртүрлі тасымалдау жүйелерінің бөліктері (узлы) біртепті немесе унификацияланған болуы керек. Осы мақсатта тасымалдаудың цифрлық жүйелерін *иерархиялық принциппен* жасауды ұсынған мемлекетаралық орган – Халықаралық электр байланысы қоғамы (Международный союз электросвязи - МСЭ) құрылды.

Жүйені иерархия түрінде жасаудың мысалы ретінде календарды қарастыруға болады: өлшеу бірлігі ретінде сөтке алынған; жеті сөтке - аптаны, төрт немесе төрт жарым апта - айды, үш ай - кварталды, төрт квартал – жылды құрайды (23 сурет). Ал жылдар - онжылдықтар мен ғасырларды, ал ғасырлар – мыңжылдықтарға ауысады. Бұл иерархияны төмен: мысалы, сөтке 24 сағаттан, сағат – 60 минуттан және ары қарай да жалғастыруға болады.



23 сурет. Календарь иерархиясы

Тасымалдаудың цифрлық жүйелері үшін ұсынылған иерархия да осы календарь иерархиясына ұқсас. Ең алдымен, өлшеу бірлігін – тасымалдау жүйелерінің жабдықтарын жасап шығарушы барлық елдер мен мекемелер үшін бірегей және цифрлық ағымдардың қосынды (суммарный) жылдамдығын өлшеуге мүмкіндік беретін цифрлар ағымының «элементар» жылдамдығын анықтап алу қажет болды. Барлық әлемде мұндай «бірлік» жылдамдық ретінде 64 кбит/с-ке тең цифрланған сөзді тасымалдау жылдамдығы қолданылады.

Цифрлық ақпараттар осы (64 000 цифр/с-ке тең) жылдамдықпен тасымалданатын арна – *негізгі цифрлық арна* деп аталады. Ал кез-келген тасымалдаудың цифрлық жүйесінің тиімділігі осы жүйенің көмегімен құралған осындай *негізгі стандартты арналардың санымен* анықталады.

Жүйені құрайтын арналардың саны иерархияның орналасу сатысының дәрежесіне байланысты – ол неғұрлым жоғары болса, құраушы арналардың саны мен цифрлық ағынның көлемі, яғни жылдамдығы да соғұрлым жоғары болады. Иерархияның ең төменгі сатысында орналасқан тасымалдау жүйесіне ИКМ-30 жатады. Бұл жүйенің цифрлық ағынның жылдамдығы төмен (2 Мбит/с шамасында) болғандықтан, олар тек жер асты магистральдарын құрайтын қалалық және ауылдық қарапайым байланыс кабельдері арқылы АТС-терді өзара қосу үшін ғана қолданылады. Мұндай жүйелерде цифрлық ағындарды біріктіру «кодтық комбинацияларды кезекпен жіберу» принципі арқылы жүзеге асырылатындығын біз жоғарыда айтып кеттік. Бұл жүйелердің ағындарына синхросигнал мен әртүрлі арнаулы символдарды енгізу - оларға қосымша арналарды қосу қажеттілігіне алып келді және соның арқасында біріктірілген цифрлық ағынның жылдамдығы біріктірілетін ағындардың жылдамдықтарының қосындысынан да жоғары болып шықты.

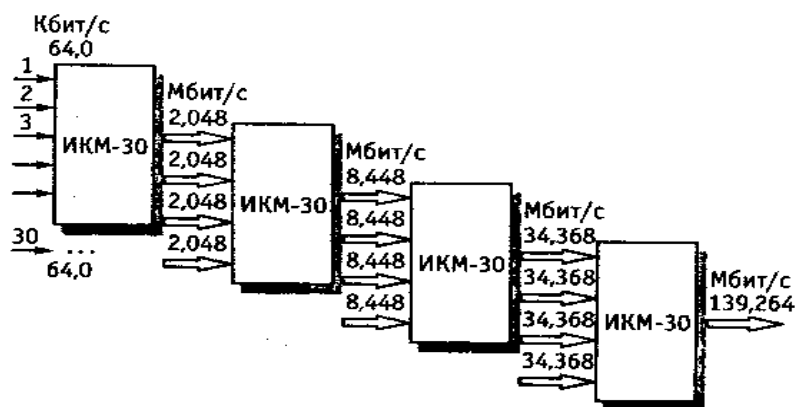
Халықаралық симметриялық байланыс кабельдері арқылы тасымалдау жылдамдығын 6 Мбит/с-ке дейін жоғарылатуға болады. Осы кабельдердің әр жұбында төрт ИКМ-30 немесе бес ИКМ-24 жүйелері жұмыс істей алады. Осы жүйеледің бір мезгілде жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін, олардың шығыс ағындарын біріктіру қажет. Осы біріктіруді іске асыратын жабдық біріктірілген арналардың санына байланысты - ИКМ-120 деп аталады. Бұл жабдықтың шығысындағы ағынның жылдамдығы 8,448 Мбит/с-қа тең.

Цифрлық ақпараттың бұдан жоғары ағындары коаксиалдық кабельдер жұптары, оптикалық кабельдердің талшықтары, спутниктік және радиорелейлік байланыс желілері стволдары арқылы тасымалданады. Жоғары жылдамдықты ағындарды ұйымдастыру үшін төрт ИКМ-120 жүйесінің цифрлық ағындары біріктіріледі. Соның нәтижесінде желінің тасымалдау жылдамдығы 34,368 Мбит/с-ке дейін көтеріледі және бұл жүйе ИКМ-480 деп аталады.

Осы сияқты төрт ИКМ-480 тасымалдау жүйесінің ағындарын біріктіру арқылы жылдамдығы 139,264 Мбит/с-ке тең қосынды цифрлық ағын мен ИКМ-1920 жабдығы құрылады (24 сурет). Тасымалдаудың цифрлық жүйелерінің иерархиясын осы сияқты ары қарай да жалғастыра беруге болады.

Бір ғана коаксиалды сымдардың жұбы немесе оптикалық талшық арқылы

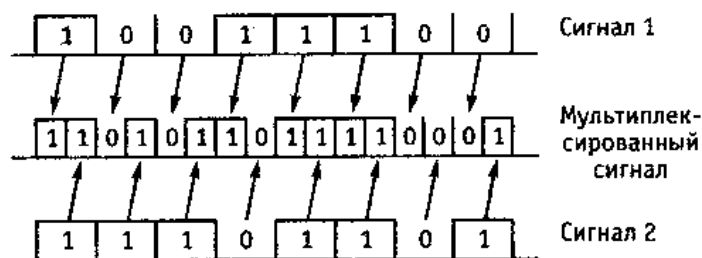
бір-бірімен бір қаланың 2000-ға жуық телефон аппараттарын басқа қаланың сонша телефон аппараттарымен қосуға болады. Ал кабельде осындай сымдар немесе талшықтар саны өте көп. Яғни, ақпараттар ағындарын біріктіру мүмкіндігі де өте мол.



24 сурет. Цифрлық тасымалдау жүйелерінің иерархиясы

Тасымалдау жүйелерінің иерархиясының барлық (саны қанша болса да) сатылары үшін синхронизациялау принципі өзгеріссіз қалады: цифрлық ағымнан такттық импульстер бөлініп алынып, мультиплексорлар мен демультимплексорлардың синхронды (синфазды) жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін желі арқылы циклдық синхронизациялау импульстері жеткізіледі.

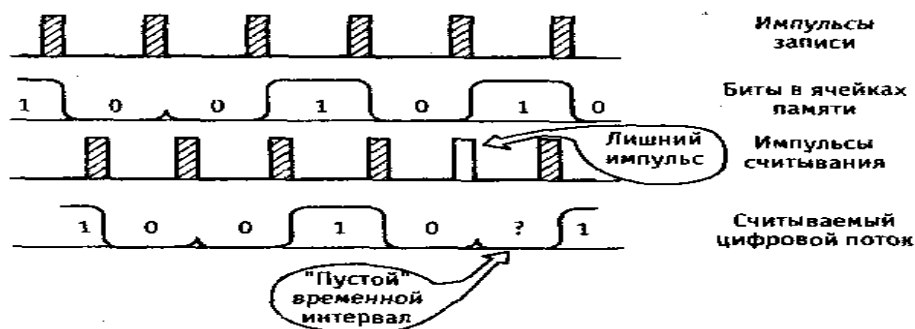
Ал, кейбір аздаған өзгешеліктеріне келетін болсақ, ол - тасымалдау жүйелерінің иерархиясының ИКМ-120, ИКМ-480, ИКМ-1920 және т.б. жабдықтары қолданылатын екінші сатысынан бастап ағындарды біріктіру ақпарат биттерін кезекпен орналастыру принципін қолданып (25 суретте екі ағынды біріктіру процесі көрсетілген) орындалатындығымен байланысты пайда болады. Мұндай ағындардың саны – төртеу, және әрқайсысының жылдамдығы 2,048 Мбит/с-ке тең. Атқарушы станцияның мультиплексорының төрт кіріс бөлігі кезекпен ашылып, желіге әрбір цифрлық ағынның бір-бір битын өткізіп отырады. Сонымен бірге бұл операцияны мультиплексорлар кезектегі осы биттер басқа, кезектегі келесі биттермен ауысып кетпей тұрғанда жасап үлгеруі керек. Кезектегі биттерді орналастырып болғаннан кейін бұл процесс келесі кезектегі биттер үшін басынан бастап қайта қайталанады.



25 сурет. Ағындарды биттерді кезекпен орналастыру принципін қолданып біріктіру процесі

Ағындарды біріктіру - тасымалданатын импульстердің енін төрт есе

кішірейту, яғни олардың әрқайсысының тасымалдау уақытын төрт есе азайту арқылы ғана мүмкін екендігі түсінікті. Бұл жағдайда цифрлық ағынға, орынның жоқтығына байланысты, циклдық синхронизациялау сигналын орналастыру проблемасы туындайды. Оны шешу тек бір ғана жолмен – ақпараттық импульстердің енін тағы да аздап кішірейту арқылы орындалады. Сол кезде тасымалдау циклінде бос орын пайда болады да, сол жерге синхросигнал орналастырылады.



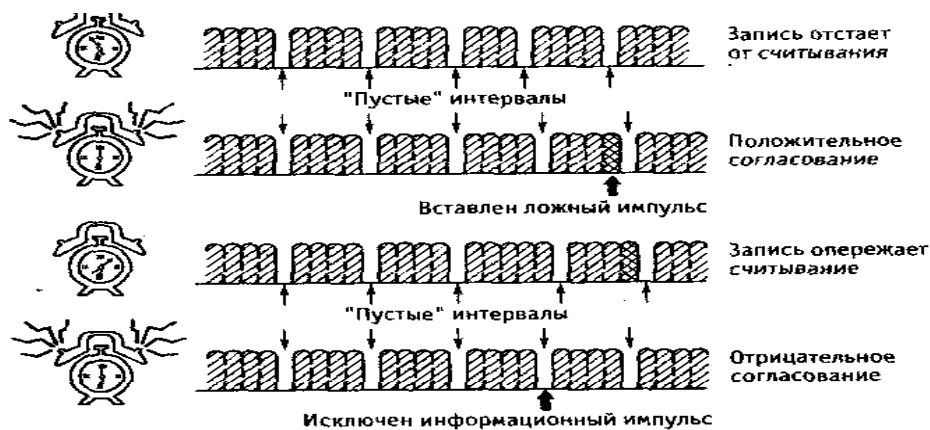
26 сурет. Цифрлық ағындағы бос интервалдардың пайда болуы

Осының іс жүзінде қалай жасалатынын қарастырайық. Тасымалдау жүйесінің кіріс нүктесіне келетін төрт ақпараттық арналардың биттері алдымен ЗУ жадысының ячейкаларына жазылып, содан кейін ол жадыдан оқу арқылы желіге жіберіледі. Осы әрекеттердің арқасында, жүйені құрайтын жабдықтар құрамы күрделенгенімен, жадыға жазу мен одан оқу шиналары бір-біріне тәуелсіз болғандықтан ақпараттық биттерді жазуды бір жылдамдықпен, ал оқуды – екінші жылдамдықпен орындау мүмкіндігі пайда болады. Оқу кезіндегі жылдамдық жазу жылдамдығынан жоғарылау болғандықтан пайда болған уақыт аралығы сол аралыққа синхроимпульстерді орналастыруға мүмкіндік береді (26 сурет). Жадыдан импульстер озып немесе қалып кетпей, тұрақты түрде оқылатын болса, әрбір ағында үздіксіз бос интервалдар болып тұрады. ИКМ-120 тасымалдау жүйесінде осындай, ешқандай ақпараттық мәні жоқ бос интервал ролін атқарушы - барлық ағындардағы әрбір 33-ші интервал. Ағындарды біріктіру кезінде олардың әрқайсысының импульстері кезекпен желіге жіберіліп отырылады. Сол кезде, ағындардың ешбіреуінің жоғарыда айтылған бос интервалдарында ешқандай ақпараттық импульстер жоқ болуына байланысты, жалпы ағында периодты түрде ені төрт интервалға тең бос орын пайда болып отырады. Осы бос орындар синхроимпульстер мен басқа да жүйенің жұмысына қажетті ақпараттық импульстерді орналастыру мақсатында пайдаланылады. Сонымен бірге, синхросигналдың периодтылық болуы – оның басқа сигналдардан ажыратылып алынуының негізгі шарты екендігін де еске сала кету керек.

Жергілікті генератордың жұмысы тұрақты болмаған жағдайда тасымалдаудың цифрлық жүйесінің «сағаты» қалыпты жүрісімен салыстырғанда алға озып немесе қалып кетуі мүмкін. Ал бұл, өз кезегінде, әр тасымалдау циклындағы бос интервалдардың уақыт бойынша ығысуына және

олардың қайталану периодтылығының бұзылуына әкеледі. Соның салдарынан, жұмыс этаптарының бірінде синхронизациялау жүйесі мен барлық жабдықтардың істен шығуы мүмкін. Мұндай жағдай болмас үшін жергілікті сағатты (тактты импульстерді) мезгіл-мезгіл түзеп отыру қажет. Бұл, цифрлық ағындардың немесе жадыға жазу мен одан оқуды реттейтін такттық импульстердің жылдамдықтарын *«сәйкестендіру - согласование»*, немесе *«теңестіру - выравнивание»* деп аталатын процедура - тасымалдаудың қазіргі заманғы жүйелерінің барлық жоғарғы (екіншісінен бастап) иерархияларында қолданылады.

Бұл тәсіл арнаулы, бірнеше микросхемалардан тұратын жабдықтың («бақылау жабдығы») жазу және оқу импульстерінің өзара орналасуын қадағалауына негізделген. Егер, қатар екі импульстің арасы кішірейіп, яғни, жергілікті генератор шығаратын импульстерінің жиілігі жоғарылап, бақыланылып отырған интервал аралығы шекті шамадан азая бастаған жағдайда біздің «бақылау жабдығымыз» бос интервалдың уақытынан бұрын келгендігі туралы хабар береді. Бұл импульс өз уақытында келмегендіктен, басқа, біздің «бақылау жабдығымыз» сияқты, микросхемалардан тұратын жабдық осы бос орынға ешқандай ақпараттық мәні жоқ, жалған импульсті орналастырады. Бұл операция - біздің сағат артқа қалып кеткен кездегі оның тілдерін алға жылжытып қоятынымызға ұқсас. Цифрлық ағындарды арнаулы жадыға жазу және оқу жылдамдықтары осылайша сәйкестендіріліп, теңгеріледі және бұл сәйкестендірілу немесе теңгерілу *оң (положительный)* деп аталынады (27 сурет).



27 сурет. Цифрлық ағындардың жылдамдықтарын сәйкестендіру

Бұл жерде такттық генератордың жиілігін азайта салмай неге жалған импульсті енгіземіз – деген сұрақ туындауы мүмкін. Оның себебі, әртүрлі цифрлық ағындардың такттық импульстері бір-біріне дәл келмеуі мүмкін, ал генератор – барлық жүйеге ортақ. Ал генераторды әр ағын үшін жиілігін қайта-қайта өзгертіп отыру өте қолайсыз және күрделі. Сол себепті, ең тиімді жол – қажеттілігіне байланысты әр ағынға жалған импульсті енгізе отырып теңгеру болып табылады.

Америкалық техникалық әдебиеттерде жылдамдықтарды сәйкестендірудің

осы тәсілі «*staffing*» (стаффинг - қосымша) деген атпен белгілі.

Цифрлық ағынға жалған импульс енгізілгеннен кейін қабылдаушы станцияға қабылданған жалған импульсті жою үшін қолданылатын: «Назар аударыңыз! Жылдамдықтарды сәйкестендіру (теңдестіру) іске асырылды» деген команданы жіберу керек. Бұл команданың қызметін арнаулы арна арқылы жіберілген бірлік бит атқара алады. Ал арнаулы арна ретінде синхроимпульсті тасымалдауда қолданылатын «заңды» бос интервалдардың бірін қолдануға болады. Сонымен, егер қабылдаушы жақта біріктірілген цифрлық ағынның «заңды» бос интервалында 1-ге тең импульс болса, бөліп алынған төменгі жылдамдықтағы ағыннан кезектегі импульсті алып тастау қажет, себебі ол – жалған импульс. Ал егер арнаулы арнаның «заңды» бос интервалдарында 0-дер болса, онда бөліп алынған төменгі жылдамдықтағы ағыннан кезектегі импульсті алып тастаудың қажеті жоқ, себебі олардың бәрі – ақпараттық импульстер.

Дегенмен, команда ретінде желімен тек бір ғана битті жіберу қауіпті (рискованно), себебі, әртүрлі факторлардың әсерінен ол бит 1-ден 0-ге, немесе 0-ден 1-ге өзгеріп кетуі мүмкін. Сондықтан, нақтылық ықтималдылығын арттыру мақсатында бұл жылдамдықтарды сәйкестендіру (теңдестіру) командасының импульсін бірнеше рет қайталап жібереді (мысалы, 3 рет). Бұл жағдайда, бұл команда 111 түрінде атқарылатындықтан, бір, немесе екі бит жоғалған жағдайда да бір бит 1-ге тең болып, қабылдау станциясына жетеді. Ал 000 комбинациясы - әзірше барлығы дұрыс екендігін, яғни жылдамдықтарды сәйкестендірудің (теңдестірудің) қажеті жоқтығын білдіреді.

Біз бұған дейін жергілікті генератордың алға озып кету мүмкіндігін ғана қарастырдық. Ал ол, сонымен бірге, «қалып» та кетуі, яғни ол шығаратын жадыдан оқу импульстерінің жиілігі қажетті жиіліктен төмен болуы да мүмкін. Бұл кезде, цифрлық ағында «бос» интервал келетін уақыты болғанымен, такттық импульстердің жылдамдығының төмендігіне байланысты жадыдан алдыңғы ақпараттық импульстер әлі толық алынып бітпеу жағдайы орын алуы мүмкін. Мұның алдын алу үшін, цифрлық ағыннан бұл «бос» интервалды алып тастап, оның орнына бұл интервалды кезекті қызметтік ақпаратты (мысалы, синхроимпульсті), жіберу үшін қолдануға болады. Жадыға жазу және оқу такттық импульстерінің жылдамдықтарын сәйкестендіру (теңдестіру) осылай іске асырылады. Сәйкестендірудің (теңдестірудің) мұндай тәсілі *теріс* теңдестіру (27 сурет) деп аталады.

Тасымалдау жүйесінің жергілікті такттық импульстерінің жылдамдықтарын тек озып немесе қалып та кету ғана емес, осы екі жағдай бірдей орын алу кезіндегі теңдестіруде тек «Назар аударыңыз! Жылдамдықтарды сәйкестендіру (теңдестіру) іске асырылды» командасы жеткіліксіз болады. Ол командамен бірге қабылдау станциясына теңдестірудің қай (оң әлде теріс) тәсілі қолданылғаны, яғни, жалған импульс жіберілгені немесе ақпараттық импульс алынып тасталынғаны туралы да - мәлімет беру қажет. Осы мақсатта басқа арнаулы қызметтік арна арқылы оң теңдестіруде 1-ге, теріс теңдестіруде 0-ге тең қосымша «Сәйкестендіру түрі» командасы қолданылады. Бұл команда да

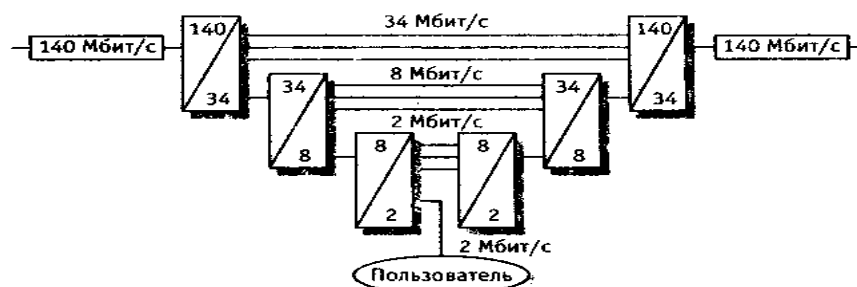
алдындағы команда сияқты 3 рет қайталанып, оның мәні 111 болса – цифрлық ағында жалған импульс бар екендігін, 000 болса – ағыннан ақпараттық импульс алынып тасталғанын білдіреді (жалпы бұл командалардың келгендігін анықтау үшін қабылдау станциясына осы 3 биттің біреуі келсе де жеткілікті). Ал осы теңдестіру кезінде алынып тасталынған ақпараттық импульсіміз үшінші қызметтік арна арқылы 3 рет қайталанып жіберіледі.

Сонымен, тасымалдаудың цифрлық жүйесінің қабылдау пункті мәні 111 болатын бірінші команда арқылы теңдестіру орындалғанын, екінші команда арқылы жалған импульсті жою (мәні 111 болса) немесе алынып тасталынған ақпараттық импульсті қалпына келтіру (мәні 000 болса) керектігін, ал үшінші қызметтік арнадан осы биттің мәнінің 1-ге (111 комбинациясы) немесе 0-ге (000 комбинациясы) тең екендігін анықтайды.

Ағындарды жылдамдықтарын теңдестіру арқылы біріктіру *плезихрондық*, ал тасымалдаудың цифрлық ағындарының жылдамдықтар иерархиясы, демек, ИКМ типті тасымалдау жүйелері де – плезихрондық цифрлық иерархия (Plesiochronous Digital Hierarchy - PDH) деп аталады.

н ақпараттан -ге тең Бұл терді де ма жіберіледі :Соуы ж н оқылып тек қана жоғалып кетті ме? – деген сұрақ туындауы мүмкін. Бұл импульс

Бұл иерархияның тасымалдау жүйелерінде цифрлық ағынға жоғары жылдамдықты ағынды енгізу немесе одан төменгі жылдамдықты ағынды бөліп алу - өте көп мультиплексорлар мен демультимплексорларды орнатуды қажет етеді. Ал бұл, өз кезегінде өте көп уақытты және үлкен материалдық шығынды қажет етеді. Мысал ретінде 28-ші суретте жылдамдығы 2 Мбит/с ағынды жылдамдығы 140 Мбит/с PDH ағыннан бөліп алу операциясы көрсетілген.



28 сурет. Жылдамдығы 2 Мбит/с сигналды жылдамдығы 140 Мбит/с плезихронды цифрлық ағыннан бөліп алу

Бұл жағдайда жылдамдығы 140 Мбит/с ағынды жылдамдықтары 34 Мбит/с төрт ағынға демультимплексорлап, одан кейін жылдамдығы 34 Мбит/с ағынды - жылдамдықтары 8 Мбит/с төрт ағынға, тек содан кейін ғана жылдамдығы 8 Мбит/с ағын жылдамдықтары 2 Мбит/с төрт ағынға жіктелді. Яғни, тасымалдаудың PDH-жүйелерінде тұтынушыны ағынға осындай өте күрделі жолмен ғана енгізіп немесе бөліп алуға болады.

Сонымен қатар, плезихрондық цифрлық иерархияның тасымалдау жүйелерінің кемшіліктеріне топтық сигналдың синхронизациясының бұзылуы

кезінде алғашқы цифрлық ағындардың синхронизациясын қалпына келтіру өте көп уақыт алатын көп сатылы жолмен орындалады. Осы себептерге байланысты PDH тасымалдау жүйесінің ішінен тек иерархияның тиімді мультиплексорлау аппараттарымен жабдықталған бірінші сатыдағы жүйелері ғана қолданылады.

Осы факторлар келесі тақырыпта қарастырылатын цифрлық иерархияны жасауға алып келді.

Әдебиет нег.1 [63-86]

Бақылау сұрақтары

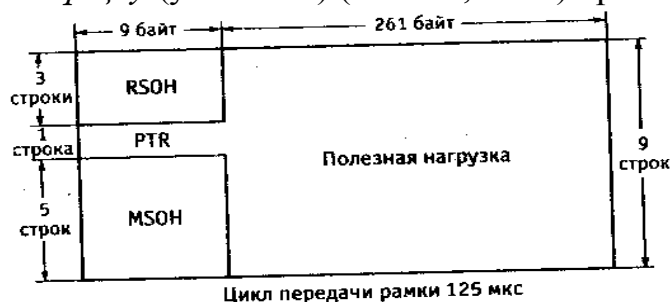
1. Иерархиялық структураның негізі не болып табылады?
2. Қандай арна негізгі арна деп аталады?
3. Плезиохронды цифрлық иерархия дегеніміз не?
4. Плезиохронды цифрлық жүйеде жылдамдықтарды теңгеру қалай орындалады?
5. Әртүрлі ағындарды бір жоғары жылдамдықты арнаға біріктіру кезінде олардың жылдамдықтары қалай сәйкестендіріледі?
6. Тасымалдаудың плезиохронды цифрлық иерархия жүйесінің қандай кемшіліктері бар?

9 лекция. Синхронды цифрлық иерархия

Синхронды цифрлық иерархия

Синхронды тасымалдау модульдері. Жаңа цифрлық иерархия әртүрлі жылдамдықты цифрлық ағындарды тасымалдауға арналған жоғары жылдамдықты ақпараттық арна ретінде ұйымдастырылды. Бұл иерархияда жылдамдықтары 155,520 Мбит/с және одан да жоғары ағындар біріктіріледі және таратылады. Мұндағы ағындарды біріктіруде синхронды тәсіл қолданылғандықтан, бұл иерархия *синхронды цифрлық иерархия (Synchronous Digital Hierarchy - SDH)* деп аталады.

Жылдамдығы 155 Мбит/с цифрлық ағындарды тасымалдау үшін синхронды тасымалдау модулі (Synchronous Transport Module) - STM-1 пайдаланылады. Оның құрылымы (29 сурет) $9 \cdot 270 = 2430$ байт-қа тең фрейм (рамка) түрінде болады. Модульдің 4-ші қатарында тасымалданатын ақпараттан (пайдалы жүктеме) басқа пайдалы жүктеменің жазылуының *бастапқы нүктесін* анықтайтын көрсеткіш - *нұсқау (указатель) (Pointer, PTR)* орналасады.



29 сурет. STM-1 тасымалдау модулінің құрылымы

Тасымалдау модулінің маршрутын анықтау үшін, рамканың сол жағында секциялық *тақырып* (заголовок) (Section Over Head -SOH) орналасады. Төменгі (нұсқаудан кейінгі) $5 \cdot 9 = 45$ байт ақпаратты осы тасымалдау модулі қайта құрылатын (переформироваться) тораптың бөлігіне, мультиплексорына жеткізу үшін пайдаланылады да, нұсқаудың бұл бөлігі мультиплексордың *секциялық нұсқауы* (MSOH) деп аталады. Ал жоғарғы $3 \cdot 9 = 27$ байт (нұсқауға дейінгі) бөгеуілдердің әсерінен өзгерген ағындарды орнына келтіріп, олардағы қателіктерді түзететін **регенератордың секциялық нұсқауы** (RSOH) болып табылады.

Тасымалдаудың бір циклында осы төрбұрышты кесте (фрейм, рамка) желіге оқылып (считывание) атқарылады. Атқарылу кезіндегі байттардың жіберілу тәртібі – солдан оңға және жоғарыдан төмен қарай (кітап оқу кезіндегі сияқты). Тасымалдаудың бір циклының уақыты (STM-1 үшін) - 125 мкс, яғни, цикл 8 кГц жиілікпен қайталанып отырады. Модульдің әрбір шаршысын (клеткасын) тасымалдау - 8 битті тасымалдау жылдамдығына: $8 \text{ бит} \cdot 8 \text{ кГц} = 64 \text{ кбит/с}$ -қа тең. Демек, әр кестені (фрейм, рамка) желіге атқаруға 125 мкс кететін болса, онда 1 секундта ақпараттар желіге $9 \cdot 270 \cdot 64 \text{ Кбит/с} = 155520 \text{ Кбит/с}$, яғни 155 Мбит/с жылдамдықпен атқарылады.

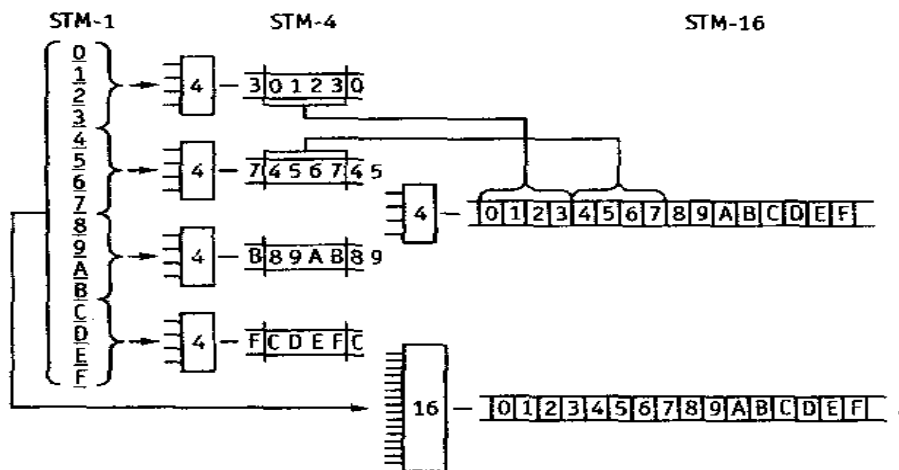
Жылдамдығы бұдан да жоғары цифрлық ағындарды жасау мақсатында SDH-жүйелері келесі: 4 STM-1 модулін байттап мультиплексорлау арқылы тасымалдану жылдамдығы 622,080 Мбит/с-ке тең STM-4 модуліне, ал 4 STM-4 модулін - тасымалдану жылдамдығы 2488,320 Мбит/с-ке тең STM-16 модуліне және 4 STM-16 модулін - тасымалдану жылдамдығы 9953,280 Мбит/с-ке тең STM-64 модуліне біріктіру арқылы, жоғары жылдамдықты иерархия (1-ші кесте) түрінде ұйымдастырылады.

1 кесте

Синхронды цифрлық иерархия

Уровень иерархии	Тип синхронного транспортного	Скорость передачи. Мбит/с
1	STM-1	155,520
2	STM-4	622,080
3	STM-16	2488,320
4	STM-64	9953.280

30-шы суретте STM-16 модулінің құрылымы көрсетілген. Бұл кезде алдымен 4 STM-1 модулі 4 ақпараттық кіріс нүктесі бар мультиплексорлардың көмегімен STM-4 модуліне, сонан соң 4 STM-4 модулі осындай 4 ақпараттық кіріс нүктесі бар мультиплексорлардың көмегімен STM-16 модуліне біріктіріледі. Сонымен бірге, 16 STM-1 модулін STM-16 модуліне біріктіруге мүмкіндік беретін 16 ақпараттық кіріс нүктесі бар мультиплексорлар да бар екендігін еске сала кету керек.



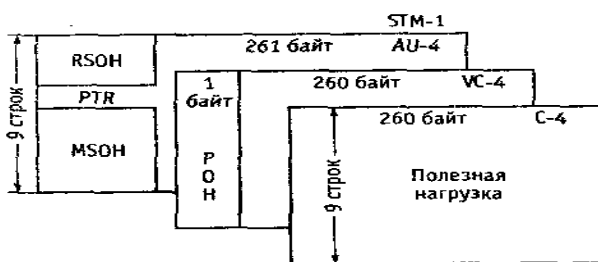
30 сурет. STM-16 синхронды тасымалдау модулін ұйымдастыру

STM-1 модулін ұйымдастыру. SDH тораптарында контейнерлік тасымалдау принципі қолданылады. Яғни, тасымалданылатын сигналдар алдын-ала стандартты контейнерлерге (Container - C) орналастырылады. Бұл контейнерлермен жасалынатын операциялар олардың құрамына байланыссыз болғандықтан, SDH тораптарының мөлдірлігі (прозрачность), яғни әртүрлі сигналдарды (соның ішінде PDH сигналдарын да) тасымалдау мүмкіндігі қамтамасыз етіледі.

Жылдамдығы бойынша SDH иерархиясының бірінші сатысына (155,520 Мбит/с) ең жақын ағын – плезиохрондық цифрлық иерархияның ИКМ-1920 жабдығы арқылы құрылатын, STM-1 модуліне орналастыруға ең ыңғайлы, жылдамдығы 139,264 Мбит/с-қа тең цифрлық ағын болып табылады. Бұл ағынды модульге орналастыру кезінде, келіп түскен цифрлық сигнал алдымен C-4 деп белгіленген контейнерге (яғни, контейнердің циклдарының белгілі бір позицияларына) орналастырылады.

C-4 контейнерінің рамкасы 9 жолдан (строк) және 260 бағаннан (столбцы) тұрады. Сол жағына тағы бір бағанды – маршруттық немесе тракттық *тақырыпты* (заголовок) (Path Over Head - POH) – қосу арқылы бұл контейнер VC-4 виртуалды контейнеріне түрлендіріледі.

Бұдан кейін, VC-4 виртуалды контейнерін STM-1 модуліне орналастыру үшін оған *нұсқау* (указатель) (PTR) қосу арқылы *администраторлық блок* (Administrative Unit) AU-4 жасалынып, содан соң ол (AU-4) *секциялық тақырыппен* (SOH, 31 және 29 суреттер) бірге STM-1 модулінің ішіне орналастырылады.

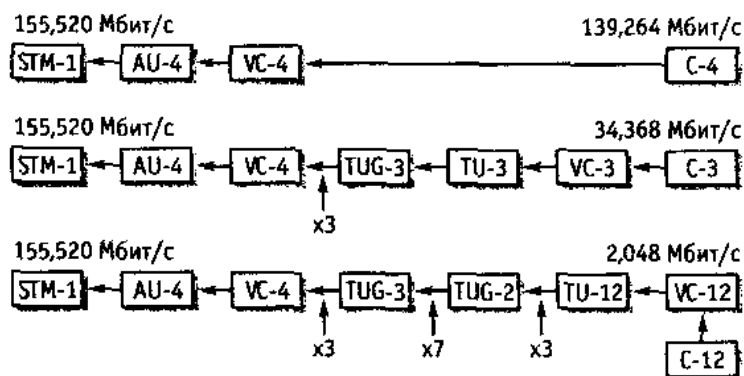


31 сурет. Контейнерлердің STM-1 модулінде орналасуы

STM-1 синхронды тасымалдау модуліне жылдамдықтары 2,048 Мбит/с-қа тең плезиохронды ағындарды да орналастыруға болады. Мұндай ағындар қазіргі заманғы тораптарда кең қолданылатын ИКМ-30 жабдықтарының көмегімен жасалынады. Бұл ақпараттарды алғашқы жинақтау кезінде C12 контейнері қолданылады. Цифрлық сигнал бұл контейнердің белгілі бір позицияларында орналасады. Маршруттық немесе транспорттық тақырыпты (РОН) қосу арқылы VC-12 виртуалдық контейнер жасалынады. Бұл виртуалдық контейнерлер тракттардың аяқталу (бітетін) нүктелерінде жасалынып (формируются), жойылады (расформируются).

STM-1 модулінде 63 VC-12 виртуалдық контейнерді орналастыруға болады. Ол үшін, VC-12 виртуалдық контейнері нұсқаумен (PTR) жабдықталып, транспорттық блок (Tributary Unit) TU-12 құрылады. Осы жағдайда әртүрлі транспорттық блоктардың цифрлық ағындарын жылдамдығы 155,520 Мбит/с-ке тең цифрлық ағынға біріктіру мүмкіндігі туады (32 сурет). Алдымен 3 TU-12 транспорттық блогы мультиплексорлау арқылы TUG-2 (Tributary Unit Group) транспорттық блоктар тобына, содан соң 7 TUG-2 тобын мультиплексорлау арқылы TUG-3 транспорттық блоктар тобына, ал 3 TUG-3 тобын өзара біріктіріп VC-4 виртуалды контейнерге орналастырады. Ал, ары қарай қалай түрлендірілетіні бізге белгілі.

32 суретте STM-1 модуліне плезиохронды цифрлық иерархияның ИКМ-480 жабдығы арқылы құрылатын ағындардың (34,368 Мбит/с) орналастырылу тәсілі көрсетілген.



32 сурет. Плезиохронды цифрлық ағындарды STM-1 синхронды тасымалдау модуліне енгізу

Барлық сатыдағы плезиохронды цифрлық ағындар жылдамдықтарын теңдестіру тәсілдерін (оң, теріс және екі жақты) қолдану арқылы C контейнерлеріне орналастырылады.

Көптеген нұсқаулардың (PTR) арқасында STM-1 модуліндегі кез-келген жылдамдықтары 2,048; 34,368 және 139,264 Мбит/с болатын цифрлық ағындардың орналасу орнын анықтау ешқандай қиынға соқпайды. Қазіргі кездегі мультиплексорлар (Add/Drop Multiplexer -ADM) кез-келген цифрлық ағындарды біріктіріп және жіктеуге мүмкіндік береді.

SDH жабдықтарының ерекшелігі – тракттық және тораптық тақырыптарда

маршруттық ақпараттан басқа да көптеген торапты қадағалау және басқаруға, тұтынушылардың қалауы бойынша мультиплексорларды алыстан ауыстырып қосуға, бақылау және тексеруге, істен шыққан бөліктерін анықтап, жөндеуге, торапты тиімді пайдалану мүмкіншілігін арттыруға және т.б. мүмкіндік беретін ақпараттар да орналастырылады.

Әдебиет нег.1 [88-103]

Бақылау сұрақтары

1. Синхронды транспорттық модуль дегеніміз не?
2. Тасымалдаудың синхронды иерархиялық жүйесінде ағындарды біріктірудің қандай тәсілі орындалады?
3. STM-1 синхронды транспорттық модулінің структурасы қандай?
4. Синхронды транспорттық модуль қалай құрылады?

10 лекция. Тасымалдаудың асинхрондық тәсілі

МАП-ячейкаларын құру. Бір тұтынушыға бір мезгілде әртүрлі сипаттағы хабарлар: қозғалыстағы бейне ақпараттар (видеотелефон, видеоконференция); компьютерлік мәліметтер (файлдар); электрондық почта; қашықтықтан оқыту жүйесінен келетін ақпарат (мысалы, мультимедиялық); кабельдік теледидар фильмдері түрінде келуі мүмкін. Оның үстіне әр ақпарат көзінен әртүрлі: біреулерінен – үздіксіз, басқаларынан – жеке-жеке уақыттар кезінде, және олардың жылдамдықтары да әртүрлі болып келуі мүмкін (мысалы, сөздік ақпарат ағыны 64 кбит/с жылдамдықпен, ал қозғалыстағы бейне 1,5 Мбит/с пен 100 Мбит/с аралығында).



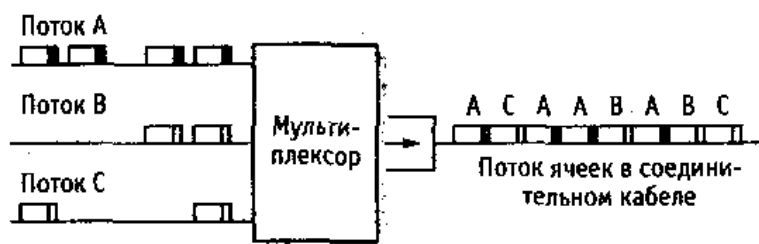
33 сурет. АТМ (МАП)-ячейкасының құрамы

Осы қайшылықтарды жою мақсатында 1980-1990-шы жылдарда *асинхрондық тасымалдау модысы (Asynchronous Transfer Mode -ATM)* деп аталатын тасымалдаудың жаңа технологиясы ұсынылды. Бұл технологияда (орысша транскрипциясы МАП) кез-келген түрдегі ақпарат тұрақты размерлі ячейкаларға (Cells) жазылады. Бұл ячейкалардың құрамында (33 сурет) пайдалы ақпарат пен тақырып (Header) болады да, тақырыпқа 5 байт, ал пайдалы ақпаратқа - 48 байт арналады.

Мәліметтер көзінен түскен цифрлық ақпараттар осы ячейкаларға орналастырылып, оларды толтырады. Бұл ячейкалардың размері тұрақты болғандықтан, түскен ақпараттарды бір-бірінен қосымша ақпараттың көмегімен бөлудің (яғни, олардың басталу және аяқталу нүктелерін

анықтаудың) қажеті болмайды. Егер мәлімет көзі ақпаратты тасымалдауды қажет етпесе, онда бос ячейкалар жіберіледі. Ал ақпараттың көлемі аз және олар үлкен уақыт аралықтарында келетін болса, онда олар ячейкаларды толтыру мақсатында бір ячейкаға жинақталуы немесе басқа бөлек ячейкаларға жіберілуі мүмкін. Соңғы жағдайда толық емес ячейкаларға «толықтырушы» қосылады. Қажет болған уақытта ячейкалар мәліметтер көздері арқылы құрылып отырылады. Үздіксіз тасымалдау кезінде (сөздік, видеоконференция және т.б. ақпараттар) ячейкалар белгілі бір тұрақты уақыт аралықтарында жіберіліп отырылады.

Әртүрлі мәліметтер көзінен келетін ағындар уақыт бойынша мультиплексорлау арқылы біріктірілуі мүмкін (34 сурет).



34 сурет. Асинхрондық ағындарды мультиплексорлау

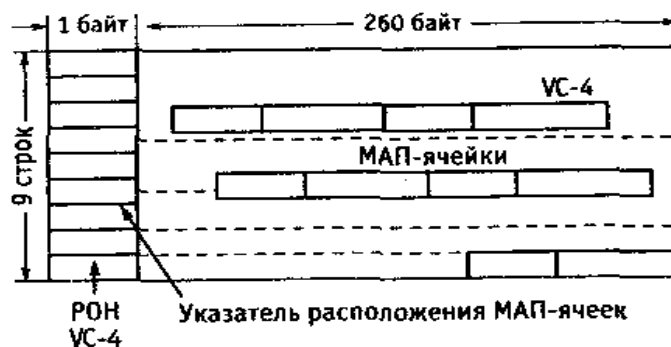
МАП-ячейкаларын атқару. МАП-ячейкаларының қайда атқарылатынын белгілеу үшін оның тақырыбында виртуалды арнаны идентификациялауға (Virtual Channel Identifier - VCI) қолданылатын 2 байт бөлінеді. Виртуалды арна дегеніміз – барлық ячейкалардың байланыс сеансы кезіндегі бір тұтынушыдан екінші тұтынушыға жеткізілуінің анықталған маршруты. Бұл маршрут осы ячейкалар өтетін коммутаторлар порттарының тізбегінен құрылады.

МАП-ячейкаларының артықшылығы – олардың коммутаторлар арқылы өтуін ұйымдастырудың жеңілділігі. Ячейканың тақырыбындағы арнаның идентификаторын оқып, анықтағаннан кейін коммутатор ячейканы, ішіндегі ақпарат түріне байланыссыз, бір порттан басқа портқа қарай бағыттайды.

Коммутатор, әр арнадағы ақпаратқа жеке талдау жасап жатпай, виртуалды арналарды топтап бағыттай алады. Ол үшін, байланыс торабының кейбір бөліктеріндегі бір бағытта тасымалданатын бірнеше виртуалды арналар бір виртуалды бағытқа біріктіріледі. 12 биттен тұратын *виртуалды бағыт идентификаторы* (Virtual Path Identifier - VPI) виртуалды арна идентификаторының алдында орналасады. Бұл идентификаторлар (VCI және VPI) тораптың әрбір жеке бөлігіндегі маршруттың біртекті жеке адресін анықтайды және олар әрбір аралық коммутаторларда өзгеріп отыруы мүмкін. Ячейкаларды тасымалдау маршруты торап операторы немесе сигналдық жүйе арқылы тағайындалуы мүмкін.

МАП технологиясы мен SDH технологиясын бірге қолдану мүмкіндігі де бар (мысалы, МАП-ячейкаларын STM-1 синхронды тасымалдау модуліне орналастыру арқылы). Ол үшін МАП-ячейкалары алдымен виртуалды

контейнер VC-4-ке орналастырылып, бұл контейнердің тақырыбында МАП-ячейкаларының басталып жазылу нүктесі белгіленеді (35 сурет). Содан соң, контейнер әдеттегідей STM-1 модуліне орналастырылады.



35 сурет. МАП-ячейкаларының STM-1 модуліне орналастырылуы

Әдебиет нег.1 [88-103]

Бақылау сұрақтары

1. Тасымалдаудың асинхронды технологиясын ойлап табуға не себеп болды?
2. МАП-ячейкаларының структураларының түрі қандай?
3. Әртүрлі көздерден келетін ағындар ячейкалары қалай біріктіріледі?
4. МАП-ячейкалары қандай артықшылықтарға ие?

11 лекция. Байланыс қызметі

Электр байланысы және телефон қызметтері. Ашық жүйелердің өзара байланысының эталондық моделі

Байланыс (связь) дегеніміз – тораптар мен байланыс қызметтерінің жиынтығы болып табылады (36 сурет). Электр байланысы қызметі – тұтынушыларға қызмет көрсетуді қамтамасыз ететін жабдықтар комплексі. *Екінші сатыдағы тораптар* тасымалдауды, электр байланысы қызметі сигналдарын коммутациялауды, ал бірінші сатыдағы тораптар – екінші сатыдағы арналарға жеткізуді қамтамасыз етеді. Тізбектің соңындағы, тұтынушыларда орналасқан жабдықтар да сәйкес қызмет көрсетуші жүйенің құраушы бөлігіне жатады.

Қызмет етудің (служба) мысалы ретінде телефон байланысын, ақпараттарды тасымалдау және басқа да қызмет көрсететін (услуга) телефон қызметін келтіруге болады.



36 сурет. Байланыс архитектурасы

Қызмет пен қызмет көрсету түсініктері оқулықтарда әртүрлі анықталатындығын еске сала кету керек. Мысалы, телефон тораптарымен (телефон қызметін қолдану арқылы) ақпараттарды тасымалдау әдетте телефон арналары арқылы ақпараттарды *тасымалдау қызметін көрсету* деп қаралады. Яғни, телефон иесі модем арқылы телефон торабына қосылса, ол *қызмет көрсетілу* болып есептеледі. Дегенмен, логикалық тұрғыдан ақпаратты тасымалдау кезіндегі *қызмет* деп – *ақпаратты тасымалдау үшін арнайы құрылған байланыс жүйесін, яғни аппараттық және бағдарламалық жабдықтардың, ақпаратты өңдеу, тарату және тасымалдау тәсілдерінің жиынтығын* айтқан дұрыс сияқты.

Ақпараттарды тасымалдау қызметі телефондық байланыс қызметін көрсетуді де атқара алады. Бұл қызмет әртүрлі, телефондыққа жатпайтын ақпараттармен алмасуды (тасымалдауды) қамтамасыз ететін құжаттық электр байланысы қызметінің (ҚЭБ – ДЭС-документальная электросвязь) құрамына кіреді. ҚЭБ қызметінің құрамына сол сияқты телеграф пен газеттерді тасымалдау, телематикалық қызметтері де қарайды. Әрбір *қызметтің* құрамында тұтынушының түсінігінде *қызмет көрсету* ретінде қабылданатын бірнеше қолданысы болуы мүмкін.

Кез-келген электр байланыс қызметінде ақпаратпен алмасу белгілі бір, алдын-ала келісілген, халықаралық электр байланысы мекемелерінің жасаған ережелері (стандарттары) бойынша жүргізіледі.

Осы талапқа сәйкес Халықаралық стандарттау мекемесінің (ХСМ – МСC-Международная организация по стандартизации) қосымша комитеті SC16 *ашық жүйелердің* өзара байланысының халықаралық стандартын жасады. «Ашық жүйе» термині – *осы ашық жүйенің талабын қанағаттандыратын кез-келген басқа жүйемен өзара байланысқа түсе алатын жүйені* анықтайды. Ашық жүйелердің өзара байланысының (АӨБ – ВОС-взаимосвязь открытых систем) эталондық моделіне сәйкес жүйе ғана ашық жүйе бола алады. АӨБ-ның (ВОС - взаимосвязь открытых систем) эталондық моделі – стандарттардың құрылу структурасының жалпылама сипаттамасы (**описание**). Бұл модель жеке стандарттардың арасындағы өзара байланыстардың (ара қатынастардың) принциптерін анықтайды және АӨБ-на (ВОС - взаимосвязь открытых систем) қажет көптеген стандарттарды параллельді түрде жасауға мүмкіндік беруге негіз болады. Сонымен бірге, АӨБ стандарты тек қана эталондық модельді ғана анықтап қоймай, осы эталондық модельді қанағаттандыратын нақты көрсетілетін қызметтер мен осы көрсетілетін қызметтердің қанағаттандырылуын қамтамасыз етілуі үшін жасалынған *протоколдар* жиынтығын да анықтау қажет. Және бұл жағдайда *протокол* дегеніміз - бір-бірімен жұмыс істейтін жүйелердің аттас деңгейлерінің өзара байланыстарының (ара қатынастарының) ережелері мен процедураларын анықтайтын құжат деп қарастыру қажет.

1983 жылы эталондық модель ретінде ашық жүйеде өтетін процестердің барлығы өзара ретті байланысты деңгейлерге бөлінген жеті деңгейлі модель

қабылданды. Кіші номерлі деңгей өзімен қатарлас жоғары деңгейге қызмет көрсетеді және осы қызметті көрсету үшін өзімен қатар кіші деңгейдің қызметін қолданады. Яғни, ең жоғарғы (7) деңгей *тек* қызметті *қабылдаушы*, ал ең кіші (1) деңгей – *тек* қызметті *көрсетуші* ғана болып табылады.

Бұл модельде төменгі (1-3) деңгейлердің протоколдары ақпаратты *атқаруға*, ал жоғарғы (5-7) деңгейлер – ақпаратты *өңдеуге* бағытталған. *Транспорттық деңгейдің* протоколдары ақпаратты атқаруға тікелей қатысы болмағандықтан жеке қарастырылады. Дегенмен, бұл (4) деңгей өзінің функциялары бойынша жоғарғы үш (5-7) деңгейге қарағанда төменгі үш (1-3) деңгейге жақын. Сондықтан, оны біз төменгі деңгейге жатқызамыз.

Барлық жеті деңгейдің қызметі – қолданбалы процестердің өзара қатынасын қамтамасыз ету. Бұл жерде қолданбалы процестер деп тұтынушыға қажет ақпаратты *енгізу, сақтау, өңдеу және жеткізу* процестерін түсінеміз. Сонымен бірге әрбір деңгей өз қызметін атқарумен қатар олар бір-бірінің жұмыстарын да тексеріп және бақылап отырады.

Жоғарғы (5-7) деңгейлер протоколдары.

Басқа деңгейлердің барлығы қызмет жасайтын (7-ші) *қолданбалы (тұтынушылар)* деңгейі - *негізгі* деңгей болып табылады. Бұл деңгей қолданбалы деп аталатын себебі – басқа ашық жүйелерде орналасқан қолданбалы процестермен кейбір мәселелерді бірге шешетін жүйенің қолданбалы процестері осы деңгеймен өзара бірігіп жұмыс жасайды. АӨБ (ВОС-взаимосвязь открытых систем) эталондық моделінің қолданбалы деңгейі - алдын-ала белгілі бір есепті бірігіп шешу процесі кезінде ашық жүйелер өзара алмасатын ақпараттың мағынасын анықтайды.

Алтыншы деңгей – *қалыптастыру* (представления) *деңгейі* деп аталады. Бұл деңгей негізінен тасымалданатын ақпаратты қажетті тораптық қалыпқа келтіру процедурасын анықтайды. Бұл торапта әртүрлі пункттердің (мысалы, әртүрлі компьютерлердің) біріктірілетіндігіне байланысты. Егер бұл пункттердің бәрі бір типтес болса, онда бұл деңгейдің де қажеті болмас еді. Ал, әр типті компьютерлерді біріктіретін торапта торап арқылы тасымалданатын ақпарат белгілі бір қалыптағы формада болуы керек. Алтыншы деңгейдегі протоколдың қызметі – осы форманы анықтау.

Келесі протоколдардың бесінші деңгейі – *сессиялық* немесе *сеанстық* деңгей деп аталады. Оның негізгі қызметі – қолданбалы процестердің өзара әсерлесу тәсілдерін ұйымдастыру, яғни қолданбалы процестер өзара әсерлесуін қамтамасыз ету үшін оларды бір-бірімен байланыстыру, өзара әсерлесу кезінде процестер арасында ақпаратты тасымалдауды және процестерді *«ажырату - рассоединения»* ұйымдастыру.

Келесі деңгейлер – төменгі макродеңгейдегі төрт протокол (1-4).

Бұл протоколдардың негізгі міндеті – ақпаратты *тез және өзгеріссіз тасымалдауды* қамтамасыз ету. Сол себепті оларды кейде *транспорттық торап протоколдары* деп те атайды. Транспорттық торапқа қосылу *порттар* арқылы орындалады және *әрбір процесстің өз порты болады*. Транспорттық

торапқа қосылу кезінде тұтынушының ақпараты осы ақпараттың негізі болған процестің тақырыбына (заголовок) ие болады. Ал транспорттық торап тұтынушының бұл ақпаратын процестің тақырыбымен бірге төменгі деңгейлер протоколдарын пайдалана отырып қолданушыға (адресат) жеткізілуін қамтамасыз етеді.

Төменгі деңгейлер (1-4) протоколдары.

АӨБ (ВОС-взаимосвязь открытых систем) моделіндегі төртінші транспорттық модель төменгі деңгейлерді пайдалану арқылы екі өзара әсерлесуші жүйелер арасында мәліметтер алмасуын қамтамасыз ету үшін қолданылады. Бұл деңгей өзінен жоғарғы деңгейден белгілі бір мөлшердегі ақпаратты қабылдап, оны байланыс торабы арқылы қашықта орналасқан жүйеге жеткізуді қамтамасыз етеді. Транспорттық деңгейден жоғарыдағы деңгейлер ақпараттарды қабылдап өткізетін тораптардың спецификасына көңіл аудармайды, олар үшін тек олармен өзара әсерлесетін қашықтағы жүйелерді білу жеткілікті. Ал транспорттық деңгей үшін тораптың жұмысының ерекшеліктерін, ол тораптың қабылдай алатын ақпараттар блоктарының мөлшері және т.б. білу міндетті.

Келесі төменгі үш деңгей тораптық *түйіннің* (узел сети) *қызметін анықтайды*. Бұл деңгейлердің протоколдары транспорттық торапқа қызмет көрсетеді. Кез-келген транспорттық жүйе сияқты бұл торап та ақпаратты тасымалдау кезінде оның мағынасына көңіл аудармайды. Бұл тораптың негізгі міндеті – ақпаратты тез және толығымен жеткізу.

Үшінші (тораптық) деңгейдің негізгі міндеті – мәліметтердің маршрутын (бағытын) белгілеу (анықтау), сонымен бірге ақпараттық ағындарды басқаруды қамтамасыз ету, транспорттық арналарды ұйымдастырып олардың жұмысын реттеу және көрсетілген қызметті есепке алып отыру.

Екінші (*арналарды басқару*) деңгейі немесе *арналық* деңгей – ақпараттарды тасымалдау арналарын басқару (байланысты ұйымдастыру мен оны ұстау, ажырату) *процедуралары* мен *тәсілдерінің* жиынтығы болып табылады. Сонымен бірге ол тасымалдау кезінде пайда болатын *қателерді табу* мен оларды *түзетуді* де қамтамасыз етеді.

Физикалық (бірінші) деңгей тасымалдау ортасымен тікелей байланысты қамтамасыз етеді. Бұл деңгей тізбекті (арнаны) қосу, байланыста ұстау және ажырату үшін қажетті механикалық және электрлік сипаттамаларды анықтайды. Әрбір битті арнада тасымалдау ережесі де (параллель немесе тізбектей) осы деңгейде анықталады.

АӨБ (ВОС-взаимосвязь открытых систем) эталондық моделі – ашық жүйелердің стандарттарын параллель жасауға мүмкіндік беретін өте ыңғайлы модель. Бұл модель тек стандарттарды жасау мен өзара байланысын концепциясын ғана анықтайды және әртүрлі ақпаратты тасымалдау, сақтау және өңдеу сфераларында стандарттық негіз ретінде қолданыла алады.

Жүйелердің деңгейлерінің атқаратын функциялары

Деңгей	Деңгей аты	Деңгейдің атқаратын функциялары
7	Қолданбалы	Ақпараттық ресурстарды қалыптастыру немесе пайдалану. Қолданбалы бағдарламаларды басқару
6	Қалыптастыру	Ақпараттық қолданбалы процестердегі мағынаны (мәнді) қалыптастыру (интерпретациялау)
5	Сеанстық	Қолданбалы процестер арасындағы өзара әсерлесу сеанстарын ұйымдастыру және өткізу
4	Транспорттық	Кез-келген тәсілмен кодталған ақпараттар массивын тасымалдау
3	Тораптық	Ақпаратты маршруттау және коммутациялау, ақпараттар ағынын басқару
2	Арналық	Байланысты ұйымдастыру, ұстау және ажырату
1	Физикалық	Арналардың физикалық, механикалық және функционалдық сипаттамалары

Әдебиет нег.1 [141-177]

Бақылау сұрақтары

1. Протокол дегеніміз не?
2. Ашық жүйелердің өзара байланысының эталондық моделін (ЭМ ВОС) сипаттаңыз.
3. ЭМ ВОС деңгейлерінің негізгі функцияларын атаңыз.
4. «Қызмет өтеу» мен «Қызмет ету» түсініктемелеріне анықтама беріңіз.

12 лекция. Электр байланысы тораптарындағы коммутациялау тәсілдері

Тораптардағы байланысты ұйымдастыру коммутациялау принциптеріне негізделіп, қажетті бағыттардағы екі немесе бірнеше кіріс және шығыс арналарын қосатын түйіндерде қолданылады. Жалпы алғанда ақпараттық ағындарды реттеу қызметін торап пен коммутациялау станцияларынан немесе коммутациялау түйіндерінен (**УК** – узлов коммутации), тұтынушыларды қосу жүйелерінен және соңғы пункттерден тұратын коммутациялау жүйесі орындайды. Бұл коммутациялау жүйесінде ең маңызды рольді әрқайсысына адрес (номер) берілген терминалдар (телефон аппараттары, компьютерлер және т.б.) арасындағы байланысты қосуды, ұстауды және ажыратуды орындайтын коммутациялау түйіндері (**УК** – узлы коммутации) атқарады.

Коммутацияның белгілі негізгі екі принципі бар: тікелей қосу және ақпаратты жинақтап алып (с накоплением) қосу. Тікелей қосу кезінде коммутациялау түйіндерінің кіріс арналары сәйкес адресті шығыс арналарымен тікелей байланыстырылады. Ал ақпаратты жинақтап алып (с накоплением) қосу кезінде коммутациялау түйіндеріне кіріс арналардың сигналдары алдымен жадылы жабдыққа жазылып, содан соң белгілі бір уақыттан соң шығыс арналарына жіберіледі.

Ақпаратты жинақтап алып (с накоплением) қосу арқылы коммутациялау қажеттілігінің себептері әртүрлі. Ең негізгісі - коммутациялау түйіндеріне кіріс арналарының сигналдары келген уақытта қажетті шығыс арнасы басқа ақпарат көзінен түскен ақпаратты жіберумен айналысып жатқан болу мүмкіндігі.

Бұл жағдайда келесідей альтернативтік шешімдер пайда болады: бірінші – мәлімет көзіне осы мезетте талап етіліп отырған қажетті байланысты орындау мүмкіндігі жоқ екендігін жеткізу; екінші – кіріс мәліметті жадыға сақтап содан соң оны оның алдындағы мәліметтен босағаннан кейін шығыс арнасына жіберу. Бірінші принциптің негізінде құрылған жүйелер *талапты орындамайтын*, ал екінші принциптің негізінде құрылған жүйелер – *күту* жүйелері деп аталады. Сонымен бірге, мәлімет көзінің байланысу мүмкіндігі жоқтығы оны мәліметті тасымалдау міндетінен босатпайтындықтан, ол өзінің байланысты іске асыруға бағытталған талаптарын байланыс орындалғанша қайталай береді. Ал тасымалданатын ақпарат бұл уақытта мәлімет көзінің жадысында сақталатып тұрғандықтан, жоғарыда қарастырылған коммутациялық принциптердің арасындағы айырмашылық бірінші жағдайда сақтау жадысының жоқтығынан емес, ол жадының мәлімет көзінде (бірінші жағдайда), яғни *орталықтандырылмаған*, ал екінші жағдайда – коммутациялық түйіндерде (УК – узлы коммутации), яғни *орталықтандырылған* болуында. Ақпараттың сақталу орны мен әдісінің осындай айырмашылығы - тарату тәсілдері әртүрлі тораптар тұтынушыларына көрсетілетін қызметтерге өте көп әсерін тигізеді.

Тікелей қосылу принципі арналарды коммутациялау (КК – коммутация каналов) жүйелерінде қолданылады. *Арналарды коммутациялау* деп коммутация түйіндері арқылы *бір соңғы пунктті* (оконечный пункт - ОП) *басқа соңғы пунктпен* байланыстыратын *тікелей арнаны* (сквозной канал) алу үшін арналарды біріктіру *операцияларының жиынтығын* айтады. «Арналарды біріктіру» дегеніміз тек физикалық байланыс деп қана емес, кеңірек, сонымен бірге байланыс сеансы кезіндегі өзара әрекеттесуші екі *соңғы пункттер* (оконечный пункт - ОП) үшін тасымалдаушы және коммутациялау орталарын *ұстау* (занять), *резервтеу қызметі* деп те түсіну керек. Сонымен, арналарды коммутациялау кезінде *алдымен* коммутация түйіндері арқылы өзара әрекеттесуші абоненттер арасында мәліметтерді тасымалдаушы *тікелей арна* (сквозной канал) орнатылып, *сонан соң* мәліметтерді тасымалдау орындалады.

Өзара әрекеттесуші абоненттер орнатылған байланысты жою туралы шешім қабылдағанша тораптың бөлінген ресурстары, сол мезеттегі пайданылуы немесе пайдаланылмауына тәуелсіз, олардың жеке (монопольный) қарамағында болады.

Мұндай режимнің артықшылығы - абоненттер арасында байланыс орнатылғаннан соң, басқа абоненттерден түсетін ақпараттың көлеміне тәуелсіз, кез-келген уақытта ақпаратпен алмасуды орындай алатындығы. Сонымен бірге, тасымалдау белгілі бір тежеу уақытымен (фиксированной задержкой) орындалады, яғни бұл жағдайда диалогты режимде жұмыс істеу (мысалы, екі абоненттің өзара сөйлесуі немесе екі компьютер арасында ақпарат алмасуы) кезінде өте маңызды болып табылатын реалдық уақыт масштабындағы

тасымалдау режимі іске асырылады.

Дегенмен, бұл тәсілдің кемшіліктері де бар. Ең негізгісі – өзара байланыстағы абоненттердің активтілігі төмен немесе мәліметтерді тасымалдау кезінде олардың арасында үзіліс уақыты үлкен болғанда торап ресурстарын пайдалану тиімділігінің төмендеуі. Ал мәліметтерді тасымалдаудың реалды жүйелерінде үзілістер үлесі едеуір үлкен шамаға дейін жетуі мүмкін. Мысалы, телефон арналарында сөйлесу уақыты барлық уақыттың жартысынан кем уақытты, ал адам мен компьютер арасындағы диалогтық ақпарат алмасу кезінде пайдалы уақыт жұмыс қабылеттілігі уақытының бірнеше пайызын ғана құрайды.

Осындай диалогтық жүйелерде тораптардың тракттарының өткізгіштік қабылетін пайдалану тиімділігін жоғарылату үшін тораптың өткізгіштік қабылетін екі абоненттің байланыс сеансы уақыты кезінің бәрінде емес, тек қажет болғанда, яғни тасымалданатын мәлімет түскен кезде ғана толығымен іске қосуға мүмкіндік беретін коммутация тәсілі қолданылады.

Ақпаратты жинақтап алып (с накоплением) *коммутациялау* деп коммутациялық түйіндерге (УК – узлы коммутации) мәліметті немесе оның бір бөлігін қабылдау кезіндегі оны жинау (накопление) және осы мәліметтің құрамында көрсетілген адреске сәйкес мәліметтің өзін немесе оның бір бөлігін ары қарай жіберу операцияларының жиынтығын атайды.

Арналарды коммутациялау (КК – коммутация каналов) торабында (37, а сурет) тасымалдау процесі келесі операциялардан тұрады:

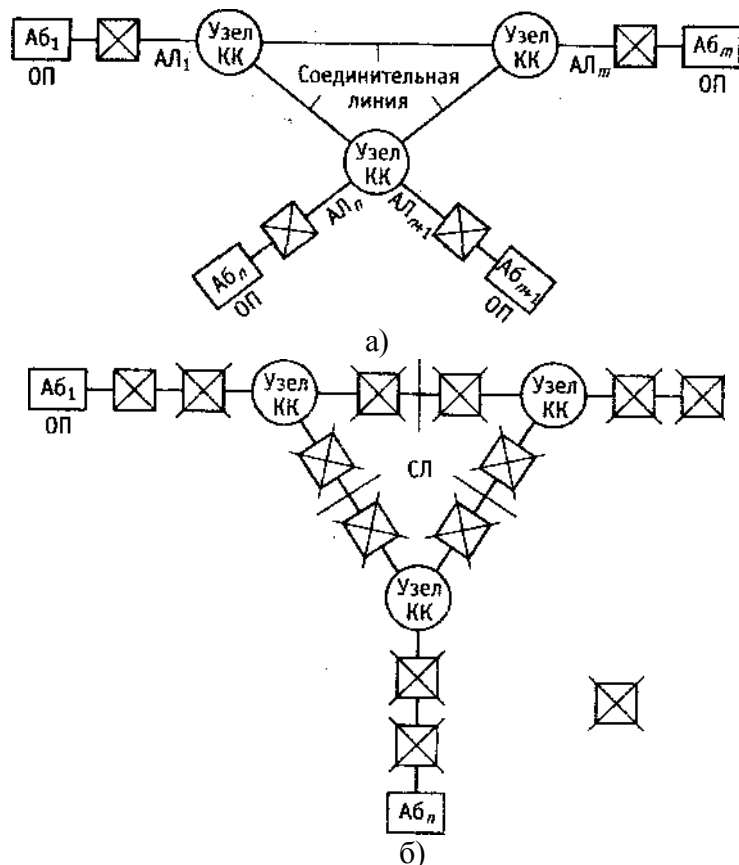
- шақырушы абонент $Аб_n$ абоненттік желі арқылы арналарды коммутациялау (КК – коммутация каналов) түйініне $Аб_m$ абонентімен байланыс жасау мақсатымен шақырушы жабдық көмегімен орындалған, осы шақырылатын абоненттің шартты адресі бар сұранысты жібереді;

- осы сұраныс бойынша арналарды коммутациялау (КК – коммутация каналов) түйінінің жабдықтары $Аб.лин_n$ абоненттік желісін $Аб.лин_m$ абоненттік желісімен (бұл абоненттер бір арналарды коммутациялау түйініне жататын болса) немесе осы абоненттердің әрқайсысының түйіндерінің арасын қосатын желімен (тікелей арна осындай коммутация жасалынатын бірнеше аралық коммутациялау түйіндер арқылы ұйымдастырылған болса) қосады;

- байланыс арнасын ұйымдастырып болғаннан соң абонент $Аб_m$ тікелей (сквозной) коммутациялау түйінінен шақыру сигналын, ал абонент $Аб_n$ – байланыстың орындалғаны туралы сигналды алады.

- абоненттер арасында ақпарат алмасу басталады және бұл алмасу бір-немесе (әдетте екі жақты байланыс арналары коммутацияланатын болғандықтан) екі жақты болуы мүмкін;

- ақпаратпен алмасу сеансы бітіп, абоненттен ол туралы сигнал алынғаннан кейін арналарды коммутациялау (КК – коммутация каналов) түйіндерінің жабдықтары арналардың орнатылған байланысын үзеді.



37 сурет. а - арналарды; б – мәліметтерді немесе пакеттерді коммутациялау арқылы дискреттік мәліметтерді тасымалдау (ПДС - передача дискретных сообщений) тораптары

Бос арна болмаса немесе оның берілген бағыттағы учасоктердің кез-келгенінде жұмыс істемесе, немесе коммутациялау түйіндерінде (УК – узлы коммутации) бос станциялық құрылымдар жоқ болса абоненттер арасында байланыс орнатылмайды да, коммутациялау түйіні $Аб_n$ абонентіне қызмет көрсетілу мүмкіндігі жоқ екендігі туралы сигнал (сигнал занятости) жібереді. Байланысты орнату үшін $Аб_n$ абоненті өзінің сұранысын тағы да қайталау керек. Желінің немесе станциялық құрылымның бос емес мезетінде түскен шақырыс (байланыс орнатуға сұраныс) қанағаттандырылмайтын (жоғалатын) қызмет көрсетудің мұндай тәсілі *жоғалтымды қызмет көрсету* (обслуживание с потерями) деп аталады.

Жинақтап алып (с накоплением) *коммутациялау* (КН - коммутация с накоплением) жүйелерінде соңғы пункттер (ОП - оконечные пункты) өзінің коммутация түйіндерімен (УК – узлы коммутации) тұрақты тікелей байланыста болып оған ақпаратты жеткізіп отырады. Содан соң бұл ақпарат коммутациялық түйіндер арқылы кезекпен басқа абоненттерге жеткізіледі. Ал шығу арналары бос емес болған жағдайда ақпараттар түйіндерде сақталып, арналар босаған уақыттарында керекті бағыттарға жіберіліп отырады. *Жинақтап алып* (с накоплением) *коммутациялау* (КН - коммутация с накоплением) жүйелерінің белгілі екі түрі бар: мәліметтерді коммутациялау (КС – коммутация сообщений) жүйесі және пакеттерді коммутациялау (КП – коммутация пакетов) жүйесі.

Мәліметтерді коммутациялау (КС – коммутация сообщений) жүйесінде тасымалдау процесі келесідей:

- шақырушы абонент $Аб_n$ тасымалдауға арналған мәліметті $Аб_m$ абонентінің шартты адресімен бірге коммутациялау түйініне жібереді;

- мәлімет мәліметтерді коммутациялау (КС – коммутация сообщений) түйінінде сақталынып, ондағы адрес арқылы тасымалдау орындалатын арна анықталады;

- егер арна көрші мәліметтерді коммутациялау (КС – коммутация сообщений) түйініне қызмет көрсете алатын (бос) болса, онда мәлімет көрші, мәліметтерді коммутациялау (КС – коммутация сообщений) түйініне жіберіледі де, ол жерде алдыңғы пунктте келтірілген операция қайталады;

- егер арна көрші мәліметтерді коммутациялау (КС – коммутация сообщений) түйініне қызмет көрсете алмайтын (бос емес) болса, онда мәлімет жадылық құрылымдарда арна босағанша сақталады;

- сақтаудағы мәліметтер тасымалдау бағыты және сұранысты қанағаттандыру приоритеті бойынша кезекке қойылады.

Қызмет көрсетудің мұндай, сұраныстың бос желілер немесе аспаптар жоқ кезінде түсіп, олардың босауын күтетін түрін *күтпелі қызмет көрсету* (обслуживание с ожиданием) деп атайды.

Мәліметтерді коммутациялау (КС – коммутация сообщений) тәсілі жалпы қолданудағы телеграф тораптарында қолданылады.

Пакеттерді коммутациялау (КП – коммутация пакетов) тәсілі (37, б сурет) мәліметтерді коммутациялау (КС – коммутация сообщений) тәсілімен идеясы бойынша сәйкес болып табылады, айырмашылығы тек *ұзын мәліметтердің* бүтіндей емес, салыстырмалы түрдегі *қысқа бөліктерге – пакеттерге* бөлініп тасымалданатындығында. Пакеттерді тасымалдау екі: виртуалдық қосылу және датаграмдық тәсілдер (режимдер) арқылы жүзеге асырылады.

Виртуалды қосылыс. Бұл да арналарды коммутациялаудың бір түрі болып табылады. Айырмашылығы – мәліметтерді тасымалдау кезінде тікелей емес, коммутациялау орталықтарындағы басқарушы компьютерлердің жадылары арқылы пакеттерді пайдаланып орындалатындығында. Виртуалды тораптарда пакеттерді тасымалдаудың алдында қабылдаушы абонентке виртуалды байланысты анықтайтын арнаулы (қызметші – служебный) пакет жіберіледі. Бұл пакет әр түйінде i -ші арнадан келген k -ші виртуалды байланыстың пакетін j -ші арнаға жіберу керектігі туралы нұсқауды (распоряжение) қалдырады. Яғни, виртуалды (шартты) *байланыс* тек басқарушы компьютерлердің *жадысында* ғана орындалады. Арнаулы (қызметші – служебный) пакет, қабылдаушы абонентке жеткеннен кейін қабылданатын ақпарат үшін жадының қандай мөлшері қажет екендігін жеткізіп, одан тасымалдауды бастауға рұқсатты талап етеді. Егер қабылдаушы абоненттің компьютері бос және жадысының мөлшері жеткілікті болса, онда атқарушы (отправитель) абонентке (арнаулы, қызметші пакет түрінде) тасымалдауды бастауға өзінің келісімін жібереді. Бұл келісімді алысымен атқарушы (отправитель) абонент пакеттер түріндегі мәліметті

тасымалдауды орындауды бастайды. Пакеттер бір-бірлеп ешқандай кедергісіз виртуалды байланыс арқылы (әр түйінде оларды басқарушы компьютер арқылы өңделген нұсқау күтіп тұрады) кезегімен қабылдаушы абонентке жеткізіледі де, ол жерде тұйықтаушы (концевик) мен тақырыптардан (заголовки) босатылып, жетінші деңгейге жөнелтілетін мәліметке түрлендіріледі. Виртуалды қосылыс бір абоненттен жөнелтілген арнаулы қызметтік (служебный) пакет түйіндердегі нұсқауларды алып тастағанша орын алады. Бұл режим өте үлкен ақпараттық массивтерді тасымалдау кезінде өте тиімді және арналар мен пакеттерді коммутациялау тәсілдерінің барлық артықшылықтарына ие.

Датаграммалар. Датаграммалық режим абоненттер арасындағы виртуалдық қосылудың күрделі процедураларын қажет етпейтін қысқа мәліметтер үшін тиімді болып табылады. «Датаграмма» термині торапта басқа пакеттерге қатыссыз тасымалданылатын тәуелсіз пакетті белгілеу үшін қолданылады. Коммутация түйіні датаграмманы алғаннан соң оны аралық (смежный), адресатқа ең жақын орналасқан түйінге қарай бағыттайды. Аралық (смежный) түйін өзінің пакетті алғаны хабарласа, коммутациялық түйін пакетті өз жадысынан өшіреді. Пакет алынғаны туралы хабар келмесе, коммутациялық түйін пакетті басқа аралық (смежный) түйінге жібереді және бұл әрекет пакетті түйіндердің біреуі қабылдағанша жалғаса береді. Берілген түйінді қоршап тұрған барлық түйіндердің дәрежесі (ранг) адресатқа қаншалықты жақын екендігімен анықталады. Бірінші ранг - адресатқа ең жақын, екінші – басқалардан жақындау және т.б. орналасқан түйіндерге беріледі. Пакет алдымен бірінші рангты, егер ол бос болмаса екінші және т.б. түйіндерге жіберіледі. Мұндай процедура – *маршруттау алгоритмы* (алгоритм маршрутизации) деген атпен белгілі. Датаграмманы тасымалдау түйінінің перспективасы нақты шешуші ереженің көмегімен бағаланатын детерминацияланған маршруттау алгоритмдерінен басқа тасымалдау түйіндері кездейсоқ (случайно) таңдалынатын ықтималдылық алгоритмдері де бар. Мұндай маршруттауда әр датаграмманың траекториясы, және, сонымен бірге, олардың адресатқа келу уақыты да кездейсоқ (случайный) болатындығы күмәнсіз. Дегенмен, бұл кездейсоқтықтың қасиеттерін басқару, бағыттау мүмкіндігі бар, яғни, орташа жеткізу уақыты берілген шамадан аспауын, датаграмманың шектелген уақыттан артық кешіктірілмеуін (мүмкіндігінше аз болуын) қамтамасыз етуге болады. Датаграммалық режим Интернетте, UDP (User Datagram Protocol) және TFTP {Trivial File Transfer Protocol) протоколдарында қолданылады.

Әрине, бұл қарастырылған коммутация тәсілдерінің әрқайсысының ерекшеліктеріне байланысты өзінің қолдану аймағы бар. Сондықтан, жүктемелерінің шамасы, олардың уақыт бойынша бөлінуі, мәліметтерінің көлемі, қолданылатын жабдықтары әртүрлі болатын көп абоненттерді біріктіретін тораптарда коммутация тәсілдерінің бірнеше түрлерін бірге қолдану тиімді болады. Мұндай тораптарда жүктеме аз немесе орташа болып және мәліметтерді үлкен массивтер түрінде адрестерінің саны аз, тасымалдау кезінде байланысты орнатуға кететін уақыт көп емес болатындықтан *арналарды*

коммутациялау (КК) жүйесін қолдану тиімді болады. Ал көп адресті мәліметтерді тасымалдау, яғни тасымалдау тездігінің категориясы жоғары мәліметтерді сәйкес приоритетпен қамтамасыз ету қажет және абоненттік құрылымдардың жүктемесі жоғары болған жағдайларда мәліметтерді коммутациялау (КС – коммутация сообщений) жүйесін қолданған тиімді. Қысқа мәліметтерді интерактивті (диалогты) режимде тасымалдау кезінде пакеттерді коммутациялау (КП – коммутация пакетов) тәсілін қолдану тиімді.

Қорытып айтқанда, коммутация тәсілін таңдау – күрделі оптимизациялық жұмыс болып табылады. Бұл проблема трафиктің, тұтынушылардың ерекшеліктерімен және оларға көрсетілетін қызметтің сапасымен анықталатын транспорттық торапқа қойылатын талапқа сәйкес шешіледі.

Әдебиет нег.1 [141-177]

Бақылау сұрақтары

1. Байланыс тораптарында коммутациялаудың қандай тәсілдері қолданылады?
2. Мәліметтерді коммутациялау тәсілдері пакеттерді коммутациялау тәсілдерінің айырмашылығы неде?
3. Виртуалды байланыс және датаграммалық режимдерін сипаттаңыз және олардың қолдану жағдайларын атаңыз?
4. Маршрут; маршруттау; маршруттау таблицасы; байланыс торабы ақпаратының таратылу жоспары түсініктеріне анықтама беріңіз.

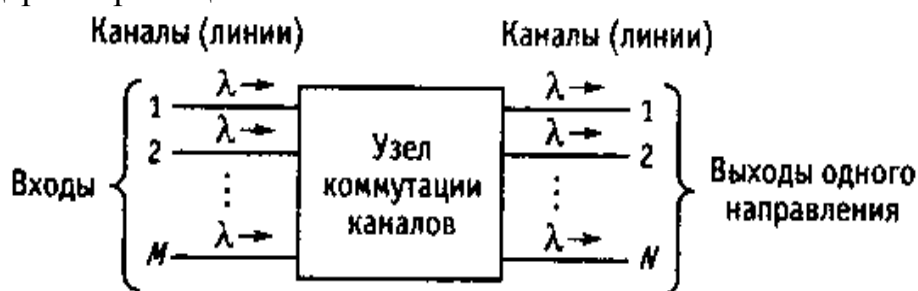
13 лекция. Телекоммуникация қызметі

Расчет коммутационного узла с коммутацией каналов. Модель коммутационного узла

Арналарды коммутациялаушы коммутациялық түйінді есептеу. Коммутациялық түйіннің моделі

Жоғарыда аталып өткендей, арналарды коммутациялау тәсілін қолдану кезінде торап физикалық арнаны (электр тізбегін) ақпарат көзі мен қабылдаушы (тұтынушы) арасында байланыс сеансы жүріп жатқан уақытта ғана пайдалануға мүмкіндік береді. Бұл физикалық «бір шеткі нүктеден екінші шеткі нүктеге» (из конца в конец) жалғасатын тізбек, бір-бірімен коммутациялық *өрістерден* (поля) көмегімен коммутациялау түйіндеріне (УК) біріккен бірнеше тасымалдау *аралық бөліктерінен* (звенья) тұруы мүмкін. Тасымалдаудың аралық бөліктері (звенья) арналардың келесі екі түрінің біреуі: тасымалдаудың аналогтық жүйелерінің (СП – системы передачи) тональдық жиілікті арнасы (КТЧ – каналы тональной частоты) немесе арналары уақыт арқылы жіктелетін ЦСП (**центры систем передачи?**) арналары түрінде болуы мүмкін. Арналары коммутацияланатын тораптардың тұтынушыларының басым бөлігіне *тежелімді шақырымды (блокировками вызовов)* қызмет көрсетіледі. *Тежелімді шақырымды (блокировками вызовов)* қызмет дегеніміз - бір шеткі нүктеден екінші шеткі нүктеге тасымалдауға қажет арнаның қолдануға берілмеуі. Тежелімнің мөлшері

арналық коммутациялы (КК) тораптың сапасын анықтайды. Шақырымдарды қанағаттандыруды қамтамасыз ету сипаты тежелім жасау ықтималдылығымен, баланыстың орнау және ажырау уақытымен анықталады. Қосылу (ажырау) протоколы деп: а) торапты абоненттік құрылым мен станциялар және тораптың түйіндері өзара алмасатын сигналдардың құрамын (тізімін), б) сигналдармен өзара алмасу логикасын, в) (бір аралық бөліктен екінші аралық бөлікке немесе бір шеткі нүктеден екінші шеткі нүктеге) сигналды беру (сигнализация) әдісін, г) сигналдардың параметрлерін (ұзындығы, деңгейі т.б.) айтады. Телефондық байланыстың қарапайым қызметін көрсету кезінде сигналдардың он түрін жіберу қажет болады. Арналық коммутациялы (КК) тораптардың жұмысының принципін түсіну үшін коммутациялау түйіндерінің (УК) жалпы моделін (38 сурет) қарастырайық.



38 сурет. Коммутациялау түйіндерінің жалпы моделі

Бұл 38-суреттегі модель коммутациялау жүйелерінің (СК) жан-жақты екендігін көрсетеді. Коммутациялау жүйелері (СК) деп кіріс желілерін (арналарын) шығыс желілерімен (арналарымен) физикалық қосылысын қамтамасыз ететін коммутация және басқару жабдықтарының жиынтығын түсінеді. Коммутациялау түйіндерінің M -кірістері – абоненттік желілер, ал N -шығыстары - шеткі (оконечной) станцияның тораптың басқа бір станциясына шығыс арналары; түйінде немесе транзиттік станцияда M -кірістері – тораптың бір станциясынан келетін кіріс арналары (желілері), ал N -шығыстары - тораптың басқа бір станциясына баратын шығыс арналары болуы мүмкін.

Коммутациялау түйіндерінің моделінің жұмысын қарастырайық. M -кірістерінің кез-келгені экспоненциалдық заңдылықпен анықталған, орташа мәні $1/\lambda$ -ге тең уақыт аралығында бос болуы, немесе шақырылымды (вызов) генерациялауда болуы мүмкін. Бұл шақырылым (вызов), экспоненциалдық заңдылықпен анықталған, орташа мәні $1/\mu$ -ге тең кездейсоқ (случайный) уақыт аралығында қанағаттандырылуы мүмкін. Кез-келген кіріс нүктесіне келген шақырылым кез-келген бос шығыс нүктесіне жіберіледі (мұндай, шақырылымдар шоғының барлық шығыс нүктелерінің толық қанағаттандырылуы программа арқылы басқарылатын түйіндер мен станцияларға тән). Егер байланыс бағытының барлық шығыстары бос емес болса, онда шақырылым тоқтатылады (блокируется) да (коммутациялау жүйелері оған қызмет көрете алмайтындықтан), ол жалпы қызмет көрсету жүйесінен (СМО - система массового обслуживания) шығады. Кез-келген коммутациялау жүйесі (СК), шектелген көлемдегі

(ограниченные) жалпы пайдаланудағы ресурстарды (общие ресурсы) үлкен көлемді тұтынушыларға пайдалануға бөлу қызметін орындайтындықтан, жалпы қызмет көрсету жүйесіне (СМО) жатады. 38-ші суретте келтірілген жалпы қызмет көрсету жүйесінде n байланыс орнатылған болса, онда бұл жүйе стационарлық, теңгерілген режимге көшеді. Бұл режимнің ықтималдылық сипаттамалары уақытқа тәуелді емес. Коммутациялау жүйесінің осы режимінің жұмысын толығырақ қарастырайық, себебі, арналардың қажетті саны M осы, жүктеменің ең үлкен болатын сағаты (ЧНН – час наибольшей нагрузки), яғни, орнатылған байланыс санының ең көп болған жағдайында анықталады. Бұл режимде жалпы қызмет көрсету жүйесінің (СМО) кірістеріне интенсивтігі λ_n шақырыстар түсіп, олар жүйеден μ_n интенсивтілікпен шығады. Демек, n қалыптағы жүйе екі айнымалымен сипатталады (4):

$$\lambda_n = (\lambda_n - n) \begin{cases} 0 \leq n \leq N, \\ N \leq M, \end{cases} \quad (4)$$

$$\mu_n = n\mu, \quad 1 \leq n \leq N.$$

Жалпы қызмет көрсету жүйесінің (СМО) стационарлық режимі тепе-теңдік (равновесия) теңдеуімен (5) сипатталады. Бұл теңдеуде, жүйе n қалыпта (состоянии) болғанда шақырыстардың λ_n интенсивтілікпен түсуіне және модельде кез-келген $n > 0$ жағдайы үшін n қосылыстарының болуы ықтималдылығына сәйкес $n + 1$ күйіне көшу ықтималдылығының тәуелділігі анықталады.

$$\mu_{n+1}p_{n+1} = \lambda_n p_n, \quad n \geq 0, \quad (5)$$

мұнда, p_n, p_{n+1} - жалпы қызмет көрсету жүйесінде (СМО) n немесе $n + 1$ орнатылған қосылыстарының болу ықтималдылығы.

Жалпы қызмет көрсету жүйесінің (СМО) қабылдайтын күйлерінің ықтималдылығы параметрлері M және N арасындағы арақатынасқа үлкен тәуелділіктегі заңдылықтармен сипатталады. Мысалы, егер $M \gg N$ (N -нің мәні шектелген) және M -нің мәні өте үлкен болса, шақырымдардың кіріс нүктесіне түсуі Эрлангтың таратылу (бөліну) заңымен сипатталады. Яғни бұл заң, кездейсоқ шама X -тың (біздің қарастырып отырған жалпы қызмет көрсету жүйесінде – СМО – кірістерге шақырымдардың түсуі) өзгерісін сипаттайтын заң болып табылады. Бұл заңның негізгі ережелері келесідей:

1) егер шақырымдар t уақыт осіне (39 суреттегі нүктелер) орналастырылатын болса, онда кез-келген шақыру санының L аралығына тап болу ықтималдылығы бұл аралықтың уақыт осіндегі орнына емес, тек осы аралықтың ұзындығына ғана тәуелді. Бұл – шақырымдардың уақыт бойынша, уақыт бірлігі ішіндегі шақырымдардың орташа санын сипаттайтын λ -ға тең біркелкі орташа тығыздықпен орналасатындығын көрсетеді;

2) шақырымдардың әрқайсысының уақыт осінде алатын орны (орналасуы) басқа шақырымдардың алатын орындарына (бір-біріне) тәуелді емес. Яғни, шақырымдардың берілген санының таңдап алынған уақыт аралығына орналасу ықтималдығы басқа, осы аралықпен ортақ бөлігі жоқ аралыққа түскен

шақырымдар санына тәуелсіз;

3) екі немесе одан да көп шақырымдардың аумағы кіші Δt бөлігіне түсу ықтималдығы бір шақырымның сол бөлікке түсу ықтималдығымен салыстырғанда шексіз кіші болады (бұны екі шақырымның бір сәтте түсуінің мүмкін еместігіне теңеуге болады).

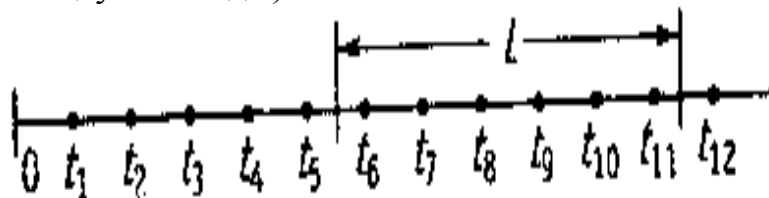


Рис. 39. Моменты поступления потока вызовов Эрланга

Жалпы қызмет көрсету жүйесінің (СМО) моделінде осындай қасиеттерге ие шақырымдар ағыны үшін тежеу (блокировка) ықтималдығы (барлық N – шығыстары бос болмауы себепті қызмет көрсету орындалмағанда) Эрлангтың келесі заңымен анықталады:

$$E_N(Y) = \frac{Y^N / N!}{\sum_{n=0}^N Y^n / n!}, \quad (6)$$

Мұндағы, $Y = \lambda/\mu$, $E_N(Y)$ – кез-келген M -шақырым көзінен түскен Y -ке тең жүктеме кезінде барлық N -шығыстардың бос емес болуы (тежемде) ықтималдығы. Нақтылап айтқанда, бұл теңдеу $M = \infty$ болған жағдай үшін де дұрыс болады және оны кіріс нүктелерінің саны өте көп схемалардағы инженерлік есептеулерде қолдану кезінде алынған нәтиженің дәлдігі де өте жоғары.

Бір шақырым көзінің түсіретін Y жүктемесі шықырымдар интенсивтігі λ мен қызмет көрсету уақыты $1/\mu$ -ның көбейтіндісінің сандық мәніне тең. Тежемді (блокировка) шақырымды жоғалтып алу (потеря вызова) (шақырым жалпы қызмет көрсету жүйесінен кетеді, жоғалады) деп те атайды. Іс жүзінде тежемді (с блокировкой) жүйелердің қызмет көрсету сапасының дәрежесін осы жоғалтылған шақырымдардың мөлшерімен есептейді.

Әдебиет нег.1 [183-199]

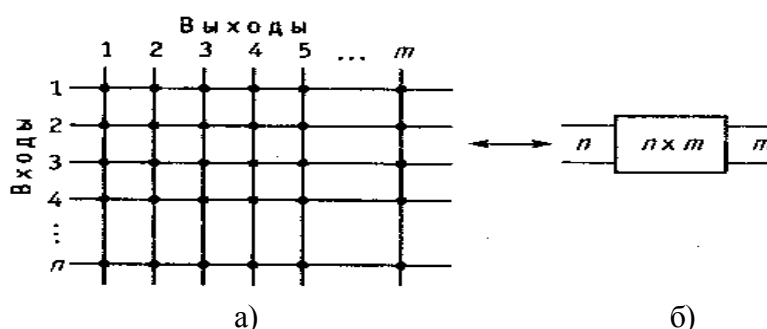
Бақылау сұрақтары

1. Тораптардың аралық бөліктерінде тасымалдау арналардың қандай түрлері арқылы орындалады?
2. Шақырымды тежеу дегеніміз не?
3. Телефон торабының байланыс протоколы деп нені түсінеміз?
4. Телефон торабының коммутация түйінінің жалпы моделі арқылы не сипатталады?
5. Эрланг формуласы арқылы не сипатталады?

14 лекция. Тораптарды коммутациялау тәсілдері

Станциялар мен түйіндердің коммутациялық өрістерінің структурасы (құрамы). Кеңістіктік коммутация

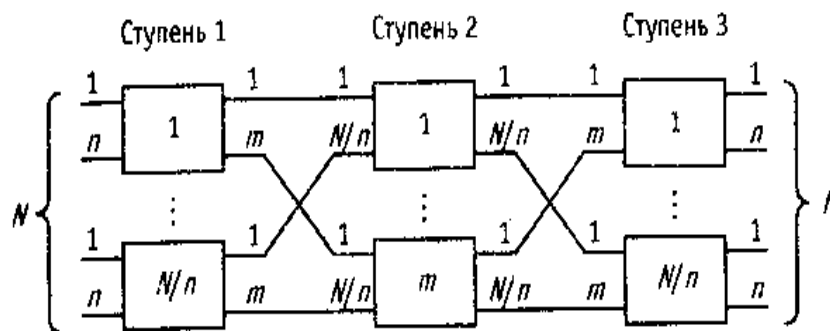
Кез-келген арналарды коммутациялау торабының станциясында (түйінінде) тасымалдау жүйелерінің кіріс желілері немесе арналары шығыс желілерімен (арналарымен) коммутациялау қызметі орындалады. Осы коммутациялауды қамтамасыз ететін элементтердің жиынын *коммутациялау өрісі* (КП) деп атаймыз. Бірінші болып кеңістіктік коммутациялау өрістері қолданыла бастады. Мұндай өрістерде коммутацияланатын тізбектер (цепи) кеңістік бойынша жіктелген. Олардың қолданылуы барлық электромеханикалық автоматты телефон (АТС) және телеграф станциялары мен түйіндерінде орын алған. Ал басқарылуы программалық станцияларда тізбектерді (арналарды) кеңістік бойынша да, уақыт бойынша да жіктейтін (разделение) коммутациялау өрістері (КП) қолданылады. Коммутациялау өрісінің ең қарапайым коммутациялау құрылымы – *коммутатор* болып табылады. *Коммутатор* дегеніміз (40 сурет) - n кіріс және m шығыс нүктелері бар *коммутациялық схема*. Коммутатордың кіріс және шығыс нүктелерінің қиылысында коммутациялық элемент (КЭ) – металл контакт немесе жартылай өткізгіш материалдан жасалған қосқыш орнатылуы мүмкін. Егер квадрат ($n \times n$) коммутатордың барлық кірістері мен шығыстарының қиылысында коммутациялық элементтер (КЭ) орнатылған болса, онда мұндай коммутаторда оның берілген кіріс нүктесін кез-келген бос нүктесімен қосуға болады. Мұндай қасиеті бар коммутатор *тежеуілімді емес (тежеуіліссіз)*, яғни оның барлық шығыс нүктелері, тіпті $n - 1$ шығыс нүктесі бос емес болған кездің өзінде де, ең соңғы нүктесі кез-келген кіріс нүктесімен байланыстырыла алатын болып табылады. Егер $n > m$ болатын болса, онда коммутаторда *тежелімдер* (блокировки) жағдайы орын алады.



40 сурет. коммутатордың $n > m$ болған жағдайдағы схемасы (а) және оның символдық кескіні (б)

Егер $N \times N$ бір квадрат коммутатордың кіріс және шығыстарына бір АТС-тың абоненттік желілерін қосатын болсақ, онда қажетті коммутациялық элементтердің (КЭ) саны (солдан оңға қарайғы диагональда коммутациялық элементтерді орнатудың қажеті жоқ болғандықтан): $Q = N^2 - N(N - 1)$ формуласы арқылы анықталады. Мысалы, абоненттік желілердің саны 8000 болса, бір

коммутаторлы коммутациялау өрісіндегі КЭ саны $8 \cdot 10^3(8 \cdot 10^3 - 1) = 64 \cdot 10^6$ -нан кем болмау керек. Мұндай коммутациялау өрісінің бағасы өте жоғары болады. Сондықтан, осы станцияның берілген абоненттер саны үшін - шығыны төмен, коммутациялық элементтерінің саны аз коммутациялау өрісін жасау мәселесі туындайды. Бұл мәселенің шешімі – коммутаторлары *каскадты* түрде қосылған *көп аралық бөлікті (многозвеньевые)* структураларды пайдалануда болып табылады. Мұндай, *көп аралық бөлікті (многозвеньевые)* немесе *көп сатылы (многоступенные)* деп аталатын коммутациялау өрісінің (КП) схемасы 41 суретте көрсетілген.



41 сурет. Үш сатылы (трехступенная - трехзвенная) коммутациялау схемасы

Әрбір коммутациялау сатысы - *байланыс жолдары (аралық бөліктер) жиынтығымен* байланыста болады. Бұл схемадағы коммутациялық элементтердің (КЭ) жалпы саны N -кірісті және N -шығысты квадрат коммутатордың схемасындағы коммутациялық элементтердің санынан анағұрлым аз, яғни:

$$Q = 2mn(N/n) + m(N/n)^2 = 2Nm + m(N/n)^2. \quad (7)$$

Үш *аралық бөлікті* (трехзвенной) схемалы коммутатордың $N \times N$ квадрат схемалы коммутаторды пайдаланумен салыстырғандағы тиімділігін салыстырайық. Егер $N = 8000$, $n = 32$, $m = 16$ болса, онда КЭ саны

$$Q = 2 \cdot 8000 \cdot 16 + 16(8000/32)^2 = 256 \cdot 10^3 + 16 \cdot 62,5 \cdot 10^3 = 318 \cdot 10^3$$

болады.

Бұл жерден, $n = 32$ және $m = 16$ болатын *үш аралық бөлікті* (трехзвенной) схеманы қолдану КЭ санын кем дегенде 200 есе азайтатынын байқаймыз.

Қазіргі заманғы коммутациялау жүйелері орталықтарының (ЦСК – центры систем коммутации) коммутациялау өрістері *тежелімді* типтегі коммутациялау өрістеріне жатады. Бірақ, олардың *аралық бөліктерінің санын және коммутаторларының параметрлерін* тежелім ықтималдылығы өте аз (0,1 % көп емес) болатындай етіп алады.

Үш аралық бөлікті (трехзвенная) схема $m = 2n - 1$ болу шарты орындалған жағдайда *тежелімді емес (тежелімсіз)* бола да алады. Бірақ, тежелімді схемаларға қарағанда анағұрлым көп коммутациялау элементтері (КЭ) қолданылатындықтан, бұл схеманы (қалған жағдайлар бірдей болса) үлкен көлемді коммутациялау жүйелері орталықтарында (ЦСК) пайдалану тиімді емес.

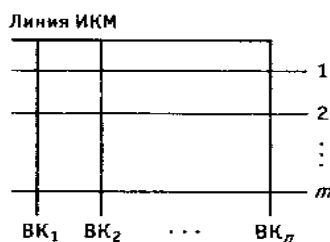
Уақыт бойынша коммутациялау

Жоғарыда айтып өткендей, кеңістіктік коммутациялау өрістерінде электрлік (кеңістіктік) жіктелген (разделенных электрически-пространственно) желілер (тракттар) арасында бір-бірімен байланыстырылады (қосылады). Бұл коммутаторлар электромеханикалық та, цифрлық та коммутациялау түйіндерінде (УК) қолданылады. Бірақ, цифрлық коммутациялау түйіндерінде сонымен бірге уақыт бойынша коммутациялау, яғни арналарды уақыт бойынша жіктеу схемалары да қолданылады. Жіктеудің бұл тәсілі *импульсті-кодтық модуляцияның* көмегі арқылы орындалуы мүмкін. Тасымалдаудың бір бағыттағы топтық (групповом) желісінде (трактында) (мысалы, екі сымдық кабельдік физикалық желіде), осындай тасымалдау жүйелері орталықтарында (ЦСП) сөз немесе мәлімет түріндегі ақпаратты тасымалдауда пайдаланылатын 30 уақыт бойынша жіктелген арналар (ВК) мен екі арнаулы арна ұйымдастырылады. Тұтынушылар қолдану үшін арналардың осылай 30-ға жіктелуі 42 суретте схематикалық түрде көрсетілген.



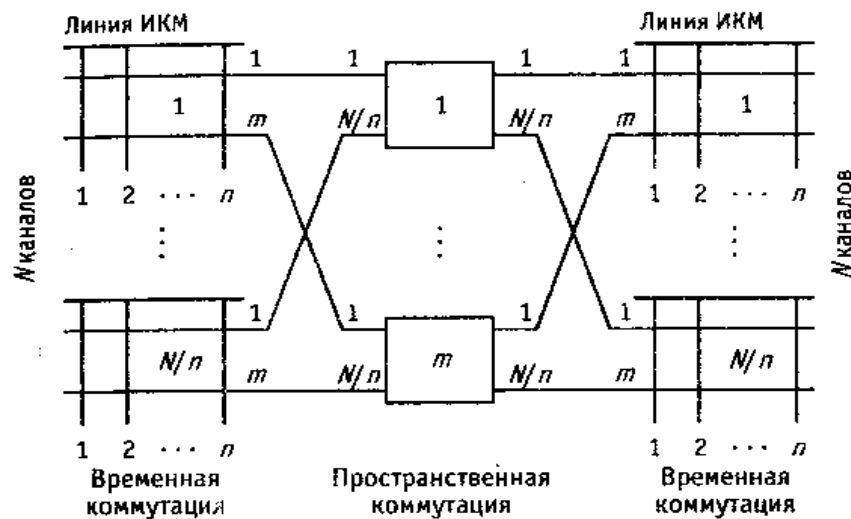
42 сурет. Импульсті-кодты модуляциялы (ИКМ) тасымалдау жүйелерінің орталықтарының (ЦСП) циклдары және арналардың уақыт бойынша жіктелуінің схематикалық кескіні.

Цифрлық станциялар мен түйіндердің коммутациялық өрістері *кеңістіктік-уақыттық коммутацияны* қолдану арқылы жасалынады. Соңғы коммутация кеңістіктік коммутацияға ұқсас. Бұл ұқсастық белгісі келесідей болып табылады. Әрбір уақыттық коммутацияның цикл уақытында ақпарат коды сақталатын жады ячейкасы болсын (43 суретте бір ИКМ желісіне бекітілген ячейкалар вертикаль сызықтармен арқылы көрсетілген). Айталық, кез-келген уақыт мезгілінде, кез-келген ячейкадағы ақпаратты солардың көмегімен оқуға болатын аралық сызықтар болсын (43 суретте – горизонталь сызықтар). Осылай оқу процесі *уақыт бойынша (уақыттық) коммутациялау* деп аталады. Кеңістікті-уақыттық коммутациялы коммутациялау өрісі (КП) 44 суретте көрсетілген. Бұл жүйенің бірінші және үшінші сатыларында уақыттық, ал екінші сатысында – кеңістіктік коммутация орындалады.



43 сурет. Уақыттық коммутацияның кеңістіктік эквивалентінің схемасы

44 суреттегі көрсетілген коммутация түрі «уақыт-кеңістік-уақыт» (В-П-В) деп аталады. 41 суреттегі схемадағыдай мұнда да кіріс және шығыс арналарының саны N -ге тең. Бұл арналар ИКМ-ның N/n кіріс және шығыс сызықтарымен көрсетілген (представлены). Мұндай коммутациялау схемасының жұмысы 41 суретте көрсетілген үш аралық бөлікті (трехзвенный) кеңістікті коммутациялау схемасының жұмысына ұқсас. Екінші сатыдағы кеңістіктік коммутаторларда ИКМ-нің кіріс және шығыс сызықтарының уақытша (временные) арналары байланыспен қамтамасыз етіледі.



44 сурет. Уақыт-кеңістік-уақыт (В-П-В) типті үш аралық бөлікті (трехзвенный) коммутациялық өрістің (КП) схемасы

Бұл дегеніміз, кеңістікте жіктеліп, вертикаль және горизонталь сызықтардың қиылысында орналасқан коммутациялық элементтер (КЭ) *еркін таңдап алынған уақыттық коммутациялау жағдайында* міндетті түрде ашылуы керек екендігін білдіреді. *Еркін уақыттық коммутациялау жағдайы* басқару жабдығымен анықталады, және осы жабдықтың көмегімен ИКМ-ның кіріс сызығының (мысалы, 1-ші) ақпарат жадысының қажетті ячейкасынан (мысалы, 2-ші) ақпарат кодын оқып, басқа, ИКМ-ның бір шығыс сызығының (мысалы, N/n -ші) ақпарат жадысының ячейкасына (мысалы, n -ші) жеткізу қамтамасыз етіледі.

Әдебиет нег.1 [183-199]

Бақылау сұрақтары

1. Уақыт бойынша коммутациялау дегеніміз не?
2. Бір аралық бөлікті коммутациялық схема дегеніміз не?
3. Көп аралық бөлікті коммутациялық схема дегеніміз не?
4. Көп аралық бөлікті коммутациялық схеманың бір аралық бөлікті коммутациялық схемадан қандай артықшылықтары бар?
5. Уақыт-кеңістік-уақыт (В-П-В) типті үш аралық бөлікті коммутациялық схема дегеніміз не?

15 лекция. Телетрафик теориясы

Телетрафик теориясы элементтері. Трафикті есептеу

Телетрафик теориясы – жалпы қызмет көрсету теориясының бір бөлігі. Телетрафик теориясының негізін Дания ғалымы А.К. Эрланг қалады. Оның бұл теория туралы еңбектері 1909-1928 жылдары жарияланды. Алдымен, телетрафик теориясында (ТТ) қолданатын анықтамаларды беріп өтейік. «Трафик» термині (ағыл., traffic) «телефондық жүктеме» терминіне сәйкес келеді. Бұл жерде, «телефондық жүктеме» дегеніміз - жалпы қызмет көрсету (СМО) жүйесінің кірісіне түсетін *шақырымдар, талаптар (требования), мәліметтер ағынымен* анықталатын жүктемені білдіреді. Трафикті бір сағаттағы көрсетілген қызмет (ч-з) немесе эрланг (Эрл) арқылы өлшенеді. Бір сағаттағы көрсетілген қызметпен (ч-з) көрсетілген трафик (y) белгілі бір T уақыт аралығында қосылысты *талап еткен* шақырымдар санының (c) бір қосылысқа талап етуге кеткен уақыттың орташа мәні t -мен көбейтіндісіне тең, яғни: $y = c \cdot t$ (ч-з).

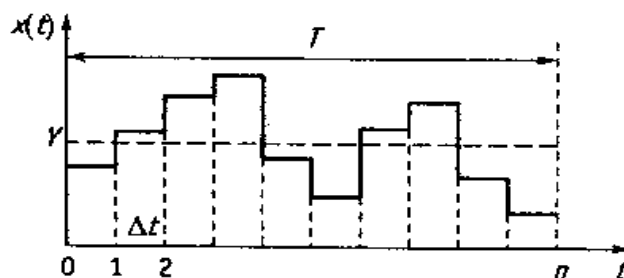
Шамасы 1 Эрлге тең трафик - 1 сағаттағы 1 ч-з-ға тең (ч-з/ч). Бұл жерде, шақырымды талап ету (попытка вызова) қажетті бағыттағы арнамен (желімен) байланыс жасауға алып келмеуі де мүмкін екендігін ескерте кету керек. Сонымен бірге, кез-келген *қосылысты талап еткен* шақырым жалпы қызмет көрсету жүйесіне *жүк түсіретінін* де ұмытуға болмайды. Эрланг бірлігімен берілген трафиктің шамасы (Y) бір сағат ішіндегі байланыс орнатылынған шақырымдардың орташа санымен анықталады. Трафикті үш түрлі жолмен есептеуге болады:

1) егер, бір сағат ішінде түскен шақырымдар саны (c) 1800, ал бір шақырымның алған уақытының орташа мәні $t = 3$ мин. болса, онда, $Y = 1800$ шак/сағ $\cdot 0,05$ сағ = 90 Эрл;

2) егер, T уақыт аралығында бір топтаманың (пучок) байланыстағы барлық n шығыстарына түскен шақырымдардың ұзақтықтары t_i -ге тең болатын болса, онда трафик келесі формула арқылы анықталады:

$$Y = 1/T \cdot \sum_{i=1}^n t_i ; \quad (8)$$

3) егер, T уақыт аралығында бір топтаманың теңдей Δt уақыт аралықтарында, бір уақыт кезеңіндегі байланыстағы шығыстарын бақылау орындалып отыратын болса, онда осы бақылау нәтижесі көмегімен уақыт бойынша сатылап өзгеретін $x(t)$ функциясы (45 сурет) құрылады.



45 сурет. Бір мезгілде байланыста болған топтаманың шығыстарын есептеу (Отсчеты одновременно занятых выходов пучка)

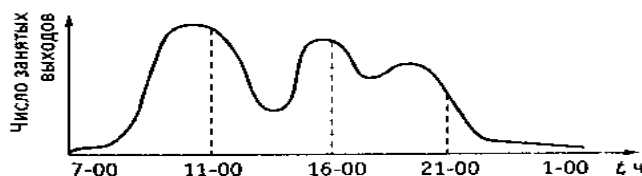
T уақыты аралығындағы трафикті $x(t)$ функциясының осы уақыт ішіндегі орташа шамасымен анықтауға болады және ол келесі формула арқылы есептелінеді:

$$Y = 1/T \cdot \sum_{i=1}^n x_i(t) \Delta t_i, \quad (9)$$

мұндағы, n – жүйенің бір мезеттегі байланыстағы (бос емес) шығыстарының саны, Y – топтаманың T уақыты аралығында байланыстағы (бос емес) шығыстарының орташа саны.

Трафик өзгерістері

Екінші сатыдағы телефон жүйелерінің трафигі уақыт ішінде өзгерісте болады. Трафик қисығы (кривая трафика) жұмыс тәулігінде екі, тіпті үш ең үлкен мәнге дейін көтеріледі (46 сурет). Ұзақ уақыт бойы бақыланған трафиктің ең үлкен мәнге ие болған *тәуліктік сағаты – ең үлкен жүктемелі сағат* (часом наибольшей нагрузки - ЧНН) деп аталады. Трафиктің ең үлкен мәнге ие болған тәуліктік сағатын білу өте маңызды болып табылады, себебі, осы сағаттың мәні арқылы арналар (желілер) саны, жабдықтар мен түйіндердің мөлшері анықталады. Әр аптаның бір күнінің өзінің трафигі маусымға (сезон) байланысты өзгеріп отырады. Егер аптаның күні мереке қарсаңына тап келсе, бұл күннің *ең үлкен жүктемелі сағаты* (ЧНН) мерекеден кейінгі күннің *ең үлкен жүктемелі сағатынан* (ЧНН) жоғары үлкен болады. Егер, торап қарамағында қызмет ететін мекемелер (службы, поддерживаемые сетью) көбейсе, онда трафик те өседі. Сондықтан, трафиктің ең жоғары мәнге ие болатын уақытын белгілі бір сенімділікпен алдын-ала болжау үлкен проблема болып табылады. Телетрафик теориясын, шығындарды немесе станциялық (түйіндік) құрылымдар мөлшерін тәжірибелік есептеулер кезінде тек, трафик тұрақты (стационарлы) (статистикалық тұрақты) жағдайлар үшін ғана қолдануға болады. Осы шарт талаптарын *ең үлкен жүктемелі сағат* кезіндегі трафик (ЧНН) жуықтап қанағаттандырады.



46 сурет. Трафиктің тәулік ішіндегі өзгерісі

Трафикті ұйымдастыру процесі

Шақырылған абонентпен байланыс жасауға бағытталған талаптардың барлығы бірдей байланыс орнатылумен аяқтала (қанағаттандырыла) бермейтіндігі телефон торабының тұтынушыларына мәлім. Кейде қажетті байланыс орындалуы үшін байланыс орнатуға бағытталған талапты бірнеше рет қайтауға тура келеді.

Енді, А және Б абоненттері арасында байланыс орнату кезінде орын алуы

ықтимал жағдайларды қарастырайық (47 сурет).



47 сурет. А және Б абоненттері арасында байланыс орнату кезінде орын алатын жағдайлар диаграммасы

Телефон тораптарындағы шақырымдар туралы статистикалық мәліметтер келесідей: қанағаттандырылған байланыс мөлшері - 70-50 %, қанағаттандырылмағаны - 30-50 % құрайды. Абоненттің кез-келген сұранысы жалпы қызмет көрсету жүйелерінің (СМО) кірістерін иеленеді. Талап қанағаттандырылған кездегі (при удачных попытках) (байланыс орнатылған кезде) кірістерді шығыстармен қосатын коммутациялау аспаптарды иемдену уақыты талап қанағаттандырылмаған кездегі уақыттан әрдайым үлкен болады. Абонент кез-келген сәтте байланысты орнатуға жасап отырған әрекетін тоқтатуы мүмкін. Байланысты орнатуға жасау әрекеті келесі себептерге байланысты қайталануы мүмкін:

- номер дұрыс терілмеген жағдайда;
- торап жұмысында қателік болу мүмкіндігі жағдайында;
- қосылу қажеттілігінің дәрежесіне байланысты;
- алдындағы әрекеттердің сәтсіз аяқталуына байланысты;
- Б абонентінің мінезін білетін болғандықтан;
- номердің дұрыс терілгеніне сенімді болмаған жағдайда.

Талап келесі себептерге:

- қажеттілік дәрежесіне;
 - орындалмау себебін бағалау нәтижесіне;
 - талапты қайталаудың тиімділігін бағалау нәтижесіне;
 - талаптар арасындағы интервалдың тиімділігін бағалау нәтижесіне
- байланысты да қайталануы мүмкін

Талапты қайталаудан бас тарту - қажеттілік дәрежесі төмендігінен болуы да мүмкін. Шақырымдар арқылы болатын трафик келесі түрлерге: *түсуші* (поступающий) (ұсынылған) Y_n , және *жіберілген* (пропущенный) Y_{np} болып бөлінеді. Y_n трафигі барлық орындалған және орындалмаған талаптарды, ал Y_{np} трафигі Y_n трафигінің бір бөлігі болып табылады да, оның құрамына барлық орындалған талаптар және орындалмаған талаптардың біразы жатады.

$$Y_{np} = Y_p + Y_{np},$$

мұндағы Y_p – сөйлесу барысындағы (разговорный) (пайдалы) трафик, ал Y_{np} – орындалмаған талаптар (неуспешные попытки) құрайтын трафик. $Y_n = Y_p$ теңдігі тек идеалды, яғни шығын, шақырушы абоненттер жағынан қателіктер және шақырылған абоненттер жағынан жауап қайтарылмауы жоқ жағдайда ғана орын

алуы мүмкін.

Трафикті болжау

Ресурстардың шектеулілігі станциялар мен тораптың этаптап кеңейтілу қажеттілігіне алып келеді. Торап администрациясы даму кезеңінде келесі жағдайларды:

- *түсетін пайданы* (жіберілген (пропущенный) тариф U_p -тің бөлігі арқылы) анықтай отырып;

- *шығындарды* (трафиктің ең үлкен болған кезіндегі қызмет көрсету сапасы арқылы) анықтай отырып;

- шығынның (қызмет көрсету сапасының) негізгі бөлігі өте сирек болатынын және ол даму периодының соңғы сатысына тән екендігін ескере отырып;

- *жіберілген тарифтің негізгі көлемі* шығындардың іс жүзінде болмайды деп есептеуге болатын периодқа сәйкес келетінін ескере отырып;

- шығын мөлшері 10%-тен кем болған жағдайда, абоненттердің оған көңіл аудармайтындығын ескере отырып

трафиктің өсуі туралы алдын-ала болжам жасайды

Станция мен тораптың дамуын жоспарлау кезінде проектті жасаушы көрсетілетін қызмет сапасына қойылатын талаптың қандай екендігін анықтап алуы керек. Ол үшін, осы мемлекетте қабылданған ережелер бойынша трафикті және шығынды өлшеу жұмыстарын орындап алуы керек.

Әдебиет нег.1 [183-199]

Бақылау сұрақтары

1. «Трафик» термині нені білдіреді?
2. Трафик қандай тәсілдер арқылы есептеледі?
3. Трафиктің өзгерістері деп нені айтамыз?
4. Талаптың қайталануының себептері қандай?
5. Даму кезеңінде трафикті жобалау үшін қандай жағдайлар ескерілуі керек?

2.3 Зертханалық жұмыстар жоспары

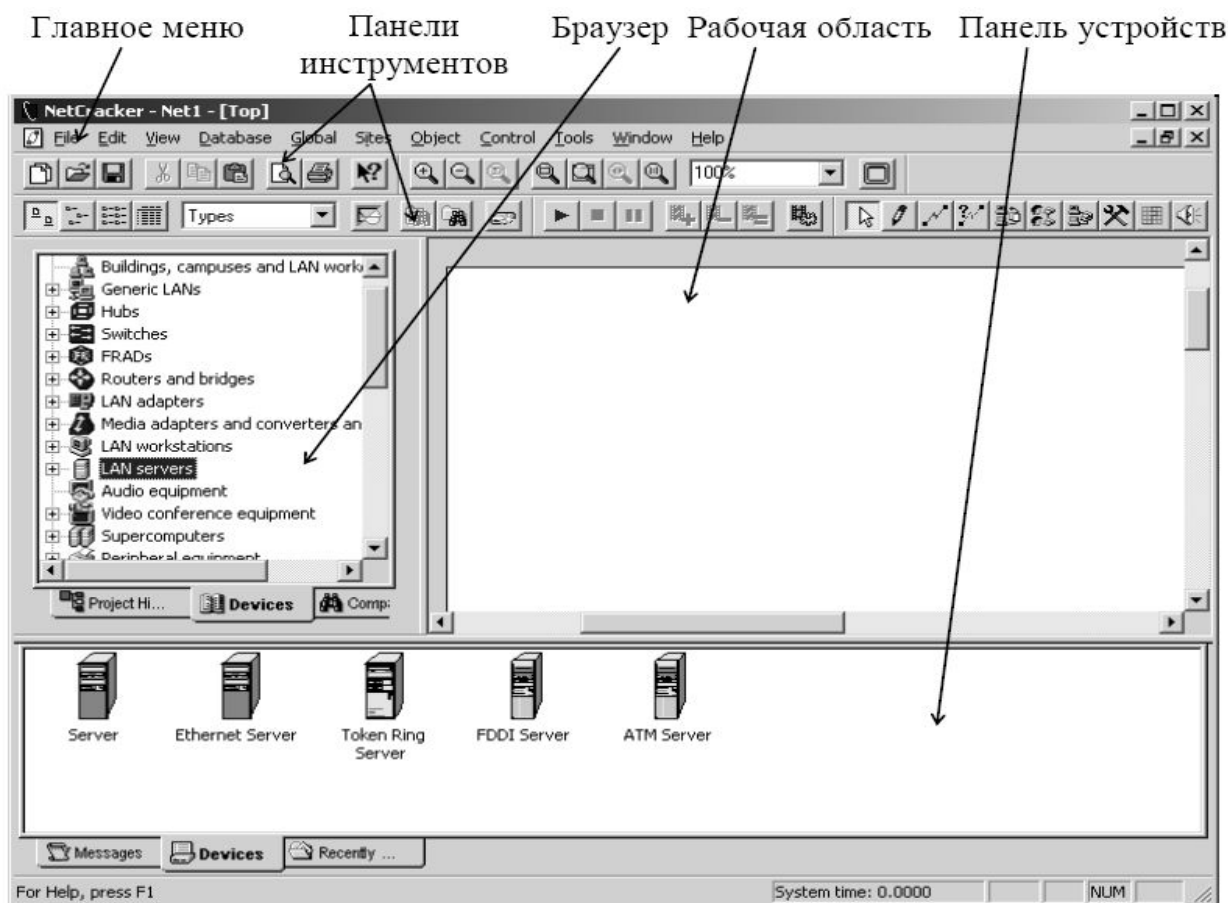
№1 зертханалық жұмыс. NetCracker Professional 4.0 модельдеу жүйесі.

Жұмыстың мақсаты: NetCracker Professional 4.0 модельдеу жүйесінің модельдеу мүмкіншіліктерімен танысу.

1 Жұмыстың тапсырмасы

1.1 NetCracker Professional 4.0 модельдеу жүйесінің модельдеу мүмкіншіліктерімен, құрамымен (1 сурет), олардың атқаратын қызметтерімен танысып, жүйемен интерактивті режимде жұмыс істеуге машықтану.

Әдебиет 3 қос.: [16-48]



1 сурет. NetCracker Professional 4.0 модельдеу жүйесінің негізгі терезесі

Бақылау сұрақтары:

1. Бағдарламаның негізгі терезесі қандай негізгі элементтерден тұрады?
2. Браузер тізімінің құрамы қандай?
3. Аспаптар панелінде не орналасқан?
4. Тораптың түйіндері арасында байланыс қалай жасалынады?
5. Көрсетілетін ақпарат қалай таңдалынады?

Ескертпе: Зертханалық жұмыстарды орындау барысында NetCracker Professional 4.0 модельдеу жүйесімен жұмыс істеу бағыттамасы (инструкция) пайдаланылады.

№ 2 зертханалық жұмыс. NetCracker Professional 4.0 модельдеу жүйесінің құрамы.

Жұмыстың мақсаты: NetCracker Professional 4.0 модельдеу жүйесінің модельдеу мүмкіншіліктерімен танысу.

1 Жұмыстың тапсырмасы

1.1 Телекоммуникациялық жүйелерді модельдеуді үйрену. NetCracker Professional 4.0 модельдеу жүйесінде модельдеуге машықтану және берілген вариант бойынша (1 кесте) тораптың сипаттамаларын модельдеу арқылы анықтау.

1.2 Жұмыс нәтижелері бойынша есеп беру.

Әдебиет 11 қос.: [2-4]

Тапсырмалар варианттары

Вариант №	Модельдеу уақыты	Тасымалдау жылдамдығы (бит/с)
1	500	38400
2	600	57600
3	700	115200
4	800	38400
5	900	57600
6	1000	115200
7	1100	38400
8	1200	57600
9	1300	115200
10	1400	38400
11	1500	57600
12	1600	115200
13	1650	38400
14	1660	57600
15	1700	115200

Бақылау сұрақтары:

1. Модельдеу процесі қалай жіберіледі?
2. NetCracker Professional 4.0 модельдеу жүйесінің менюлерін атаныз.
3. NetCracker Professional 4.0 модельдеу жүйесінің менюлерінің командаларының қызметтері?
4. Бұл жүйе интерактивті режимге қалай шығады?

№3 зертханалық жұмыс. Қарапайым ағынды модельдеу

Жұмыстың мақсаты: Қарапайым ағынның қасиеттері мен сипаттамаларын зерттеу.

1 Жұмыстың тапсырмасы

1.1 Паскаль алгоритмдік бағдарлама құру тілінде бағдарлама түзіп, соның көмегімен $[T_1, T_2]$ уақыт аралығында шақырымдардың түсуінің t_k мезеттерін (моменттерін) алу. Шақырымдардың түсу мезеттерінің $z_i = t_{i+1} - t_i$ формуласымен анықталатын ара қашықтықтары дәрежелік заңы (показательному закону) бойынша λ -ға тең интенсивтілікпен орналастырылуы керек.

1.2 T_1, T_2 және λ мәндерін вариант бойынша аламыз (2 кесте).

1.3 Берілген вариант бойынша орындалған жұмыс кезінде алынған сипаттамалардың теориялық және модельдік мәндерін салыстыру.

1.4 Алынған мәндерді 3 кестеге енгізу.

1.5 Жұмыс нәтижелері бойынша есеп беру.

Әдебиет 11 қос.: [5-6]

Тапсырмалар варианттары

Вариант №	T ₁ (мин.)	T ₂ (мин.)	λ (шақырыс/мин)
1	2	5	4
2	3	6	5
3	4	7	5,7
4	5	8	6,2
5	6	9	6,7
6	7	10	7
7	8	11	7,3
8	9	12	7,5
9	10	13	7,7
10	11	14	7,8
11	12	15	8
12	13	16	8,1
13	14	17	8,2
14	15	18	8,3
15	16	19	8,4

3 кесте

r_i	Z_i	t_k
r_1	z_1	t_1
r_2	z_2	t_2
.	.	.
.	.	.

Бақылау сұрақтары:

1. Кездейсоқ ағындар қандай қасиеттері бойынша классификацияланады?
2. Кездейсоқ ағындардың қасиеттерінің (тұрақтылығы, ерекшелігі, салдарының жоқтығы) анықтамасы.
3. Кездейсоқ ағындардың сандық қасиеттерінің (ағынның: параметрі - λ , интенсивтілігі - μ , жетекші функциясы) анықтамасы.

№ 4 зертханалық жұмыс. Кездейсоқ ағындарды зерттеу

Жұмыстың мақсаты: Екі қарапайым ағынның қасиеттерін зерттеу.

1 Жұмыстың тапсырмасы

1.1 №3 жұмыста жасалған бағдарлама көмегімен интенсивтіліктері λ_1 және λ_2 -ге тең екі қарапайым ағынды модельдеу. T_1, T_2 мен λ_1, λ_2 мәндерін вариант бойынша алу (4 кесте).

1.2 Нәтижелі ағынның сипаттамаларын анықтау.

1.3 №3 жұмыстағы әдісті қолданып алынған мәндерді 5 кестеге енгізу.

1.4 Жұмыс нәтижелері бойынша есеп беру.

Әдебиет 11 қос.: [7-8]

Тапсырмалар варианттары

Вариант №	T ₁ (мин.)	T ₂ (мин.)	λ ₁ (шақырым/мин)	λ ₂ (шақырым /мин)
1	2	5	4	6
2	3	6	5	7,5
3	4	7	5,7	8,6
4	5	8	6,2	9,4
5	6	9	6,7	10
6	7	10	7	10,5
7	8	11	7,3	10,9
8	9	12	7,5	11,2
9	10	13	7,7	11,5
10	11	14	7,8	11,8
11	12	15	8	12
12	13	16	8,1	12,2
13	14	17	8,2	12,3
14	15	18	8,3	12,5
15	16	19	8,4	12,6

5 кесте

$N_{инт}$	1	...	24
$X_1(\tau)$			
$X_2(\tau)$			
X_{1+x_2}			

Бақылау сұрақтары:

1. n қарапайым ағындардың бірігуінен қандай ағын құрылады?
2. Шақырымдар санының математикалық күтілімі қандай формула арқылы анықталады?
3. Дисперсия қалай бағаланады?
4. Ағын параметрінің модельдік мәні қалай анықталады?

№5 зертханалық жұмыс. Айқын шығынды толық қолжетімді жүйені зерттеу

Жұмыстың мақсаты: Айқын шығынды толық қолжетімді жүйенің қызмет көрсету сапасын Эрлангтың бірінші формуласын қолдану арқылы зерттеу.

1 Жұмыстың тапсырмасы

1.1 Эрлангтың бірінші формуласының теориялық материалымен танысу.

1.2 Төменде келтірілген Эрлангтың бірінші формуласының рекуренттік формасын іске асыруға мүмкіндік беретін алгоритмдік тілдегі бағдарлама түзу.

$$\begin{cases} E_0(A) = 1 \\ E_i(A) = \frac{A \cdot E_{i-1}(A)}{i + A \cdot E_{i-1}(A)} \end{cases}$$

1.3 Кірісіне интенсивтігі λ (Эрл) қарапайым шақырымдар ағыны түскен V -арналы айқын шығынды толық қолжетімді жүйенің P_i орналасу графигін түзу.

Қызмет көрсету арналарының саны V мен λ -ның мәні вариант бойынша анықталады (6 кесте).

1.4 Жұмыс нәтижелері бойынша есеп беру.

Әдебиет 11 қос.: [9-10]

6 кесте

Тапсырмалар варианттары

Вариан №	V	t (сек)	λ (шақырым /мин)
1	5	100	4
2	6	105	5
3	7	110	5,7
4	8	115	6,2
5	9	120	6,7
6	10	125	7
7	11	130	7,3
8	12	135	7,5
9	13	140	7,7
10	7	145	7,8
11	8	150	8
12	9	155	8,1
13	10	160	8,2
14	11	165	8,3
15	12	170	8,4

Бақылау сұрақтары:

1. Эрлангтың бірінші формуласын келтіріңіз.
2. Эрлангтың бірінші формуласының көмегімен қандай шама есептелінеді?
3. Дать определение характеристикам качества полнодоступной системы обслуживания с явными потерями.
4. P_i для V -арналы айқын шығынды толық қолжетімді жүйенің орналасу графигі қандай болады?

№6 зертханалық жұмыс. Үш аралық бөлікті схеманы модельдеу

Жұмыстың мақсаты: Үш аралық бөлікті схеманы модельдеу және оның негізгі сипаттамаларын есептеу.

1 Жұмыстың тапсырмасы

1.1 2 суреттегі берілген ықтималдылықтың орналасу тығыздығы (плотность распределения вероятностей - ПРВ) трафиктік параметрлі үш аралық бөлікті схеманы модельдеу. ПРВ параметрлері 8 кестеден алынады.

1.2 Бірінші аралық бөліктің коммутаторының бір кірісінің аралық желілерге түсіретін орташа жүктемесін анықтау. Получить задание и вариант работы у преподавателя

1.3 Бірінші аралық бөліктің коммутаторының шығымдары ықтималдығын және жоғалтылған шығындардың орташа санын анықтау.

1.4 Модельдеу арқылы алынған нәтижелерді есептеу арқылы алынған нәтижелермен салыстыру.

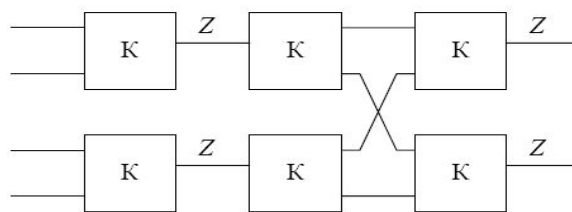
1.5 Жұмыс нәтижелері бойынша есеп беру.

Әдебиет 11 қос.: [11-13]

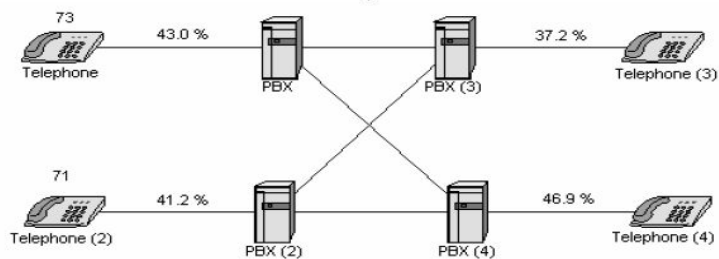
7 кесте

Цифрлық жүйелерде жиі қолданылатын ықтималдылықтың орналасу тығыздығы (плотность распределения вероятностей - ПРВ)

Название закона распределения	Плотность распределения вероятностей $\omega(x)$	Моменты
Нормальный	$\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}\right)$	$m_1 = a, \mu_2 = \sigma^2, \mu_3 = 0, \mu_4 = 3\sigma^4$
Равномерный	$\frac{1}{b-a}, a \leq x \leq b$	$m_1 = \frac{a+b}{2}, \mu_2 = \frac{(b-a)^2}{12}, \mu_3 = 0, \mu_4 = \frac{1}{80}(b-a)^4$
Экспоненциальный	$\lambda e^{-\lambda x}, x \geq 0$	$m_1 = 1/\lambda, \mu_2 = 2/\lambda^2, \mu_3 = 2/\lambda^3, \mu_4 = 9/\lambda^4$
Логарифмически-нормальный	$\frac{1}{x\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(\ln x - a)^2}{2\sigma^2}\right), x > 0$	$m_1 = \exp(a + 0,5\sigma^2), \mu_2 = \exp(2a + \sigma^2)(\exp(\sigma^2) - 1)$
Гамма	$\frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta}, x \geq 0, \beta > 0$	$m_1 = \alpha\beta, m_2 = \alpha(\alpha+1)\beta^2, \mu_2 = \alpha\beta^2, \mu_3 = 2\alpha\beta^3, \mu_4 = 3(\alpha+2)\alpha\beta^4$
Вейбулла	$\alpha\beta x^{\alpha-1} \exp(-\beta x^\alpha), x \geq 0$	$m_1 = \Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)\beta^{-1/\alpha}$ $\mu_2 = \left(\Gamma\left(1 + \frac{2}{\alpha}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)\right)\beta^{-2/\alpha}$



а)



б)

2 сурет Үш аралық бөлікті коммутациялау схемасы

а) – структуралық схема; б) – структуралық схеманы NetCracker жүйесінде іске асыру

Тапсырмалар варианттары

Вариант №	ПРВ параметрлері (сек.): Сөйлесу уақыты/шақырымдар арасындағы уақыт
1	80/100
2	90/100
3	39/70
4	38/60
5	35/50
6	45/60
7	55/70
8	50/50
9	40/80
10	37/60
11	85/100
12	70/100
13	40/70
14	50/80
15	75/90

Бақылау сұрақтары:

1. Көп аралық бөлікті схеманың анықтамасы.
2. Дауыстық трафиктің түсіретін жүктемесі қалай есептелінеді?
3. Тежелім ықтималдылығын есептеу формуласының мағынасы не?
4. Бір кіріс нүктесі үшін жоғалтылған шақырымдардың орташа саны қалай анықталады?
5. Дауыстық трафик процестерін сипаттау үшін қандай ықтималдылықтың орналасу тығыздығы (плотность распределения вероятностей - ПРВ) қолданылады?
6. Үш аралық бөлікті схеманың структураларына мысалдар келтіріңіз.

№7 зертханалық жұмыс. Цифрлық жүйенің негізгі сипаттамалары.

Жұмыстың мақсаты: Цифрлық байланыс жүйесінің негізгі сипаттамаларын модельдеу арқылы анықтау.

1 Жұмыстың тапсырмасы

1.1 Берілген ықтималдылықтың орналасу тығыздығы (плотность распределения вероятностей - ПРВ) трафиктік параметрлі 3 суретте көрсетілген цифрлық торапты модельдеу. ПРВ параметрлері 9 кестеден алынады.

1.2 Байланыс арнасына түсетін орташа ауырлықты, бір пакетті тасымалдаудың орташа уақытын және тораптың жүктемесінің шамасын анықтау.

1.3 Модельдеу нәтижелерін алынған есептеу нәтижелерімен салыстыру.

1.4 Жұмыс нәтижелері бойынша есеп беру.

Әдебиет 11 қос.: [14-17]



3 сурет Қарапайым цифрлық байланыс торабы

9 кесте

Тапсырмалар варианттары

Вариант	мөлшердің БИОТ/интервалдың БИОТ	БИОТ параметрі (байт/сек)
1	Теңөлшемді/Экспоненциалды	$a = 500; b = 1000/m_t = 0,001$
2	Экспоненциалды/ Экспоненциалды	$m_x = 500/ m_t = 0,04$
3	Гамма/ Экспоненциалды	$\alpha = 50; \beta = 4 / m_t = 0,001$
4	Логарифмдік-нормалды/Экспоненциалды	$a = 4; \sigma = 2/ m_t = 0,01$
5	Вейбулдық/ Экспоненциалды	$m_1 = 500; \mu_2 = 100/ m_t = 0,05$
6	Экспоненциалды/Теңөлшемді	$m_x = 400/ a = 10^{-6}; b = 10^{-3}$
7	Экспоненциалды/Константалық	$m_x = 300/ a = 10^{-3}$
8	Экспоненциалды/ Экспоненциалды	$m_x = 600/ m_t = 0,001$
9	Теңөлшемді/Константалық	$a = 200; b = 400/ a = 10^{-2}$
10	Гамма/ Экспоненциалды	$\alpha = 60; \beta = 10 / m_t = 0,002$
11	Экспоненциалды/Логарифмді-қалыпты	$m_x = 350/ a = 6; \sigma = 3$
12	Вейбулдық/Константалық	$m_1 = 400; \mu_2 = 50/ m_t = 0,03$
13	Вейбулдық/Теңөлшемді	$m_1 = 300; \mu_2 = 80/a = 100; b = 300$
14	Теңөлшемді/Логарифмдік-қалыпты	$a = 300; b = 600/ a = 7; \sigma = 3$
15	Экспоненциалды/Экспоненциалды	$m_x = 300/ m_t = 0,002$

Бақылау сұрақтары:

1. Байланыс арналары арқылы пакетті тасымалдаудың орташа уақыты қалай анықталады?
2. Байланыс арнасының өткізгіштік қабілетін анықтайтын не?
3. Байланыс арнасының жүктелуінің орташа мәні қандай формула арқылы есептеледі?
4. Біқтималдылықтың орналасу тығыздығы (плотность распределения вероятностей - ПРВ) формула арқылы есептеледі?

№8 зертханалық жұмыс. Буферлі және бір серверлі цифрлық торапты модельдеу.

Жұмыстың мақсаты: Бір серверлі және шектеулі ұзындықты буферлі цифрлық торапты модельдеу және оның жұмысын талдау.

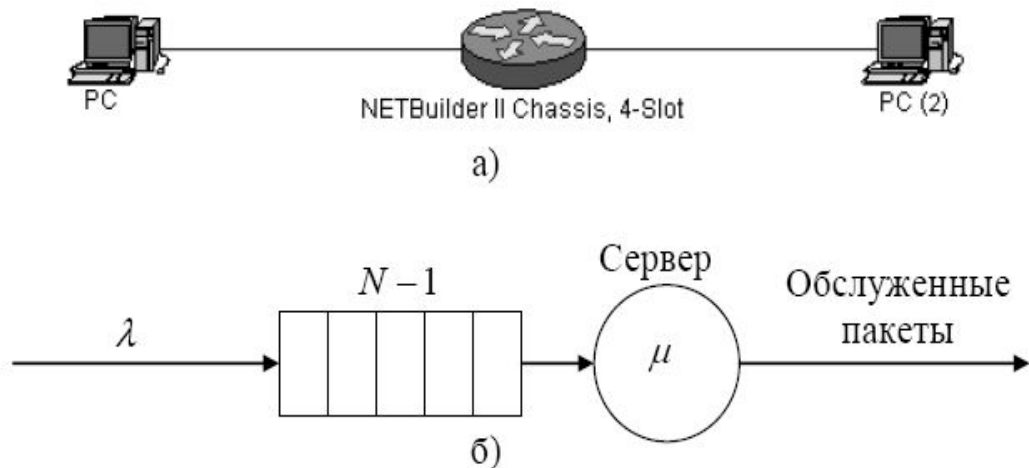
1 Жұмыстың тапсырмасы

1.1 Бір серверлі және шектеулі ұзындықты буферлі цифрлық торапты (4 сурет) модельдеу. Тораптың параметрлері 10 кестеден алынады.

1.2 NetCracker Professional 4.0 модельдеу жүйесімен жұмыс істеу бағыттамасындағы (инструкция) талаптарды орындап, есептеулерді жасау.

1.3 Жұмыс нәтижелері бойынша есеп беру.

Әдебиет 11 қос.: [18-22]



4 сурет. Кезегінің ұзындығы шектелген бір серверлі жүйе
а) – буферлі және бір серверлі цифрлық жүйе; б) – цифрлық жүйенің структуралық схемасы

10 кесте

Тапсырмалар варианттары

вариант	Пакеттің орташа ұзындығы, байт	Екі қатар пакеттің аралық уақытының орташа ұзындығы, сек	Кіріс буферінің мөлшері, байт
1	500	0,001	1000
2	200	0,001	200
3	100	0,0001	200
4	400	0,0005	800
5	300	0,0004	900
6	450	0,0002	900
7	600	0,0003	1200
8	350	0,002	700
9	200	0,002	400
10	700	0,004	1400
11	150	0,0001	500
12	250	0,0005	600
13	550	0,0004	300
14	650	0,0002	300
15	750	0,0003	500

Бақылау сұрақтары:

1. Цифрлық жүйе серверінің пакеттерге орта интенсивтілікпен қызмет көрсетуі деп нені түсінеміз?
2. Орта интенсивтілік пен кіріс ағынының жүктемесі қалай есептеледі?
3. Тежелім ықтималдылығы цифрлық жүйенің қандай параметрлеріне тәуелді?
4. Бұл зертханалық жұмыста кіріс және шығыс ағындарының трафигінің қандай моделі қолданылады?

2.4. Оқытушы жетекшілігімен жасайтын студенттердің өзіндік жұмыстарының жоспары (СОӨЖ)

№ пп	Тапсырма	Өткізу түрі	Әдістемелік ұсыныстар	Ұсынылған әдебиет
1	Телекоммуникацияның математикалық аппараты	тренинг	Телекоммуникация математикалық аппаратының мағынасын анықтау	2 нег [334-342]
2	Шақырымдар ағыны	тренинг	Телетрафик теориясын талдау	1 нег [346-350]
3	Телекоммуникациялық жүйенің жүктемесі	тренинг	Жүктеменің параметрлерін формула көмегімен есептеу	2 нег [352-356]
4	Айқын шығынды бір аралық бөлікті толық қолжетімді коммутациялық жүйе	қызметтік ойын	Жүйенің қосылу схемасын жасап, сызып көрсету	1 нег [112-129]
5	Айқын шығынды толық қолжетімді коммутациялық жүйелі қарапайым ағынды қамтамасыз ету	тренинг	Жүйенің қосылу схемасын жасап, сызып көрсету	1 нег [231-233]
6	Толық қолжетімді телекоммутацияны куту жүйесі	тренинг	Жүйенің қосылу схемасын жасап, сызып көрсету	1 нег [242-266]
7	Қамту уақыты тұрақты ұзақ болғанда қарапайым ағын шақырымдарына қызмет көрсету	дискуссия	Шақырымдарға қызмет көрсету сферын қарастырып, талдау	8 нег [105-125]
8	Кроммелин моделі	тренинг	Модельді құру, зерттеу	2 нег [89-109]
9	Бёрке моделі	тренинг	Модельді құру, зерттеу	2 нег [123-135]
10	Толық қолжетімді емес жүйелер	есептеу	Жүйенің схемасын құрып, талдау	2 нег [145-156]
11	Оптималды толық қолжетімді емес схемалар	тренинг	Жүйенің схемасын құрып, талдау	1 нег [332-343]
12	Қосылуы толық қолжетімді емес схеманы құру алгоритмы	тренинг	Схеманы құрып, алгоритмін талдау	2 нег [225-237]
13	Толық қолжетімді емес схемаларды жуықтап есептеу тәсілдері	дискуссия	Схеманың есептеу тәсілдерін қарастыру, есептеу.	4 нег [358-368]
14	Екі аралық бөлікті коммутациялау жүйелері	тренинг	Коммутациялау жүйелерінің жұмысын талдау	4 нег [332-354]
15	Тиімді байланыс орнату тәсілі	тренинг	Тиімді байланыс орнату тәсілдерін қарастыру, талдау	4 нег [364-370]

2.5 Студенттердің өзіндік жұмыстарының (СӨЖ) тақырыптарының тізімі

№	Тапсырма	Әдістемелік ұсыныстар	Ұсынылған әдебиет
1	Көп аралық бөлікті схемалар	Көп аралық бөлікті схемалардың жұмыс істеу принципіне талдау жасау	2 нег [210-216]
2	Тиімді байланыс орнату тәсілі	Тиімді байланыс орнату тәсілдерінің түрлерін қарастыру, принциптеріне талдау жасау	5 нег [185-193]
3	Екі аралық бөлікті жүйелерді есептеудің комбинаторлық тәсілі	Комбинаторлық тәсілдің принциптеріне талдау жасау	4 нег [445-460]
4	Телеком-лы жүйенің теңөлшемді схемасы	Теңөлшемді схеманың жұмыс істеу принципіне талдау жасау	4 нег [460-466]
5	Телеком-лы жүйенің сатылы схемасы	Сатылы схемаларының қарастыру, жұмысын талдау, сипаттама беру	4 нег [370-383]
6	Байланыс цилиндрі мен матрицасы	Байланыс цилиндрі мен матрицасының сызбасын жасап, оларды талдау	4 нег [383-412]
7	Толық қолжетімді емес схемалардың түрлері	Қолжетімді емес схемалардың түрлерін қарастыру, жұмыс істеу принципіне талдау жасау	4 нег [199-210]
8	Толық қолжетімді емес жүйелердің структурасы	Толық қолжетімді емес жүйелердің структурасын талдап, қарастыру	4 нег [283-285]
9	Телеком-лы жүйенің шақырымдарының қарапайым ағыны	Шақырымдардың қарапайым ағынының жұмысын талдап, сипаттама беру	1 нег [242-266]
10	Қарапайым ағынға қызмет ету	Қарапайым ағынға қызмет ету принциптерінен танысу, талдау жасау	2 нег [135-146]
11	Энгсет формуласы: қызмет ету сапалығының сипаттамалары	Энгсет формуласының көмегімен қызмет көрсету сапалығы дәрежесін анықтау	2 нег [331-346]
12	Эрлангтың екінші формуласы: қызмет ету сапалығының сипаттамалары	Эрлангтың екінші формуласының көмегімен қызмет ету сапалығының сипаттамаларын анықтап, ағынның параметрлерін есептеу	2 нег [340-346]
13	Кроммелин мен Бёрке модельдері	Кроммелин мен Бёрке модельдерін құрып, оларды салыстырып, талдау жасау	2 нег [96-125]
14	Эрлангтың бірінші формуласы	Эрлангтың бірінші формуласының көмегімен шақырымдар ағындарын есептеу жолдарын талдау	4 нег [311-316]
15	Колмогоров – Чепмен теңдеуі	Колмогоров – Чепмен теңдеуінің ерекшеліктерін зерттеп, талдау жасау	4 нег [366-368]

2.6 Өздік бақылаудың тесттік тапсырмалары

1. Торап дегеніміз:

- A) көп байланысты құрылым;
- B) бір байланысты құрылым;
- C) тек техникалық жабдықтар арқылы байланысқан құрылым;
- D) тек программалар арқылы байланысқан құрылым.
- E) ешқайсысы емес.

2. Қай тұрғыда сәйкестендірілген жиын телекоммуникациялық жүйе деп аталады:

- A) физикалық;
- B) аппараттық;
- C) программалық;
- D) аппаратты және программалы.
- E) ешқайсысы емес.

3. Қандай желілер телекоммуникациялық тораптардың информациялық супермагистралы деп аталады:

- A) өте жоғары жылдамдықты аналогтық;
- B) өте жоғары жылдамдықты цифрлық;
- C) төменгі жылдамдықты аналогтық;
- D) төменгі жылдамдықты цифрлық.
- E) ешқайсысы емес.

4. Телекоммуникациялық жүйенің қызметі - трафикті:

- A) тек ұйымдастыру;
- B) тек өңдеу;
- C) тек басқару;
- D) ұйымдастыру, өңдеу және басқару.
- E) ешқайсысы емес.

5. Байланыс арналары ақпараттың қандай түрін тасымалдауда пайдаланылады:

- A) дыбыстық;
- B) бейнелік;
- C) графикалық;
- D) барлық түрін.
- E) ешқайсысы емес.

6. Арнаның тиімділігі ақпаратты тасымалдаудың қандай сипаттамалармен анықталады:

- A) тек жылдамдығымен;
- B) тек қана бағытымен;
- C) тек қана режимімен;
- D) жылдамдығымен, режимімен және бағытымен.
- E) ешқайсысы емес.

7. Ақпараттың бір секундтағы бит саны арқылы берілген жылдамдығы бод арқылы берілген жылдамдықтан:

A) төмен;

B) жоғары;

C) тең;

D) ауыспалы;

E) белгісіз.

8. Байланыс арнасының жұмысының өнімділігін анықтайтын негізгі параметр:

A) ақпараттардың бағыты;

B) жұмыс істеу режимі;

C) жұмыс істеу жиілігі;

D) кез-келгені.

E) ешқайсысы емес.

9. Симплексті байланыс кезінде ақпараттардың тасымалдануының бағытының саны:

A) 1;

B) 2;

C) 3;

D) 4;

E) 5.

10. Жартылай дуплексті байланыс ақпараттарды қанша бағытта тасымалдауға мүмкіндік береді:

A) тек бір бағытта;

B) екі бағытта да;

C) бағыты тәуліктің мезгіліне байланысты;

D) тасымалдану жоқ;

E) ешқайсысы емес.

11. Жартылай дуплексті байланыста әрбір уақыт кезеңінде ақпараттар:

A) тоқтатылады;

B) жіберіледі және қабылданады;

C) тек қана жіберіледі немесе тек қана қабылданады;

D) жіберілмейді де, қабылданбайды да.

E) ешқайсысы емес.

12. Толық дуплексті байланыста әрбір уақыт кезеңінде ақпараттар:

A) тек қана жіберіледі;

B) тек қана қабылданады;

C) тек қана жіберіледі немесе тек қана қабылданады;

D) жіберіледі және қабылданады.

E) жіберілмейді де, қабылданбайды да.

13. Асинхрондық режимде әрбір уақыт кезеңінде тасымалданатын ақпарат мөлшері:

A) бір символ;

B) екі символ;

C) төрт символ;

- D) сегіз символ;
E) он алты символ.
14. Старттық және стоптық биттер қолданылатын тасымалдау режимі:
A) асинхронды;
B) синхронды;
C) екеуінде де;
D) екеуінде де емес.
E) ешқайсысы емес.
15. Асинхрондық режим қандай байланыс арналарында қолданылады:
A) жылдамдығы жоғары;
B) жылдамдығы төмен;
C) сызықты өзгермелі;
D) сатылап өзгермелі;
E) қолданылмайды.
16. Синхрондық режим қандай байланыс арналарында қолданылады:
A) жылдамдығы сызықты өзгермелі;
B) жылдамдығы сатылап өзгермелі;
C) жылдамдығы төмен;
D) жылдамдығы жоғары;
E) қолданылмайды.
17. Сервердің қызметі ақпаратты:
A) тасымалдау;
B) түрлендіру;
C) сақтау және өңдеу;
D) тек қана сақтау;
E) тек қана өңдеу.
18. Модемнің қызметі тасымалдаушы сигналдың:
A) параметрлерін түрлендіру;
B) параметрлерінің мәнін тұрақты ету;
C) параметрлерін күшейту;
D) параметрлерінің мәндерін салыстыру;
E) ешқайсысы емес.
19. Репитердің негізгі қызметі сигналды:
A) дискреттеу;
B) кванттау;
C) тұрақтандыру;
D) күшейту;
E) азайту.
20. Көпірлер қандай типті тораптарды біріктіреді:
A) бір типті;
B) екі типті;
C) үш типті;
D) барлық типтегі;

Е) ешқайсысын

21. Маршрутизатордың тораптар арасында ақпараттарды тасымалдау кезінде таңдайтын маршруты:

- А) ең ұзын;
- В) ең қиын;
- С) оптималды;
- Д) үшеуін де;
- Е) ешқайсысы емес.

22. Аналогтық сигнал дегеніміз:

- А) жеке импульс түріндегі сигнал;
- В) периодты дискретті сигнал;
- С) периоды өзгермелі үзілісті сигнал;
- Д) кез-келген үзіліссіз сигнал.
- Е) ешқайсысы емес.

23. Цифрлық сигналдардың аналогтық сигналдардан айырмасы - олардың мәндері мен формасы:

- А) мәні тұрақты түзу сызық түрінде;
- В) мәні дискретті формасы үзіліссіз;
- С) мәні дискретті формасы тік бұрышты;
- Д) мәні де формасы да үзіліссіз;
- Е) сигналдардың барлық түрі.

24. Периодтық сигналдардың мәні белгілі бір тұрақты уақыт аралығында:

- А) қайталанатын;
- В) қайталанбайды;
- С) қайталануы да, қайталанбауы да мүмкін;
- Д) өспелі;
- Е) өзгермейді.

25. Қандай сигналдардың қосындысы арқылы кез-келген формалы сигналды алуға болады:

- А) импульстік;
- В) синусоидалық;
- С) үш бұрышты;
- Д) кез-келген формалы;
- Е) болмайды.

26. Қандай сигналдардың жиынтығын сигналдың спектрі деп атайды:

- А) үшбұрышты;
- В) төртбұрышты;
- С) синусоидалық;
- Д) кез-келген формалы;
- Е) барлығының.

27. Фурье қатары неден құралады:

- А) периодтық импульстік сигналдардан;

- В) периодтық емес импульстік сигналдардан;
 С) периодтық гармоникалық сигналдардан;
 D) периодтық үшбұрышты сигналдардан
 E) периодтық емес үшбұрышты сигналдардан.
28. Импульстердің «тік бұрыштылығының» дәрежесі қосындыдағы сигналдардың:
- A) тек амплитудаларына тәуелді;
 B) тек жиіліктеріне тәуелді;
 C) тек фазаларына тәуелді;
 D) тек санына тәуелді.
 E) амплитудаларына, жиіліктеріне және санына тәуелді.
29. Гармониканың қандай параметріне сәйкес сызықтар сигналдың спектралдық сызықтары деп аталады:
- A) тек жиіліктеріне;
 B) тек амплитудаларына;
 C) тек фазаларына;
 D) амплитудалары мен фазаларына;
 E) амплитудалары, фазалары және жиіліктеріне;
30. Периодтық сигналдың спектрінің түрі:
- A) синусоидалық;
 B) кез-келген үзіліссіз;
 C) үзілісті;
 D) төртбұрышты формалы.
 E) үшбұрышты формалы.

Тесттің дұрыс жауаптарының кодтары

№	Код	№	Код
1	A	16	D
2	D	17	C
3	B	18	A
4	D	19	D
5	D	20	A
6	D	21	C
7	B	22	D
8	C	23	C
9	A	24	A
10	B	25	B
11	C	26	C
12	D	27	D
13	A	28	E
14	A	29	D
15	B	30	C

2.7 Емтихан сұрақтарының тізімі

1. Телекоммуникацияның негізгі міндеті.
2. Периодты сигналдың спектры.
3. Периодты емес сигналдың спектры.
4. Электрбайланысының негізгі сигналдарының спектрлерінің жиілікті диапазоны.
5. Мәліметтерді тасымалдау құрылғыларының структурасы.
6. Модуляция. Сигналдардың амплитудалық модуляциясы.
7. Сигналдардың жиіліктік модуляциясы.
8. Сигналдардың фазалық модуляциясы.
9. Сигналдардың импульсная модуляциясы.
10. Негізгі сигналды модуляцияланған сигналдан бөліп алу.
11. Аналогты сигналды дискретизациялау.
12. Квантование аналогового сигнала.
13. Аналогты сигналды кванттау.
14. Сигналды кодтау.
15. Аналогты сигналды цифрлық сигналдан бөліп, қалпына келтіру.
16. Сигналдардың көпарналы тасымалдануы. Арналардың жиілік бойынша жіктелуі.
17. Арналардың уақыт бойынша жіктелуі.
18. Негізгі сигналдарды тасымалдаудың арналарды уақыт бойынша жіктеу жүйесінде бөліп алу әдістері.
19. Цифрлық ағындарды біріктіру. Тасымалдау жүйелеріндегі цифрлық ағындарды мультиплексорлау принциптері.
20. Принцип чередования битов при объединении цифровых потоков.
21. Цифрлық ағындарды біріктіру кезінде қолданылатын кодтық комбинациялардың кезектесу тәсілі.
22. Цифрлық тасымалдау жүйелеріндегі такттық және циклдық синхронизация.
23. Цифрлық сигналды регенерациялау.
24. Бөгеуілге шыдамды кодтау.
25. Цифрлық иерархиялар. Плезиохронды цифрлық иерархия.
26. Әртүрлі ағындарды жағары жылдамдықты ағынға біріктіру кезінде олардың тасымалдау жылдамдықтарын сәйкестендіру.
27. Синхронды цифрлық иерархия.
28. Синхронды транспорттық модуль.
29. Плезиохронды иерархия сигналдарын синхронды иерархия тораптары арқылы тасымалдау.
30. МАП-ячейкалар арқылы құрылған цифрлық сигналдарды асинхронды тасымалдаудың цифрлық сигналдарды синхронды тасымалдаудан айырмашылығы.
31. Байланыс қызметі. Шақырымды тежеу.
32. Телефон жүйесін байланыстыру протоколы.

33. Телефон торабының коммутациялау түйінінің моделі.
34. Байланыс тораптарының трафигі. Байланыс тораптарында трафикті есептеу, бағалау, және болжамдау тәсілдері.
35. Трафиктің тербелісі, трафикті болжау.
36. Шақырымдар ағыны.
37. Шақырымдар ағынының қасиеттері мен сипаттамалары.
38. Қарапайым шақырымдар ағыны. Пуассона формуласы.
39. Қарапайым шақырымдар ағынының қасиеттері мен сипаттамалары.
40. Стационарлы емес Пуассон ағыны.
41. Стационарлы салдарсыз ағын.
42. Шартты параметрлі Пуассон ағыны.
43. Қарапайым ағын.
44. Босатылу ағыны.
45. Пальм ағыны. Пальм теоремаасы.
46. Эрланг ағыны.
47. Жүктеме. Жүктеменің түрлері. Жүктеменің өлшем бірлігі.
48. Жүктеменің интенсивтігін өзгерту.
49. Келесі жүктеменің интенсивтігін есептеу.
50. Қарапайым ағынға қызмет көрсету уақытындағы айқын шығынды толық қолжетімді жүйе.
51. Қызмет көрсету сапасының сипаттамалары.
52. Қарапайым ағынға қызмет көрсету уақытындағы айқын шығынды толық қолжетімді емес жүйе.
53. Айқын шығынды толық қолжетімді жүйенің өткізу қабілетін талдау.
54. Күтпелі толық қолжетімді жүйе.
55. Эрлангтың екінші формуласы.
56. Мәліметтерді бір мезгілде тасымалдау проблемасын шешу жолдары.
57. Сызықтық құрылымдарды тиімді пайдалану үшін қолданылған техникалық шешімдер.
58. Бірнеше мәліметті бір мезгілде тасымалдаудың жүзеге асырылу жолдары.
59. Арналарды жиіліктік жіктеу принципінің негізі неде?
60. Арналарды уақыт бойынша жіктеу принципінің негізі неде?
61. Жылдамдықтары әртүрлі ағындарды жылдамдығы өте жоғары ағынға біріктіру кезінде олардың жылдамдықтарын сәйкестендіру жолдары.
62. Плезиохронды цифрлық иерархия жүйесінің кемшіліктері.
63. Синхронды тасымалдау модулі дегеніміз не?
64. Синхронды иерархиялық жүйесінде қолданылатын ағындарды біріктіру тәсілі.
65. Синхронды иерархиялық жүйесінде STM-1 модульдері қалай біріктіріледі?
66. Синхронды тасымалдау модулінің құрылуы (формирование).
67. Синхронды иерархияда плезиохронды иерархия сигналдары қалай

тасымалданады?

68. Цифрлық сигналдарды МАП-ячейкалары көмегімен асинхронды тасымалдаудың оларды синхронды тасымалдаудан айырмашылығы.

69. Синхронды тасымалдау модулінің структурасы.

70. Протокол дегеніміз не?

71. Ашық жүйелердің өзара байланысының эталондық моделі.

72. Ашық жүйелердің өзара байланысының эталондық моделінің деңгейлерінің негізгі функциялары.

74. Байланыс тораптарында қолданылатын коммутация тәсілдері.

75. Мәліметтерді коммутациялау тәсілдерінің пакеттерді коммутациялау тәсілдерінен айырмашылығы.

76. Байланыстың виртуалды және датаграммалы режимдері.

77. Байланыс тораптарындағы: ақпараттың маршруты және оны маршруттау; маршруттау кестесі; ақпараттың реттелу жоспары түсініктері.

78. Телефон тораптарында мәліметтер өңделіне ме?

79. Телефон тораптарында олардың ресурстарын пайдалануға беру сапасы қандай көрсеткіш арқылы анықталады?

80. Телефон тораптарында тұтынушылар қолданатын құрылғылар мен торап немесе осы тораптың станциялары арасында тасымалданатын сигналдардың түрлері.

Глоссарий

Интерфейс – жүйенің модульдері арасындағы процестерді унификациялайтын аппараттық және бағдарламалық жабдықтар жиыны.

Жадылық жабдықтың ақпараттық сиымдылығы – жадылық жабдықта сақталынатын ақпараттың максималды көлемі.

Код – ақпаратты белгілеуде қолданылатын кодтық комбинациялар жиынтығы.

Компаратор (цифрлық) – екі цифрлық сөз арасындағы арақатынасты анықтайтын жабдық.

ПДП (прямого доступа к памяти) контроллері – жадымен тікелей байланыс орнатуға, яғни, процессордың қатысуынсыз ішкі жады (компьютер жадысы) мен сыртқы жабдықтар арасындағы ақпарат алмасуды басқаруға мүмкіндік беретін жабдық.

Логикалық анализатор – Тексеріліп жатқан жүйедегі цифрлық сигналдар тобын бақылауға және олардың параметрлерін жазып, сақтауға мүмкіндік беретін жабдық.

Модельдеу – межелі жүйенің жүйелі уақыттағы күйіне сәйкес модельдің (математикалық немесе программалық) күйін көрсету.

Мультивибратор – тік бұрышты формалы электр тербелістерінің релаксациялық генераторы.

Мультиплексор – адрестік код арқылы басқарылып, бірнеше кіріс шамаларының біреуін ғана шығысқа жіберуде қолданылатын схема.

Мультиплексорлау – уақыт бойынша жіктеу режимінде әртүрлі сигнал көздерінен келеті сигналдарды тек бір ғана сәйкес желілерге жіберу.

Бір фазалық синхронизация – барлық жадылық элементтеріне (триггерлерге) бір ғана сәйкес такттық сигналдар берілетін синхронизациялау жүйесі.

Ашық коллектор – логикалық элементтердің шығыс тізбегінің типі.

Магистральға қосылуға мүмкіндік туғызатын шығыс тізбектерінің бір варианты. Монтаждық логика операциясын орындауда қолданылуы мүмкін.

Ақпараттарды регенерациялау – динамикалық жадылық жабдықтарда сақтаудағы ақпараттарды орнына келтіруде қолданылатын режим. Бұл операцияны периодты түрде орындау ақпаратты сақтау үшін қолданылатын конденсаторларды қайталап зарядтап отыру арқылы ақпаратты жоғалту қаупінің алдын алуға мүмкіндік береді.

Регистр – цифрлық құрылымдардың ақпаратты қабылдау, сақтау және атқару операцияларын орындайтын типті функционалдық түйіні. Бұл операциялар параллель және (немесе) тізбекті ақпараттар үшін де орындалады.

Регистрлік файл – регистрлер жиынының негізінде құрылатын жадылық жабдық.

Релаксация – кернеудің төмендеуі.

Рекомбинация – ионизацияға кері процесс.

Синхрондық – схеманың бірнеше элементтерінің күйлерінің координацияланған өзгерісі.

Синхронды автомат – жадылық элементтері ақпараттарды синхросигналдар арқылы анықталатын белгілі бір уақыт сәттерінде ғана қабылдайтын автомат.

Жүйелік интерфейс – микропроцессорлық жүйенің модульаралық алмасу интерфейсі.

Стабилизатор – кернеуді автоматты түрде өзгертпей ұстап тұратын жабдық.

Синхронды есептеуіш – жаңа күйге көшкен кезде, разрядтары такттық кіріс сигналы келген кезде ғана өзгертін жабдық.

Асинхронды триггер – күйі ақпараттық кіріс сигналдарының әсерінен және олардың өзгеру сәтінде ғана өзгертін триггер.

Триггер D – күйі такты сигнал әсерінен өзгертін және кіріс сигналына тәуелді бір кірісті синхронды триггер

JK триггер – күйін өзгерту және қалыпты жағдайға келтіру ақпараттық кірістері және есептеу режимі бар триггер.

RS триггер - күйін өзгерту және қалыпты жағдайға келтіру ақпараттық кірістері бар триггер.

Фотоэлектрондық аспап – жарық энергиясын электр сигналына түрлендіретін аспап.

Генерациялау функциясы – тасымалдау сигналдары қолданылатын сумматорларды синтездеу және басқа да кейбір құрылғыларда қолданылатын қосалқы функция.

Жадылық құрылғылар (ЗУ) циклы – Жадылық құрылғыларға көрші біртепті сұраныстар кезіндегі минималды уақыт интервалы. Сұраныс типіне сәйкес оқу циклы, жазу циклы және т.б. болып бөлінеді.

СП ОӘҚ РЭТ кафедрасы мәжілісінде қаралды

Хаттама №__ «__» _____ 20__ ж.

СП Оқу-әдістемелік құралы
Автоматтандыру және телекоммуникация
институтының оқу-әдістемелік
кеңесінде қабылданды

Хаттама №__ «__» _____ 20__ ж.

СТУДЕНТТЕРГЕ АРНАЛҒАН ПӘНДІК ОҚУ – ӘДІСТЕМЕЛІК ҚҰРАЛ

«Телекоммуникация жүйелері» пәніне арналған
050702 мамандығы бойынша

Ержігітов Т., Күсен К.Е.

Баспаға жіберілді ____ «_____» 20__ ж. Формат 60x84 1/16.
Кітап-журнал қағазы. Көлемі ____ оқу.-бас.т. Тиражы __ экз. Талап №_____.

Қ.И.Сәтбаев атындағы ҚазҰТУ баспасының типографиясында басылды
Алматы қ., Ладыгин көш., 32

Ержігітов Тұрлыбек
Күсен Кенжеш Есергеповна

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯ ЖҮЙЕЛЕРІ

Студенттің пәндік оқу – әдістемелік кешені
(050702 – Автоматтандыру және басқару мамандығы үшін)

Редактор
Техн. редактор

РЭТ кафедрасының
мәжілісінің хаттамасы № _____ «_____» _____ 2010ж.

АжТ институтының оқу-әдістемелік
кеңесінің хаттамасы № _____ «_____» _____ 2010ж.

Баспаға жіберілді _____ «_____» 20__ ж.

Тиражы __ экз. Формат 60x84 1/16. №1 типографиялық қағаз.
Көлемі __ б.т. Талап №_____. Бағасы келісіммен.

Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ Ұлттық Техникалық Университетінің баспасы
Қазақ ҰТУ ғылыми-техникалық баспа орталығы
Алматы қ., Ладыгин көш., 32