



**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ  
ВА КОММУНИКАЦИЯЛАРИНИ РИВОЖЛАНТИРИШ ВАЗИРЛИГИ  
МУҲАММАД АЛ-ХОРАЗМИЙ НОМИДАГИ ТОШКЕНТ АХБОРОТ  
ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ  
ФАРҒОНА ФИЛИАЛИ**

“Телекоммуникация технологиялари ва касбий таълим” факультети

“Телекоммуникация инжиниринги” кафедраси

# **ТЕЛЕТРАФИКА АСОСЛАРИ**

**фанидан  
маъруза машғулоти учун услубий қўлланма**

5350100 – «Телекоммуникация технологиялари» таълим йўналишлари учун

Фарғона 2018

## МУНДАРИЖА

|  |    |
|--|----|
| Сўз боши .....   | 4  |
| 1. Кириш. Фани, мақсади ва вазифалари, фанда ишлатилган математик аппарат.....   | 5  |
| 2. Чақирувлар оқимлари, оқим параметрлари, аниқлаш соҳаси.....   | 8  |
| 3. Энг оддий чақириқ оқими. Энг оддий чақириқ оқимини математик модели .....   | 12 |
| 4. Талаб оқимини модели. Ностационар Пуассон оқими. Прimitив оқим, чегараланган сўнги таъсирли оқим, Эрланг оқими, озод булиш оқими, туғилиш ва халок булиш жараени .....  | 18 |
| 5. Юклама. Юклама турлари. Станциялараро трафикни тақсимлаш ва ўтказувчанликни ҳисоблаш масалалари.....  | 23 |
| 6. Хизмат кўрсатиш сифати. Телекоммуникация алоқа тармоқларида чақириққа хизмат кўрсатиш узунлиги, навбат узунлиги, ялпи хизмат кўрсатиш тизимида буюртмалар сони, буюртмани ялпи хизмат кўрсатиш тизимида келиш вақти, буюртмани йўқотиш эҳтимолиги ..... | 28 |
| 7. Тасодифий жараёнлар назарияси тўғрисида тушунча. Марков жараёни; аниқланиш соҳаси, умумий хусусиятлари, эргодик хусусияти, Марков жараёнини асосий тавсифлари .....   | 32 |
| 8,9. Эрлангнинг биринчи модели. Мувозанат тизимининг тенгламалари .....  | 37 |
| 10. Энгсет модели. Эрланг ва Энгсет моделларини солиштириш тавсифи .....   | 42 |
| 11. Эрланг иккинчи модели .....  | 46 |
| 12. Коммутацион тизимларни тахлили ва оптимизацияси. Энг оддий коммутацион тизими тўғрисида тушунча КТ асосий тавсифи .....  | 48 |
| 13. Кўпзвеноли схемаларни ҳисоблашда Якобеуснинг комбинатор Услуби .....   | 52 |
| 14,15. Каналлар ва пакетли коммутациялаш тармоқларда хизмат кўрсатиш тавсифини солиштириш .....  | 61 |
| 16. Приоритетга эга тизимлар. Буюртмага хизмат кўрсатишга киритилаётган приоритетлар, хизмат кўрсатиш тартиби .....  | 66 |
| 17. Такрор чақирувлар тизимлари .....  | 71 |

## Сўз боши

“Телетрафика асослари” фанидан ўқув қўлланманинг асосий мақсади, телекоммуникация йўналиши талабаларига коммутация тизимининг эҳтимоллик характеристикаларини, телефон юкларини интенсивлигини ва коммутацион тизимининг қурилмалар ҳажмини ҳисоблаш жараёнларини ўргатишдан иборат.

Ҳар бир мавзу аудиториядан ташқари мустақил ишлаш ва аудиторияда ўқитувчи ўргатаётган маълумотларни мустаҳкамлашга хизмат қилади.

Мустақил ишлар бўйича ҳисоботнома ва назорат саволларига қисқа жавоблар топишга хизмат қилади.

Ушбу ўқув қўлланма “Телетрафика асослари” фанини назарий ўрганишда талабаларга ёрдамчи бўлиб ҳисобланади.

## 1- маъруза

### **Кириш. Фаннинг мақсади ва вазифалари. Фанда ишлатиладиган математик аппарат ва моделлар**

#### **Режа**

1. Фаннинг мақсади ва вазифалари
2. Телетрафика асосларини фаннинг асосчи олимлари
3. Телетрафика асосларининг асослари

Кундалик ҳаётимизда реал хизмат кўрсатиш учун тушаётган талабларни бажариш имкониятлари ёки ресурслари чекланган. Шу сабабли реал ҳолатларда тушаётган талабларга хизмат кўрсатишда навбатга куйиш жараёнлари содир бўлади ва бу талабларга хизмат кўрсатиш сифатини аниқлашда оммавий хизмат кўрсатиш назарияси талаблари эътиборга олиниши ёки хизмат кўрсатиш сифатига боғлиқ жараёнлар учун баъзи бир талабларни қаноатлантирадиган усулларни характерлаш талаб этилади. Бундай талабларни электралоқа учун тавсифлашда “Телетрафика асослари”дан фойдаланилади.

Бу назарияга кўра тушаётган чақириқлар юқлама деб ҳисоблаш масаласини олдинга сўрган олимлардан бири Даниялик А.К.Эрланг (1873-1929) ва Т. Энгсет бўлиб, улар ўзларининг 1909-1920 йиллардаги тадқиқотлари натижасида аниқлаганлар.30-йилларга келиб атоқли математиклар А.Н.Колмогоров, А.Я.Хинчин ва А.А.Марковлар янги илмий йўналишни оммавий хизмат кўрсатиш назарияси яратилишига асос солганлар. Телетрафика асосларида телефон юқламасини ўзгаришини 40 йилларга келиб тадқиқотлаган швед олими С. Палма ҳисобланади. С. Палма томонидан тадқиқотлар натижаларидан бўгунга келиб ҳам фойдаланиш давом этмоқда.

Телетрафика асосларида телефон юқламасини ҳисоблаш ва кейинги ривожланиш давридаги ҳолатини ягона тизим сифатида қарашни илгари сўрган олимларга мисол қилиб Б.С.Лившиц, А.Д.Харкевич, М.А.Шнепс, Я.В.Фидлинлар назарияси бўйича олинган натижаларни мисол қилиб кўрсатиш мумкин. Оммавий хизмат кўрсатиш назариясида бугунга келиб ҳам маиший хизмат ва космик тадқиқотлар утказишда фойдаланилмоқда. Аммо унинг асосий ривожланиш аҳамиятини белгиловчи бўлимиларидан бири бу “Телетрафика асослари”(teletraffic theory) ҳисобланади. Шу сабабли кўп ҳолларда телекоммутация тизимлари ва тармоқларида маълумотлар ўзатиш сифатини аниқлашда А.К.Эрланг таърифлаган статистик барқарорлик тамойили ва унинг асосида тўла имконли ва идеал-симметрик нотўлақ имконли схемаларни ҳисоблаш учун олинган формулалар ахборотни тақсимлаш назариясининг ривожланишига асос бўлиб келмоқда деб ҳисоблаш мумкин.

XIX асрнинг охири чорагида қўл телефони станциясининг яратилиши ва кенг тарқалиши, сўнгра XX аср бошларида автоматик телефон станцияларини

янги илмий йўналиши ахборот тақсимлаш назариясини тўғилишига олиб келди. Фаннинг мақсади келаётган ахборот оқимларининг ахборот тақсимлаш тизимларида хизмат кўсатиш жараёнини ва унинг микдорий характеристикаларини ўрганишдир. Ахборот тақсимлаш тизимларида станцияни, Комунтация тугунлари, алоқа тармоғи ҳамда телефон, телеграф ва бошқа ахборот турларига хизмат кўрсатувчи алоҳида қисмлари киради.

Телетрафика асослари телефон компаниясининг Ходими даниялик математик А.К.Эрланг (1873-1929) ишларида баён қилинган эди. У таърифланган статистик барқарорлик тамойили ва унинг асосида тўла имконли ва идеал-симметрик нотўлаимконли схемаларни ҳисоблаш учун олинган формулалар бугунги кунда ҳам ахборот тақсимлаш назарияси ва ундан кейинчалик ажралиб чиққан ялпи хизмат кўрсатиш назариясига асос бўлади. Ахборот тақсимлаш назарияси ялпи хизмат кўрсатиш назариясининг бир синфидир. Ахборот тақсимлаш назариясида тадқиқ қилинаётган хизмат кўрсатишнинг математик модели учта асосий элементни ўз ичига олади: келаётган ахборот оқими, ахборот тақсимлаш тизими ва хизмат кўрсатиш тартиби.

Ахборот оқими тушунчаси ўз ичига чақирўвлар оқими модели тўғрисидаги ахборотни (боғланишга талаб), ахборотга хизмат кўрсатиш катталигининг тақсимот қонуни, манбалар ва қабул қилгичлар манзилларининг мажмуаси, ҳамда ахборотлар узатиш усулларининг турлари.

Хизмат кўрсатиш тизими ишлатилаётган ускуна турига боғлиқ. Хизмат кўрсатиш тартиби деганда: хизмат кўрсатиш усули (аниқ йўқотишлар, кутиш билан, такрор чақирувлар), хизмат кўрсатиш навбати (навбат тартибда, тартибда ёки устиворлик билан) тушунилади. Комунтация тугун чиқишларининг излаш режими (эркин, гуруҳли). Келаётган ахборотларга хизмат кўрсатиш сифатининг характеристикаларига (ошкора) ёки ахборотларни шартли йўқотишлар, ахборотларнинг ушлаб қолишнинг ўртача вақти, келган чақирувни йўқотиш эҳтимоллиги, хизмат кўрсатилган юкламанинг жадаллиги ва ҳ.к. Ахборот тақсимлаш назариясида тарихан таҳлил масалалари юз келган бўлиб ва устивор ҳолатни эгаллаб келган яъни кировчи ахборот оқимларининг параметри ва хоссалари, хизмат кўрсатиш тизимининг параметри ва структураси ҳамда хизмат кўрсатиш тартибига боғлиқ бўлган. Биринчи коммутация воситалари нисбатан оддий структурага эга бўлган, уларда тўлиқмконли ва оз ҳолларда нотулиқмконли уланиш системалари ишлатилган ва асосан таҳлил масалаларининг ечими амалиёт эҳтиёжларини қондирган. Масалан қўлли АТС лар учун маълум боғланувни кутиш вақтига боғлиқ ҳолда телефонисткалар сони ва турли жуфтлар сонини билиш кифоя бўлган. АТС учун чақирувлар йўқотишларининг эҳтимолликларини ҳисобга олган ҳолда излаш босқичлари бўйича асбоблар сони ҳисобланган. Бироқ ўша вақтдаёқ янги типдаги масала – схема параметрлари ва тузиш усулларини оптималлаштириш масаласи қўйилган эди. Нотулиқмконли улаш схемаларининг барча мумкин бўлган вариантларидан бошқа тенг шароитларда чақирувларнинг энг кичик йўналишларини таъминловчи йўлни танлаб олиш зарур эди. Квазиэлектрон ва электрон АТСларнинг яратилиши билан биринчи даражали масалаларга

Комунтация тугун структурасини, уни параметрларини оптималлаштириш билан синтез тахлил масалалари чиқади. Маълум сиғимдаги станция ёки узел учун коммутация майдонини шундай тузиш керакки, унда тушаётган оқимларга, хизмат кўрсатиш тартибида ва хизмат кўрсатиш сифатида унинг қиймати минимал бўлсин.

Электрон АТСларнинг Коммутация майдони схемасини оптималлаштириш масаласи йўлларни излашни оптимал алгоритмларини ишлаб чиқиш билан чамбар-час боғланган. Процессорнинг юкламасини камайтириш учун бўш чиқишни излаш вақти ва Коммутация майдонига борадиган йўллар минимал бўлиши керак. Муваффақиятсиз излаш вақтида чеклаш ҳисобига чақирувларни йўқотишлар Коммутация тизимини потенциал имкониятларга нисбатан юқори бўлиши мумкин. Шундай қилиб ўтказиш қобилиятини тадқиқ қилишда дастурий бошқарувда АТСнинг математик моделида янги компонентлар юзага келади.(вақт ва йўлни излаш алгоритми). Алоқа тармоғининг мураккаблашиши билан уни тузилишига қадар тармоқни такомиллаш зарурати туғилади(юклама,абонентлар сони ўзаро тортилиш). Хизмат кўрсатишнинг сифат кўрсаткичларини, тармоқнинг бўлаклари бўйича меёрлаштириш ва оптимал тақсимлаш – бу Ахборот тақсимлаш назариясида ечиладиган масалалар доирасидир. Ахборот тақсимлаш назариясининг математик аппарати бу эҳтимоллар назарияси, математик статистикага таянади. Ундан ташқари чизиқли алгебра, графлар назарияси, тизимли тахлил қўлланилади.

Ахборот тақсимлаш назариясидаги сезиларли натижалар А.К.Эрланг таърифлаган статистик барқарорлик тушунчаси туфайли олинган. Эҳтимоллик жараёни агар унинг эҳтимоллик характеристикалари вақтига боғлиқ бўлмаса статистик барқарорлик ҳолатида бўлади, Ахборот тақсимлаш назарияси асослари А.К.Эрланг(1908-1918й,) нинг ишларида баён этилган.

### **Назорат саволлари**

1. Ахборот тақсимлаш назариясининг асосчиси?
2. Ахборот тақсимлаш назариясида кўриладиган масалалар?
3. Ахборот тақсимлаш назариясининг киритишдан мақсад?
4. Ахборот тақсимлаш назариясининг математик аппарати?
5. Ахборот тақсимлаш назарияси ҳозирги вақтдаги ҳолати?

## Чақирик оқими, оқим параметри, аниқланиш соҳаси

### Режа

1. Чақирув оқимлари
2. Чақирув оқимларининг турлари
3. Аниқланиш соҳаси
4. Оқим параметри

Чақириклар оқими (талаблар, талабномалар, ходиса) деб, тизимга бирон – бир вақт оралиғида ёки бирон-бир вақт онларида чақирувларнинг бирин-кетин келиш кетма-кетлигига айтилади.

Чақириклар оқими:

- -тасодифий;
- детерминирланган оқимларга бўлинади.

Агар алоқа тизимига тушаётган чақирикларнинг тушиш momenti ва чақириклар тушиш оралиқлари турлибўлса ҳамда тизимга келаётган чақириклар қаътий қайд қилинмаса ёки чақириклар тасодифий қийматларда деб қаралса бундай чақириклар оқимини тасодифий чақириклар оқимини деб айтиш қабул қилинган.

Агар алоқа тизимига тушаётган чақирикларнинг тушиш вақти аниқ ёки қаътий белгиланган тасодифий вақт оралиқларига эга бўлса бундай чақириклар детерминирланган чақириклар оқими деб аталайди ва у амалиётда кам учрайди.

Реал ҳаётда тасодифий чақириклар оқимлари билан иш кўрилади. Шу сабабли ахборотни тақсимлаш назариясида тасодифий чақириклар оқимларига асосий эътибор қаратилади.

Бундай чақириклар оқимлари тушиш вақтини уч хилда:

- 1. Чақириклар тушуш вақтлари кетма-кет  $t_1, t_2, \dots, t_n$ ;
- 2. Хосил бўлган чақириклар вақт оралиқлари кетма-кет  $z^1, z_2, \dots, z_n$ ;
- 3. Берилган  $[t_0, t_1), [t_0, t_2), \dots, [t_0, t_n)$ , вақт оралиқларида тушаётган чақирикларни  $k_1, k_2, \dots, k_n$ , аниқликдаги кетма –кет сонли чақириклар орқали эквивалент усуллар ёрдамида аниқлаш мумкин деб ҳисоблаш.

Ихтиёрий вақт оралиғида тизимга тушаётган чақирувлар оқимининг сони чекланган бўлса, бундай келаётган чақирувлар оқимлари сони математик кутилиши ҳам чекланган, шу сабабли бундай оқимларни ахборотни тақсимлаш назарияси фанида финит оқимлар деб аташ қабул қилинган.

Бундай финит оқимида  $[0, t)$  вақт оралиғида тизимга келаётган чақирувлар сонининг математик кутилмаси,  $\Delta(0, t)$  га оқимининг етакчи функцияси дейилади.

$\Delta(0, t) > 0$  бўлганда амалиётда чекланган қийматга эга.

Шу сабабли ўзлуксиз етакчи функцияга эга бўлган оқимларни регуляр, поғонали функцияга эга бўлган оқимларни эса сингуляр оқимлар деб аташ қабул қилинган.

- Чақирув оқими қуйидаги :
- -ўзгармас (стационар)лик;
- -ностационарлик хусусиятлари билан классификацияланади.

Ўзгармас(стационар) оқим бу ихтиёрий чақирувлар сонини биргаликдаги тақсимот қонуни

$$(t_0, t_1), (t_0, t_2), \dots, (t_0, t_n) \text{ вақт оралиғида } P\{K(t_0, t_i), \dots, i = 1, 2, 3, \dots, n\}$$

Унинг оралиқ вақти оқимнинг узунлигига боғлиқ бўлиб тушиш вақтига боғлиқ эмас. Демак, маълум вақт оралиғида келиб тушаётган чақирик оқимининг эҳтимоллиги оралиқ вақт узунлигига боғлиқ бўлиб, бошланғич вақтига боғлиқ эмас. Тескари ҳолатда оқим ностационар оқим ҳисобланади. Телефон тармоқларда чақирик интенсивлиги ўзгарувчан бўлиб, унинг ўзгариши сутканинг вақтига боғлиқдир. Демак, тушаётган чақирув оқимлари ностационардир. Сутка давомида чегараланган вақт оралиғида, яъни бир соат давомида телефон оқимини ностационарлиги сезилмайди, шу сабабли амалиёт масалаларини ечганда оқимни стационар деб ҳисоблаш мумкин.

Чақириклар оқимлари қуйидаги таркиб билан классификацияланади:

- - стационар;
- -кейинги таъсири йўқ;
- -ординар оқим.

Оқимнинг эҳтимолий характеристикаси вақтига боғлиқ бўлмаса, бундай оқимга стационар оқим дейилади, у фақат шу вақт оралиғига боғлиқ;

Кейинги таъсири йўқ оқим деб  $(t_1, t_2)$ , вақт оралиғида чақириклар тушиш эҳтимоллиги  $t_1$  вақтгача тушган чақириклар сонига боғлиқ бўлмаслигига айтилади.

Ординар оқим - бу бир вақтнинг ўзида биттадан ортиқ чақирикнинг қисқа  $\Delta t$ , вақт оралиғида тушиш эҳтимоллиги, битта  $\Delta t$  чақирик тушиш эҳтимоллигидан жуда кичик бўлган оқимларга айтилади. Оқимларнинг ординарлиги амалиётда ҳар қандай чақирик онларида чақирикларни гуруҳ бўлиб тушмаслигини кўрсатади.

### Аниқланиш соҳаси

Чақирув оқимларини аниқланиш соҳаси учта эквивалент усуллар билан берилиши мумкин:

1. чақирувчи онларнинг кетма-кетлиги:

$$t_1, t_2, \dots, t_n$$

2. чақмрувчи онлар кетма-кетлиги оралиғи ўртасидаги вақт оралиғи билан:

$$z_1, z_2, \dots, z_n$$

3. берилган вақт оралиқларида келадиган чақирувлар сонининг кетма-кетлиги билан:



$$(t_0, t_1), (t_0, t_2), \dots, (t_0, t_n),$$

Тасодифий чакирув оқимиларни бериш учун тақсимот функциясидан фойдаланилади.

Бирон-бир тасодифий миқдор  $x$  нинг эҳтимоллик тақсимоти функцияси деб,  $X < x$  эҳтимоллигини аниқловчи  $F(X) = P\{X < x\}$  функцияга айтилади.

У ҳолда юқорида баён этилганини инобатга олиб тасодифий чакирув оқимиларни бериш учун қуйидаги учта эквивалент усуллар ишлатилади:

1.  $n$  тасодифий чакирувчи онларнинг биргаликдаги тақсимот қонуни:

$$P\{t_i < t_i, i = 1, 2, \dots, n\} = P\{T_1 < t_1, T_2 < t_2, \dots, T_n < t_n\}$$

2. Чакирувчи онлар кетма-кетлиги оралиғи ўртасидаги вақт оралиғини биргаликдаги тақсимот қонуни

$$P\{Z_i < z_i, i = 1, 2, \dots, n\} = P\{Z_1 < z_1, Z_2 < z_2, \dots, Z_n < z_n\}$$

Берилган  $[t_0 t_1][t_0 t_2] \dots [t_0 t_n]$  вақт оралиқларда келадиган  $K$  чакирувлар сонининг

биргаликдаги кетма-кетлик тақсимот қонуни

$$P\{K(t_0, t_i) = K_i, i = 1, 2, \dots, n\} = P\{K(t_0, t_1) = K_1, K(t_0, t_1) = K_2, \dots, K(t_0, t_2) = K_n\}$$

Ча  
қи  
ру  
в

оқими қуйидаги хусусиятлари билан классификацияланади: Ўзгармаслик (стационар) оқим бу ихтиёрий  $n$  чакирувлар сонини биргаликдаги тақсимот қонуни вақт оралиғида

$$P\{K(t_0, t_i) = K_i, i = 1, 2, \dots, n\}$$

Унинг оралиқ вақтининг узунлигига боғлиқ бўлиб тушиш вақти га боғлиқ эмас.

Демак, маълум вақт оралиғида келиб тушаётган чакириқ оқимининг эҳтимоллиги оралиқ вақт узунлигига боғлиқ бўлиб, бошланғич вақтига боғлиқ эмас.

### Оқим параметри

Оқимнинг параметри деб  $(t, t + \Delta t)$  вақт оралиғида жуда бўлмаганда битта тасодифий чакириқ тушиши, шу вақт оралиғи узунлигининг нолга интилгандаги лимитига айтилади.

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P_{i \geq 1}(t, t + \Delta t)}{\Delta t}$$

Стационар процесс учун оқим узлуксизлиги ва параметри –доимий катталиқ бўлиб вақтга боғлиқ булмайди ва  $\lambda(t)=\lambda$  ва  $\mu(t)=\mu$  га тенг.

Ординар оқимлар учун оқим параметри хажми ва оқимнинг узлуксизлиги  $\lambda=\mu$  га мос келади. 2.1-расмда оқимлар классификациялари тўғрисидаги маълумот келтирилган.



2.1-расм. Оқимлар классификациялари

### Назорат саволлари

1. Чақурув оқимларининг турлари?
2. Тасодифий чақурув оқимига таъриф беринг?
3. Қандай оқимга детерминланган оқим дейилади?
4. Оқимнинг тушиш они?
5. Тушаётган оқимлар сони?
6. Оқимнинг етакчи функцияси?
7. Оқим классификацияси?
8. Қандай оқим финит оқим дейилади?
9. Сингулар ва регуляр оқим функцияси?

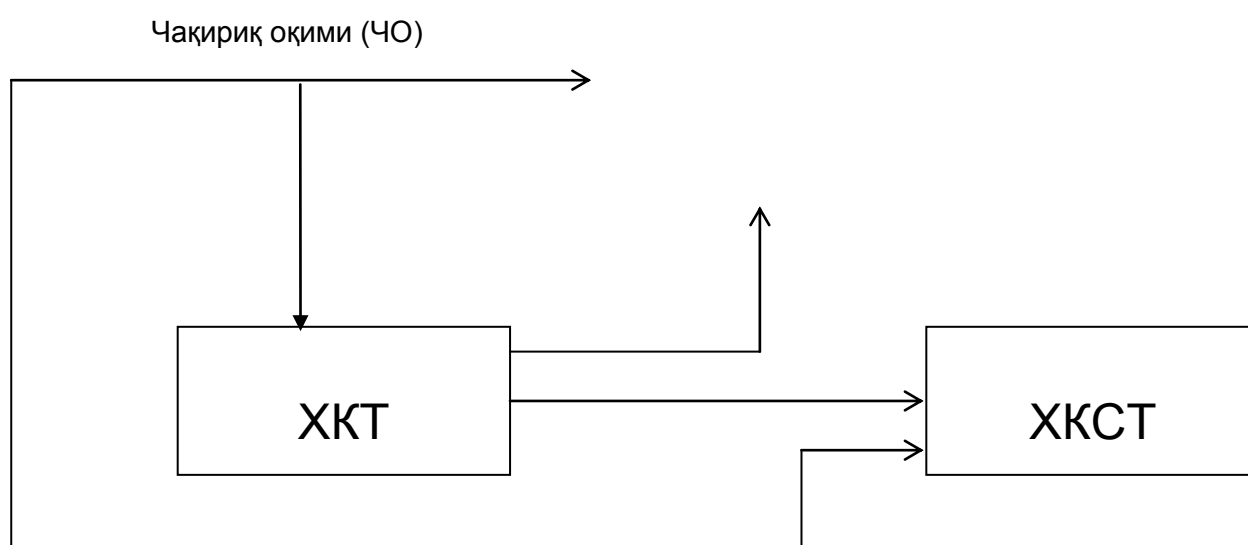
### 3-маъруза

## Энг оддий чақирик оқими. Энг оддий чақирик оқимини математик модели

### Режа

- 1.Энг оддий чақирик оқими.
- 2.Коммутацион тизим ҳолати
- 3.Энг оддий чақирик оқимининг математик модели.

Энг оддий чақирик оқимларини қуйидаги модель асосида кўриб чиқамиз.



Расм. 3.1. Энг оддий чақирик оқимларини модели

Бу ерда:

АТТС – ахборотни тақсимлаш тизими структураси.

ХКТ- хизмат кўрсатиш тартиби (кутиш ва йўқотишли).

ХКСТ- хизмат кўрсатиш сифати характеристикаси.

Агар хизмат кўрсатиш сифати характеристикаси (ХКСТ) топиш керак бўлса унда:

$$\text{ХКСТ} = f(\text{ЧО}, \text{ХКТ}, \text{АТТС})$$

Энг оддий чақирув оқимлари қуйидаги параметрлар билан характерланади:

- оқим етакчи функцияси;
- оқим параметри;
- оқим интенсивлиги (жадаллиги).

Ялпи (оммавий) хизмат кўрсатиш тизимларида энг кўп қўлланиладиган чақирувлар оқимининг энг кўп тарқалган реал (ҳақиқий) модели бу энг оддий чақирувлар оқимидир.

Ҳақиқатдан ҳам, юқорида айтилганидек, чақирувлар оқимларини классификация принциплари кўрилганда, катта гуруҳдаги абонентлардан келаётган чақирувлар оқими сўнги таъсирсизлик, ординарлик, стационарлик хусусияти билан характерлаб, агар кўрилаётган вақт оралиғи 1-3 сек. билан чекланса оқимни стационар деб ҳисоблаш мумкин.

Демак кейинги таъсири йўқ стационар, ординар оқимлар оддий чақириқлар оқимига мисол бўлади.

ОЧО масаласини ечишда  $P_k(t_0, t_0 + t)$  эҳтимоликдан фойдаланамиз.

Бу эҳтимолик кўрсатадики, тизимга  $t_0$  - вақт оралиғидан  $t$  - вақт оралиғигача аниқ  $k$  - эҳтимоликдаги чақирув тушади. Энг оддий чақирув оқимини математик моделига мисол қилиб 3.2-расмни келтириш мумкин.



Расм. 3.2. Энг оддий чақирув оқимини математик моделига мисол

Агар  $[t_0, t_0 + t + \tau] = [t_0, t_0 + t] + (t + \tau)$  вақт оралиғини, икки қисмга бўлинган деб қарасак.

У ҳолда:  $[t_0, t_0 + t + \tau]$

Бунинг учун,  $[t_0, t_0 + t + \tau]$  биринчи вақт оралиғида аниқ  $k$  чақириқ тушди, бу  $k, k-1, \dots, k_i$

чақириқ биринчи вақт оралиғига тушган керакли чақириқларни ва иккинчи вақт оралиғига тушган чақириқлар ёки  $k$  чақириқларни ташкил этади. Демак вақт оралиғида  $k$  чақириқлар тушиш эҳтимолиги га тенг деб айтиш мумкин.

Келтирилган эҳтимоликдан келиб чиқиб чақириқ тушуш эҳтимоли қисмларини кўйидагича белгилаш мумкин:

- $P_{k-1}(t_0, t_0 + t)$  - биринчи вақт оралиғи;
- $P_i(t_0, t + \tau)$  - иккинчи вақт оралиғи.

Оддий чақириқ оқимининг тарифига кўра у стационар шу сабабли унга бирон бир чақириқ тушуш вақт оралиқлари эҳтимоли ёки  $[t_0, t_0 + t + \tau]$  ни ҳисоблаш вақтига боғлиқ эмас.

Демак оддий оқим деб- ходисанинг соф оқимига айтиш мумкин, бунда чақириқларнинг тушиши вақтга ва аввалги ходисаларга боғлиқ бўлмасдан ҳақиқатдан фақат воқеа бўйича аниқланади.

Чақириқ тушиш қисмлари оралиғи эҳтимоликлари ифодаларини соддалаштирсак:

$$P_k(t_0, t_0 + t + \tau) = P_k(t + \tau)$$

$$P_i(t_0, t_0 + t)$$

$$P_{j-1}(t_0 + t, t_0 + t + \tau) = P_j(\tau)$$

кўринишга эга бўлади.

Оддий чақирик оқими кейинги таъсири йўқ оқим ҳисоблангани учун, ходиса мустақилдир, шунинг учун биринчи ва иккинчи вақт оралиқларига вақт оралиғида аниқ  $k$ -та чақирик тушиш эҳтимоли  $i = 0, 1, \dots, k$  бўлганда.

$$P_k(t + \tau) = P_k(t) * P_0(t, t + \tau) + P_{k-1}(t) * P_1(t, t + \tau) + \dots + P_0(t) * P_k(t, t + \tau);$$

$$P_k(t + \tau) = \sum_{i=1}^K P_i(t) P_{k-1}(\tau).$$

Келтирилган ифодалар системаси чексиз тенгламалардан иборатлиги учун вақт оралиқларини  $\tau \rightarrow 0$  чеклаймиз. Бунинг натижасида оқимнинг ординарлиги  $\Pi_2(t, t + \tau) = 0(\tau), \tau \rightarrow 0$ .

$\Pi_2(\tau)$ -тизимга битта ёки иккита чақирик тушиш интервали, олинган ифодаларни юқоридаги ифодага қўлласак у қўйидаги кўринишга эга бўлади.

$$P_k(t + \tau) = P_k(t) * P_0(\tau) + P_{k-1} * P_1(\tau) + 0(\tau)$$

бундан  $P_0(\tau)$  битта ҳам чақирик келиб тушмаслик эҳтимоли.  $P_1(\tau)$  битта чақирик келиб тушиш эҳтимолиликлари ифодасини ҳосил қиламиз.

$$\Pi_1(\tau) = P_1(\tau) + P_2(\tau)$$

$$\Pi_1(\tau) = P_1(\tau) + P_2(\tau)$$

$$\Pi_2(\tau) = P_2(\tau) + P_3(\tau)$$

$$P_1(\tau) = \Pi_1(\tau) - \Pi_2(\tau) = \lambda\tau + 0(\tau)$$

бу ерда  $0(\tau)$  – оқимнинг ординарлиги

$$\lim_{\tau \rightarrow 0} \frac{\Pi_2(t, t + \tau)}{\tau} = 0 \quad \Pi_2(t, t + \tau) = 0(\tau)$$

$$\lambda(t) = \lim_{\tau \rightarrow 0} \frac{\Pi_1(t, t + \tau)}{\tau} = \lim_{\tau \rightarrow 0} \frac{\Pi_1(\tau)}{\tau}$$

$$\Pi_1(\tau) = \lambda(t)\tau + 0(\tau)$$

$$\Pi_1(\tau) = \lambda\tau + 0(\tau)$$

$$P_0(\tau) = (\Pi)_0(\tau) - \Pi_1(\tau)$$

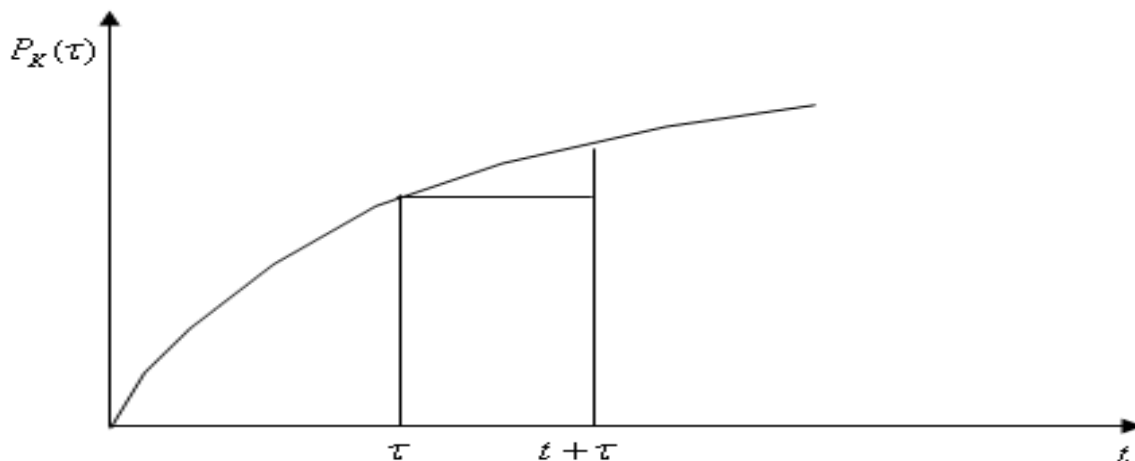
$$P_0(\tau) = 1 - \Pi_1(\tau) = 1 - \lambda\tau + 0(\tau)$$

$$P_k(t + \tau) = P_k(t)[\lambda\tau + 0(\tau)] + P_{k-1}(t) * \lambda\tau + 0(t)$$

$$\frac{P_k(t + \tau) - P_k(t)}{\tau} = \lambda P_k(t) + \lambda P_{k-1}(t) + \frac{0(\tau)}{\tau}$$

Энг оддий чақириқлар оқимини аниқлаш зарур бўлсин. Бунда  $t_1, t_2, \dots, t_i$  вақт интервали оралиқларида тизимга тушаётган чақириқларни сонини аниқлашда 3.3-расмдан ва кўйидаги ифодалардан фойдаланамиз:

$$P'_k(t) = -\lambda P_k(t) + \lambda P_{k-1}(t), \quad k = 0, 1, 2, \dots$$



Расм.3.3. Тизимга тушаётган чақириқларни сонини аниқлашда

$$\lim_{\tau \rightarrow 0} \frac{P_k(t + \tau) - P_k(t)}{\tau} = -\lambda P_k(t) + \lambda P_{k-1}(t)$$

Энг оддий оқимнинг хоссаларидан келиб чиқиб, эҳтимоллар назариясининг маълум ифодаларидан фойдаланиб, дифференциал тенгламалар системасини ҳосил қилиш мумкин ва энг оддий оқимда аниқ  $K$  - чақирувларнинг  $t$ -вақт оралиғида тизимга келишини Пуассон формуласи билан аниқлаш мумкин:

$$P_k(t) = \frac{(\lambda t)^k}{K!} e^{-\lambda t}$$

Шу сабабли баъзида энг оддий оқимни стационар Пуассон оқими деб аташ мумкин. Энг оддий оқимнинг асосий характеристикалари.

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$  параметрларги эга  $n$ -та бир-бирига боғлиқ

бўлмаган энг оддий  $\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n$  оқимларни бирлаштриб параметрли умумий оддий оқимни ҳосил қилиш мумкин.

Тизимга роппа-роса  $K$  –чақирув-ларнинг  $t$  -вақт ораллиғида келиш эҳтимолини аниқлашда Пуассон функциясидан фойдаланамиз. Бунда:

$$P_k(t) = \frac{[(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n)t]^k}{K!} e^{-(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n)t}$$

Келаётган чақирув оқимларнинг барча мумкин бўлган сони, унинг кўрилаётган  $t$ - вақт ораллиғидаги йиғиндисини 1 -га тенглаштириш мумкин:

$$\sum P_k(t) = 1$$

$$\sum_{k=0}^{\infty} P_k(t) = e^{-\lambda t} \sum \frac{(\lambda t)^k}{K!} = e^{-\lambda t} e^{\lambda t} = 1$$

Демак  $t = 1$  бўлганда

$$P_k(f) = P_n \frac{\lambda^k}{K!} e^{-\lambda}$$

Бу ерда  $P_k(f)$  функцияси дискрет тасодифий  $K$ - миқдорнинг тақсимот функциясидир.

Бунда  $M(K)$  ва  $D(K)$  миқдорнинг мос равишда математик кутилиши ва дисперциясидир.

$t=1$  бўлганда ;  $M(K) = D(K) = \lambda$  демак,  $D(K) = \sqrt{\lambda}$

қиймати ортиши билан эгри чизик узлуксиз тасодифий миқдорнинг қонун тақсимотиға яқинлашади.

- Тизимга тушаётган чақирикларни сонини топишда Пуассон формуласидан фойдаланамиз:
- Мисол учун:
- $\lambda = 180$  чақирик / соат
- $t = 8$  минут
- $K = 5$
- Топиш керак  $P_k(t) = ?$

- Масаланинг ечими:

$$P_k(t) = \frac{(\lambda t)^k}{K!} e^{-\lambda t} = \frac{(180 * 8 / 60)^5}{5i} e^{-180 * 8 / 60} = 0,3$$

i-дан кўп чақирик келиш эҳтимолини топишда

$$P_i \succ i(t) = \sum_{K=i+1}^{\infty} P_k(t)$$

$$\sum_{K=0}^{\infty} P_k(t) = 1$$

$$P_i \succ i(t) = \sum_{K=i+1}^{\infty} P_k(t) = 1 - \sum_{K=0}^{\infty} P_k(t)$$

### Назорат саволлари

1. Чақирувлар оқими деб нимага айтилади?
2. Тасодифий чақирувлар оқимларига мисоллар келтиринг?
3. Чақирувлар оқими қандай усуллар билан аниқланади ва берилади?
4. Қандай чақирувлар оқимлари стационар ординар дейилади? Мисолларда тушунтиринг.
5. Чақирув оқимларининг асосий характеристикалари нимадан иборат? “Етакчи функция”, “Жадаллик” ва “Оқим параметри” тушунчаларига таъриф беринг.
6. Қуйидаги тушунчаларни таърифланг: сўнг таъсирсиз оқим ва сўнг таъсирли оқим. Мисолларда тушунтиринг.
7. Энг оддий чақирувлар оқимига таъриф беринг. Бундай оқимнинг математик моделини келтиринг.
8. Энг оддий чақирувлар оқимининг характеристикаларини келтиринг.
9. Энг оддий чақирувлар оқими ўртасида вақт оралиқларининг тақсимот функцияси қандай қонун билан тавсифланади?



## 4-маъруза

**Талаб оқимини модели. Ностациоляр Пуассон оқими, примитив оқим, чегараланган сўнги таъсирли чақириқ оқими, Эрланг оқими, Озод бўлим оқими – туғилиш ва халок бўлиш жараёни.**  
**Ностационар Пуассон оқими**

### Режа

1. Талаб оқимини модели
2. Ностационар Пуассон оқими
3. Симметрик оқим
4. Чегараланган сўнги таъсирли чақириқ оқими
5. Эрланг оқими ва озод бўлим оқими

Ностационар Пуассон оқими деб (баъзида уни ўзгарувчи параметли оқим ёки ностационар энг оддий оқим деб аташади)  $t$  - чекланган параметри мавжуд бўлган сўнг таъсирсиз ординар оқимга айтилади. Бу оқимнинг параметри унинг ностационарлик хоссасини инобатга олган ҳолда, энг оддий оқимнинг  $[t_0, t]$  параметри каби вақт оралиғи катталигига, ҳамда  $t_0$ -бошланғич вақт онага ҳам боғлиқ бўлади. Ноординар Пуассон оқими учун  $t$ - вақтда  $n$ -та чақирувчи вақт онлари бўлиш эҳтимолини Пуассон формуласи асосида аниқланади.

$$P_k(t_0, t) = \frac{\left[ \int_{t_0}^t \lambda(u) du \right]^k}{K!} e^{-\int_{t_0}^t \lambda(u) du}$$

Ноординар Пуассон оқими учун чақирувчи вақт онлари оқимини ва чақирувлар оқимини фарқлаш лозим.

Чақирувчи вақт онлари оқими бу  $t$  -вақт оралиғида аниқ  $i$  -чақирувчи вақт онлари эҳтимоли билан тавсифланади. Бу эҳтимоллик Пуассон формуласи асосида аниқланади, бундан кўринадики, ҳар бир чақириқ онда тушаётган чақириқлар сони ўзгармас миқдордир ва  $l$  -га тенг, уни оқимининг ностационарлиги деб атаймиз ҳамда қуйидаги ифода орқали аниқлаймиз:

$$K = \frac{n}{e} \dots n = \frac{K}{e}$$
$$P_{K/e}(t) = \frac{(\lambda t)^{K/e}}{\left(\frac{K}{e}\right)!} e^{-\lambda t}$$

Бошқа ноординар оқимлар учун ноординарлик тавсифи тасодифий миқдордир. Примитив оқим (манбалари чекланган оқим)

Примитив оқим деб, шундай симметрик оқимга айтиладики, унинг параметри шу вақт ондаги бўш (озод) манбалар сонига тўғри пропорционал бўлади, яъни:

$$\lambda_i = (n - i)\alpha$$

Бу ерда:  $n$ -чақирувлар манбаларининг умумий сони;

$l$  - банд манбаларнинг сони;

$\alpha$  - эркин ҳолатдаги манба оқимнинг параметри.

Примитив (оддий) оқимнинг модели,

$n \rightarrow \infty$  ва  $\alpha \rightarrow \infty$

бўлганда энг оддий оқим моделига айланади, чунки унинг  $\lambda = n\alpha$  параметри коммутацион тизимнинг ҳолатига боғлиқ бўлмайди.

Чегараланган сўнги таъсирли оқим

Чақириқлар орасидаги вақт бир- бирига боғлиқ бўлмаган ва тасодикий микдордирга эга оқимларни чегараланган сўнги таъсирли оқим деб атаймиз.

Чегараланган сўнги таъсирли оқимни кўйидаги ифода кўринишида белгилаймиз:.

$$F_K(t) = P\{Z_K \leq t, K = 1, 2\}$$

Чегараланган сўнги таъсирли оқимнинг хусусий ҳоли бу рекурент оқимдир шунинг учун уни куйидаги ифода орқали белгилаймиз:

$$F_1(t) = F_2(t) = F_3(t) \dots = F(t)$$

Рекурент оқимининг хусусий ҳолати деб, энг оддий чақирув оқимини тушуниш мумкин.

$$F(t) = P\{z \leq t\} = 1 - e^{-\lambda t}$$

### Оддий сўнг таъсирли оқим

Оддий сўнг таъсирли оқимларнинг асосий характеристикаси бу оқим параметрининг ихтиёрий  $t$  вақт онда коммутацион тизимнинг ҳолатига боғлиқ бўлишидир.

Коммутацион тизимнинг  $S$ - кўплик ҳолатига эса, коммутацион тизимнинг кириш ва чиқишларини боғловчи каналлар номерлари ва х.к. ни киритамиз.

Коммутацион тизим доимо кириш, чиқиш ва боғловчи линияларнинг чекланган сонига эга бўлганлиги учун, тизимнинг мумкин бўлган ҳолатлари сони ҳам чеклангандир. Коммутацион тизимнинг бундай ҳолатлари микроҳолатлар дейилади. Коммутацион тизимнинг фақат банд бўлган киришлари (чиқишлар) сони фарқланадиган ҳолати тизимнинг макроҳолати дейилади.

Демак коммутацион тизимнинг  $S(t)$  ҳолати ёки чақирувчи оқим параметри деганда куйидаги  $\lim$  тушинилади.

$$\lambda_{s(t)} = \lim_{\tau \rightarrow 0} \frac{\pi_1(t, t + \tau) / S(t)}{\tau}$$

**Таъриф:** Оддий сўнг таъсирли оқим деб оддий сўнг таъсирли ординар оқим тушунилади, бундай оқим учун ихтиёрий  $t$  -вақтнинг  $S(t)$  -онида чекланган ҳолатдаги оқим параметри мавжуд бўлиб, у фақат  $t$  -вақт онда коммутацион  $S(t)$  тизимнинг ҳолатига боғлиқ бўлади ва  $t$  -вақт онигача чақирувлар хизмат кўрсатиш жараёнига боғлиқ бўлмайди. Бошқача қилиб айтганда: оддий сўнг таъсирли оқимнинг параметри ихтиёрий  $t$  -вақт онда тизимнинг шу ондаги ҳолатига боғлиқ бўлади, тизимнинг ҳолати эса ўз навбатида  $t$  вақт онигача келган чақирувлар ва уларга хизмат кўрсатиш жараёнига боғлиқ бўлади. Оддий сўнг таъсирли оқим тушунчаси оқимлар назариясида энг умумий тушунчалардан биридир. Амалда ихтиёрий оқимни оддий сўнг таъсирли оқим деб қабул қилиш мумкин, чунки коммутацион тизимга ҳар доим чақирувлар келиши таъсир қилади.

### Симметрик оқим

Симметрик оқим деб,  $\lambda_{s(t)}$  -параметри ихтиёрий  $t$  -вақт онда шу онда хизмат кўрсатилаётган фақат  $\tau$  - чақирувлар сонига боғлиқ бўлган ва коммутацион тизимнинг  $\lambda_{s(t)}$  -ҳолатини аниқловчи бошқа тавсифларга боғлиқ бўлмаган оддий сўнг таъсирли оқимга айтилади.

Бунда параметрнинг чақирувларга хизмат кўрсатиш сонидан боғлиқлигининг қонунияти ихтиёрий бўлиши мумкин. Шунинг учун,  $i$  хизмат кўрсатилаётган чақирувлардаги ихтиёрий ҳолатдиги симметрик оқимлар бир хил бўлиб фақат  $i$  га боғлиқ бўлади, яъни:  $\lambda_{s(t)} = \lambda_i$ .

### Эрланг оқими

Эрланг оқими ҳам чегараланган сўнги таъсирли оқимига мансубдир. Эрланг оқими дастлабки оддий потокни саралаш натижасида ҳосил қилинади.

#### Расм.3.4. Эрланг оқими

$i$ - тартибли Эрланг оқимини  $i$ -чақириқни ташлаб юбориш ва  $(i+1)$  чақириқни сақлаб қолиш йўли билан ҳосил қилинади.

Эрланг оқими асосий ҳусиятлари:

Чақириқлараро ораликлар бир-бирига боғлиқ эмас ва бир хилда тақсимланган, бўлиб уларни бир хилдаги бир –бирига боғлиқ бўлмаган вақт ораликларидаги оддий потокларни йиғиш орқали ҳосил қиламиз.

Хосил бўлган оддий потоклар учун  $f_n(t)$  зичликдаги тақсимот қонуни хосил қиламиз:

$$f_n(t) = \frac{\lambda(\lambda t)^{n-1}}{(n-1)!} e^{-\lambda t}$$

Бунда -  $f_n(t)$  чақириклар орасидаги вақт катталигининг тақсимот зичлигини  $z_n$  -деб белгилаймиз ва  $n$  -тартибли поток параметрини:

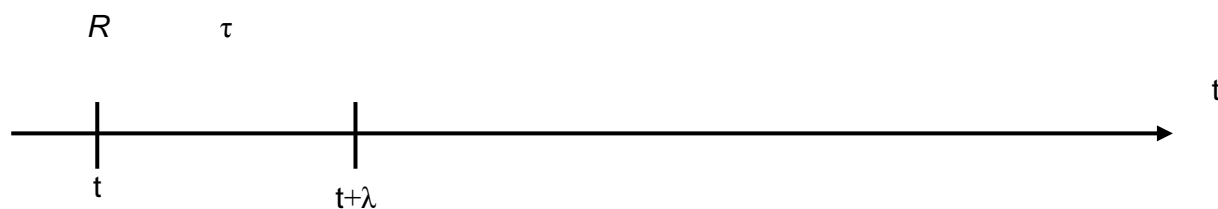
$$\Lambda_n = \frac{1}{n \cdot z_1} = \frac{\lambda}{n}$$

катталиқда деб унинг математик кутилмаси  $z_n$  - (чақириклараро вақт оралиғи)

ифодага тенг бўлиб, унинг дисперсияси  $M_{z_n} = n \cdot M_{z_1} = \frac{n}{\lambda}$  га тенг.  $D_{z_n} = n \cdot D_{z_1} = \frac{n}{\lambda^2}$

### Озод бўлиш оқими

Чақирикларга хизмат кўрсатишнинг тугаш онини кетма-кетлиги озод бўлиш оқими дейилади.  $t$  -вақт онда  $K$  линия банд ҳолатда деб фараз қиламиз,  $t+\lambda$  - вақтда аниқ  $i$  линия озод бўлиш эҳтимоллигини аниқлаймиз.



Расм.3.5. Озод булиш оқими

$$P_i(R, \tau) = C_K^i P^i (1 - P)$$

Бу ерда  $P$ - вақтда битта линия озод бўлиш эҳтимоллиги. Абонентга хизмат кўрсатиш вақти экспотенциал қонунга риоя қилади, шунинг учун:

$$F(t) = 1 - e^{-\beta t}$$

Бу ерда  $\beta$  хизмат кўрсатиш жадаллиги  $\beta = \frac{1}{t}$

$\bar{t}$  -ўртача хизмат кўрсатиш вақти

$$P_i\{R, \tau\} = C_K^i P^i (1 - P)^{K-i} = C_K^i P^i (1 - e^{-\beta t})^i \cdot e^{-\beta(K-i)\tau}$$

бу ерда  $P_0(K, \tau)$  вақт ичида битта ҳам линия озод бўлмаслик эҳтимоллиги.  
 $\tau$  -вақт ичида битта линия озод бўлиш эҳтимоллигини топамиз.

$$P_1(\tau) = 1 - P_0(R, \tau) = 1 - e^{-K\beta\tau} = 1 - \sum_{j=0}^{\infty} (-1)^j \frac{(K\beta\tau)^j}{j!} = K\beta\tau - \frac{(K\beta\tau)^2}{2!} + \frac{(K\beta\tau)^3}{3!} + \dots$$

$$= K\beta\tau + o(\tau)$$

$$\gamma = \lim(k\beta + \frac{o(\tau)}{\tau}) = k\beta$$

Бу ифодадан кўриниб турибтики озод бўлиш оқими ординарлик хусусиятига эга.

**Туғилиш ва халок бўлиш жараёни** – бу шундай жараёнки унда тизимнинг  $i$  ҳолатдан фақат қўшни ҳолатга ўтиш ( $i+1$  ва  $i-1$ ) ёки тизим  $i$  ҳолатда қолиш жараёнига айтилади. Бунда  $\tau \rightarrow 0$  вақт ичида ҳолатнинг бирдан ортиқ ўзгариши юз бериш, эҳтимоллиги  $o(\tau)$  га тенгдир.

### Назорат саволлари

1. Ноостационар оқими деб қандай оқимга айтилади?
2. Ноординар пуассон оқимига таъриф беринг?
3. Ноординар пуассон оқимини математик модели?
4. Чақирувчи вақт оқимининг онлари?
5. 1-нимани ифодалайди?
6. Примитив оқимни таърифланг?
7. Примитив оқим параметирини келтиринг?
8. Реккурент оқимга таъриф келтиринг?
9. Қайси оқим коммутацион тизимни ҳолатига боғлиқ?
10. Озод бўлиш оқим параметрини келтиринг?

## 5-маъруза

### Юклама. Юклама турлари. Станциялараро трафикни тақсимлаш ва ўтказувчанликни ҳисоблаш масалалари

#### Режа

1. Юклама
2. Юклама турлари
3. Юклама концентрацияси ва юклама параметрлари
4. Станциялараро трафикни ҳисоблаш

Телефон тармоғи орқали хизмат кўрсатилиши керак бўлган ҳамма чақириқлар йиғиндиси *телефон юкламаси* деб аталади. Бу юклама алоқа ўрнатиш турига қараб, ички станция, станциялараро ва халқаро (транзит) юкламаларга бўлинади. Телефон тармоғига тушаётган чақириқлар тасодифан тушади ва уларга хизмат кўрсатиш вақти аввалдан маълум бўлмасдан тасодифийдир. Телефон трафиғини таҳлил қилишнинг биринчи босқичи, чақириқлар тушиш жараёнини ифодалаш, уларга хизмат курсатиш вақтини эҳтимолий – тавсифлар ёрдамида аниқлашдан иборат.

Чақириқлар хосил қилган юкламани - $Y$ , уларга хизмат курсатиш даражаси - $P$  ва тармоқдаги уловчи қурилмалар сони - $V$  деб белгилаймиз ҳамда улар ўртасидаги ўзаро боғлиқликни ва шу боғлиқлик асосида юкламани, тармоқ самарадор-лиғини ва хизмат кўрсатиш даражаси кўрсаткичларини аниқлаш мумкин.

$$V = f ( Y, P, KM, ЧО, \dots )$$

Бу ерда  $KM$ - коммутация майдонини тавсифловчи кўрсаткичлар;  
 $ЧО$ - чақириқлар оқимини тавсифловчи кўрсаткичлар.

Коммутацион тизим, чақирувлар оқимиға хизмат кўрсатаётганда ҳар бир чақирув тизимнинг чиқиш линияларини маълум вақт оралиғига банд қилади. Агар бир вақт оралиғида фақат битта чақирувға хизмат кўрсатилса, у ҳолда чиқиш линияларининг юкланишини барча чақирувларнинг суммар вақти билан тавсифлаш мумкин.

Телекоммуникация тизимларида юкламаларни бир неча турларга ажратамиз:

- тушаётган юклама;
- қолдиқ юкламалар;
- хизмат кўрсатилган юклама.

Юкламанинг коммутация тизимида жойлашуви 5.1. расмда келтирилган.

Хизмат кўрсатувчи коммутация тизимлари киришига тушаётган юклама деб- истимолчилар гуруҳларидан  $[t_1, t_2)$  вақт оралиғида тушаётган чақириқлар сонга айтилади, у ўртача битта  $t_1$ - чақириқ бандлиги вақтига тенг. КТ тушаётган юклама тасодифий қийматлиги учун, унинг математик кутилмасини топишимиз мумкин. Тушаётган юкламанинг узлуксизлиги деб - та истимолчилардан коммутация тизимлари киришига тушаётган чақириқлар сонига айтилиб, у -вақтдаги битта ўртача бандликга тенг ва қўйидаги ифода орқали ҳисобланади:

$$Y_{\text{тушаётган}} = N \bar{c} t = \mu t$$

$\bar{c}$  - чақириқларнинг ўртача сони, вақт бирлигида битта юклама манбасидан келаётган чақирувларнинг ўртача сони;

$\mu$ -чақириқ оқимлари узлуксизлиги, гуруҳли манбаларидан келаётган юклама.

Узлуксиз телефон юкламаси жадаллиги бирлиги қилиб Эрланг (Эрл) қабул қилинган. 1 Эрланг юклама деб -бир соат мобайнида бир соат эгалланишга хизмат курсатадиган телефон жадаллилигига айтилади.(1 Эрл=1 соат х эгаллаш/ соат).

Тушаётган узлуксиз 1 - Эрланг юкламани битта юклама манбасидан келаётган чақириқнинг ўртача вақтини узлуксиз деб олиб ҳосил қилиш мумкин.

Мисол учун: Телефон станциясига 1 соатда 1800 та чақириқ тушди, битта чақириқга ўртача хизмат кўрсатиш вақти 3 минутни ташкил этса, у ҳолда телефон станцияга гуруҳли манбаларидан келаётган юкламанинг узлуксизлиги:

$$Y_{\text{тушаётган}} = 1800 \frac{3}{60} = 90 \text{ эрл}$$

Телефон станциясида -вақт моментида хизмат кўрсатилган юкламани, шу вақт моментида коммутация тизими чиқишидаги - банд линиялар сонига тенг деб айтиш мумкин. *Хизмат кўрсатилган юкламанинг узлуксизлиги деб*, коммутация тизими чиқиш линияларининг ўртача (математик кутилмаси), -вақт моментидаги бандлигига айтилади ва у қўйидаги ифода орқали топилади.

бу ерда -  $v$  -линияларнинг  $t$ - вақт моментида  $i$  -мартата банд бўлиш эҳтимоли.

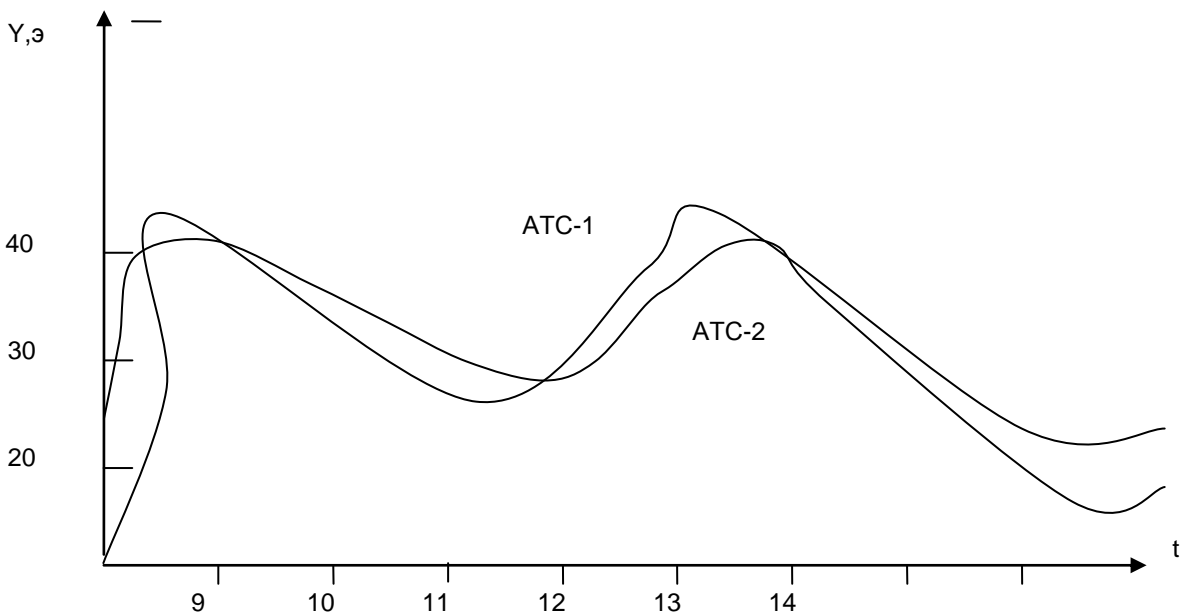
$$P_i(t) Y(t) = M_i(t) = \sum_{i=1}^V i P_i(t)$$

Қолдик юклamani- хизмат кўрсатилган ва йўқотилган юкламалар фарқи ташкил этади.

Узлуксиз тушаётган ёки қолдик 1 Эрланг юклamani тушаётган ёки йўқотилган юклама куринишида, узлуксиз битта чакирик, ўртача бандлик вақти орқали хосил қилиш мумкин. Идеал тизимга тушаётган йўқотишларсиз юклама потенциал (қолдик)ма деб аталади. Потенциал ва хизмат кўрсатилган юкламалар орасидаги фарқга қаралаётган вақт momentiда йўқотилган юклама дейилади. Коммутацион тизимга вақт оралиғида келаётган юкламалардан, ҳар бирига дарҳол хизмат кўрсатилса бу юклама хизмат кўрсатилган юклама дейилади. Келаётган юклamani ўлчаш бирлиги сифатида 1 соат-банд этиш, келаётган юклама интенсивлиги эса – бир Эрланг қабул қилинган. Юкламанинг ўлчов бирлиги қилиб бир соатда битта линияни банд этиш қабул қилинган. Бир соат банд этиш бу –битта чиқишни бир соат давомида узлуксиз банд этиб хизмат кўрсатишдир.

Юклама жадаллиги дейилганда вақт бирлигидаги, одатда бир соат, юклама тушунилади.Юклама интенсивлиги, умуман олганда сутканинг турли соатларида турлича ёки турли кунларнинг бир хил соатларида турлича бўлади.Кузатишлар шуни кўрсатадики, сутка соатлари, ҳафта кунлари ва йилнинг ойларидаги юклама жадаллигининг тасодифли ўзгаришлари билан бир қаторда даврий, нисбатан регуляр ўзгаришлар ҳам мавжудлиги аниқланган. Уларни юкламаларини прагноз қилишда инобатга олиш зарур. Бу ўзгаришларнинг баъзи-бир қонуниятларини телефон юкламасида кўриб чиқамиз.Юклама жадаллигининг регуляр ўзгаришларидан энг сезиларлиги бу сутканинг соатлар бўйича ўзгаришидир. Улар шаҳардаги яшаш тартиби ва АТС га уланган абонентларнинг структуравий таркибига жуда катта равишда боғлиқдир. 5.2-расмда структуравий абонентлар таркибига эга икки АТС даги сутка соатлари бўйича ток ишлатишнинг (сарфланиши) эгри чизиқлари келтирилган.





Расм.5.2. Турли структуравий абонентлар таркибига эга бўлган икки АТС да юкломанинг вақтга боғлиқлиги

АТС-1 га халқ хўжалиги сектори телефон аппаратларининг 70% ва хусусий уй телефон аппаратларининг 30% уланган, АТС-2 га эса 30% халқ хўжалиги секторининг телефон аппаратлари, 70% хусусий уй телефон аппаратлари уланган. 3.2-расмдан кўришиб турибтики АТС-1 да юкломаси асосан эрталабки ва кундузи энг катта қийматга эга, АТС-2 да эса асосан кечки юкломалар катта қийматга эга. Энг катта юклама соати – бу 60 мин.даги вақтнинг узлуксиз оралиғи бўлиб, бу оралиқда юкломанинг ўртача жадаллиги энг катта бўлади. Телефония ва телеграфия бўйича халқаро консултатив (маслаҳат) комитети (ТТХКК-МККТТ) томонидан ўлчашнинг бир йилда 2 маротаба юкланиши энг кўп бўлган ҳолларда икки кетма-кет ҳафтанинг ишчи кунлари ўлчашни тавсия этади. Ҳар куни (масалан соат 9 дан 22 гача) юклама чорак соатли даврларда ўлчанади. Ўлчовлар ЕКЮС да юклама зичлиги даражаси юклама зичлиги коэффиценти билан баҳоланади.

- $K_{ЕКЮС} = Y_{ЕКЮС} / Y_{сут}$
- Бу ерда  $Y_{ЕКЮС}$  даги юклама катталиги,
- $Y_{сут}$  - сутка давомидаги юклама катталиги.

Жадаллик ўлчов бирлиги сифатида Эрланг (эрл) қабул қилинган. 1 -Эрланг юклама деб- бир соатда битта линияни узлуксиз банд қилган юкламага айтилади.

Телефон юкломасининг асосий параметрлари:

- $n$  - юклама манбалари сони;
- $\bar{c}$  - чақириқларнинг ўртача сони, вақт бирлигида битта юклама манбасидан келаётган чақирувларнинг ўртача сони;
- $t$  - бир чақириқга хизмат кўрсатишда коммутация тизимини ўртача банд бўлиши.
- $n$  - юклама манбалари сони қўйидаги турларга бўлинади:

- $n_{xx}$  -халқ хужалиги сектори;
- $n_x$  хонадон;
- $n_T$  таксофонлар;
- $n_{ул}$  - уловчи линиялар орқали уланган корхона телефонлари.
- Демак коммутация тизимидаги умумий манбалар сонини топиш қўйидаги ифодага тенг:

$$n = n_{xx} + n_x + n_T + n_{ул}$$

### Назорат саволлари

- 1.Телефон юкланишга тушунча беринг.
2. Юкланиш ва юкланиш жадаллиги қайси ўлчов бирлигида ўлчанади?
- 3.Хизмат кўрсатилган ва келиб тушаётган юклама тўғрисида тушунтириш беринг.
4. Энг катта юкланишлар соати ҳақида тушунча беринг.
5.  $t$ ,  $t_p$ ,  $t_{зн}$ ,  $t_{но}$  ўртача банд бўлиш давомийлиги қандай ҳисобланади?.
6. Битта манбадаги ўртача энг катта юкланишлар соати қандай ҳисобланади?
7. Қайси абонент тоифаларини биласиз?
8. Бир соат давомида 5 та асбоб 15 Эрлангли юкламага хизмат кўрсата оладими?
9. Бандлик давомийлиги  $t = 3мин$  га тенг бўлганда, ўртача чақирувлар сони  $c=2$  га тенг бўлганда битта манбадан келиб тушаётган юкломани аниқланг.
- 10.Энг катта юклама соат коэффиценти 0,2 га тенг бўлганда сутка давомидаги юклама 100 Эрлангга тенг бўлганда, энг катта юклама соатидаги юкломани аниқланг.
11. РАТС ни босқичларига тушаётган ва чиқишдаги юкломани аниқланг

## 6-маъруза

**Хизмат кўрсатиш сифати. Телекоммуникация алоқа тармоқларида  
чақириққа хизмат кўрсатиш узунлиги, навбат узунлиги, ялпи хизмат  
кўрсатиш тизимида буюртмалар сони, буюртмани ялпи хизмат кўрсатиш  
тизимига келиш вақти, буюртмани йўқотиш эхтимолиги**

### Режа

- 1.Хизмат кўрсатиш тартиби
- 2.Аниқ йўқотишга эга бўлган тартиб
- 3.Шартли йўқотишга эга бўлган тартиб
- 4.Такрор чақирувли тартиб

Телетрафика назариясида келувчи чақирувлар ва хизмат кўрсатиш сифати орасида боғланиш ўрнатишнинг мумкинлиги ёки уни кутиш катталиги билан тавсифланади. Келувчи чақирувларга хизмат кўрсатишнинг икки усули, яъни икки тартиби мавжуд. Йўқотишларсиз ва йўқотишлар билан. Хизмат кўрсатишнинг йўқотишларсиз тартибида келаётган чақирувга дарҳол хизмат кўрсатқилади, агар келаётган чақирувга хизмат кўрсатилмаса ёки унга хизмат кўрсатиш рад этилса, хизмат кўрсатиш бирон бир вақтга кечиктирилса (ушланса, ушланиб қолинса) у ҳолда бундай тартиб (йўқотишлар билан хизмат кўрсатиш тартиби) дейилади.

Реал коммутацион тизимлар одатда йўқотишлар билан лойиҳаланади. Йўқотишлар икки тури мавжуд бўлиб, улар шартли ва курама йўқотишлардир. Аниқ йўқотишли хизмат кўрсатиш тартибида, коммутацион тизимга келган чақирув хизмат кўрсатишга раддия олгач тизимни тарк этади ва кейинчалик тизимга ҳеч қандай таъсир кўрсатмайди. Хизмат кўрсатишнинг бундай тартибида абонент “банд” сигналини олиб, кейинчалик боғланиш ўрнатишга бўлган уринишлардан воз кечади. Аниқ йўқотишлар билан хизмат кўрсатиш сифатини (сон жиҳатдан) баҳолаш учун қуйидаги катталиклар ҳисобланади: чақирувлар бўйича йўқотишлар –  $P_{\text{ч}}$ , юклама бўйича йўқотишлар -  $P_{\text{ю}}$ , вақт бўйича йўқотишлар –  $P_{\text{в}}$ .

1.  $(t_1 t_2)$  вақт оралиғидаги чақирувлар бўйича йўқотишлар – бу шу оралиқдаги вақтда йўқотилган чақирувлар  $C_{\text{й}}(t_1 t_2)$  сонининг айнан шу оралиқда келган  $C(t_1 t_2)$  чақирувлар сонининг нисбатига айтилади.

$$P_{\text{ч}}(t_1 t_2) =$$

2.  $(t_1 t_2)$  вақт оралиғидаги юклама бўйича йўқотишлар – бу шу оралиқдаги вақтда йўқотилган  $Y_{\text{й}}(t_1 t_2)$  юкломанинг, шу оралиқда келган  $Y(t_1 t_2)$  юкламага нисбатига айтилади.

$$P_{\text{ю}}(t_1 t_2) =$$

3.  $(t_1, t_2)$  вақт оралиғидаги вақт бўйича йўқотишлар – бу манбалар гуруҳига кириш имкони барча боғловчи йўллар банд бўлган вақт ҳиссасидир.

$$P_t = \frac{\sum \tau_i}{t_2 - t_1}$$

Агар чақирувлар, юклама ва вақт бўйича йўқотишлар ифодаларига мувофиқ равишда математик кутишлар қилса, у ҳолда чақирувлар, юклама ва вақт бўйича йўқотишлар эҳтимоллиги тўғрисида сўз юритса бўлади. Шартли йўқотишлар билан хизмат кўрсатиш тартибида коммутацион тизимга келаётган чақирувлар боғловчи линиялар мавжуд бўлмаган вақтда йўқотилмай, кутиш билан хизмат кўрсатади (кутиш билан хизмат кўрсатиш). Агар чақирувга кўп каррала такрор уринишлардан сўнг боғланиш ўрнатишга хизмат кўрсатилса унда бундай тартиб такрорлаш билан хизмат кўрсатиш тартиби дейилади. Кутиш билан хизмат кўрсатиш сифатини миқдоран баҳолаш учун куйидаги характеристикалар ҳисобланади:

- $P(\gamma > 0)$  келган чақирув учун кутиш эҳтимоллиги;
- $P(\gamma > t)$  ихтиёрий келган чақирувни  $t$  вақтдан ортиқ кутиш эҳтимоллиги;
- $P_y(\gamma > t)$  ушлаб қолинган чақирувнинг  $t$  вақтдан ортиқ кутқилиши.
- $\gamma$  Келган барча чақирувларга нисбатан кутишнинг ўртача вақти :
- $\gamma_y$  фақат ушлаб қолинган чақирувларга нисбатан кутишнинг ўртача вақти:
- $r$  навбатнинг узунлиги берилган катталиқдан ортиб кетиш эҳтимоллиги  $P(R_{tt})$ .
- $r$  навбатнинг ўртача узунлиги;

$P(\gamma > 0)$ ;  $P(\gamma > t)$  асосий характеристикаларидир.

Келаётган чақирув учун кутиш эҳтимоллиги бу  $(t_1, t_2)$  вақт оралиғида хизмат кўрсатишга ушлаб қолинган чақирувлар сонининг  $M(C_r)$  математик кутилишнинг кўрилаётган вақт оралиғида келган чақирувлар сонининг  $M(c)$  математик кутилиш нисбатига айтилади.

$$P(\gamma > 0) =$$

$t$  вақтдан ортиқ ихтиёрий келаётган чақирув учун кутиш эҳтимоллиги – бу  $t$  вақтдан ортиқ ушлаб қолинган чақирувларнинг  $M(C_y(\gamma \dots > t))$  математик

кутилишининг кўрилаётган вақт оралиғида келган чақировларнинг  $M(c)$  математик кутилишининг нисбатидир.

$$P(\gamma > t) =$$

Такроран чақировларга хизмат кўрсатиш сифатини миқдоран баҳолаш учун қуйидагилар ҳисобланади:

- 1)  $C_0$ - битта бирламчи чақировга тўғри келадиган такрор чақировларнинг ўртача сони.
  - 2)  $P$  - келган бирламчи чақировнинг йўқотилиш эҳтимоллиги;
  - 3)  $P_t$  - келган такрор бирламчи чақировнинг йўқотилиш эҳтимоллиги;
  - 4)  $P_q$  – ихтиёрий келган бирламчи чақировнинг йўқотилиш эҳтимоллиги;
  - 5)  $P_B$  – вақт бўйича чақировнинг йўқотилиш эҳтимоллиги;
  - 6)  $P_{ю}$  - юклама бўйича бирламчи чақировнинг йўқотилиш эҳтимоллиги
- Характеристика юқоридагиларга ўхшаб аниқланади.

Амалиётда аниқ ва шартли йўқотиш хизмат кўрсатишдан ташқари уларнинг турли бирикмалари ҳам учрайди. Қурама йўқотишлар билан хизмат кўрсатиш тартибида келаётган чақировларнинг бир қисми аниқ йўқотишлар билан, бошқа қисми эса шартли ёки бирон бир аломатини чеклаш бўйича хизмат кўрсатилади. Масалан, кутишда бўлган чақировлар сони чекланади ёки хизмат кўрсатишни кутишнинг боғланиш вақти чекланади (агар чақиров кутишда мумкин бўлган вақтдан ортиқ даражада бўлса, у ҳолда унга хизмат кўрсатишда рад этилади) Бошқа мисол, боғланиш ўрнатишга рад олган абонент, боғланиш ўрнатишга уринишларини такрорлайди. Бир неча такрорий чақировлардан сўнг абонент кейинги боғланиш ўрнатишдан воз кечиши мумкин (чақиров йўқолади) қурама йўқотишни хизмат кўрсатиш сифатини баҳолаш учун, аниқ йўқотиш тартиби тавсифлар ишлатилади.

Йўқотилиши хизмат кўрсатиш тартиби устуворсиз ва устуворли бўлади. Устуворли хизмат кўрсатиш тартибида келувчи чақировлар тоифаларга бўлинади ва юқорироқ тоифадаги чақировлар хизмат кўрсатишда қуйироқ тоифадаги чақировларга нисбатан бирон бир устуворликка афзалликка эга бўладилар, устуворликсиз эса, агар ҳеч қайси чақировлар бошқа чақировлар олдида хизмат кўрсатишда афзалликка эга бўлмайдилар.

Устуворлик билан хизмат кўрсатиш тартибига АТС га маҳаллий ва шаҳарлараро боғланиш ўрнатиш мисол бўла олади.

## 6. Назорат саволлари

1. Хизмат кўрсатишнинг тартибини таърифланг?
2. Аниқ йўқотишларга эга тартибни таърифланг?
3. Шартли йўқотиш тартиби бу нима?
4. Қайси параметрлар асосида хизмат кўрсатиш сифати аниқланади?
5.  $P_r(t_1-t_2)$ - қандай аниқланади?
6. Вақт бўйича йўқотишлар эҳтимоллиги қандай аниқланади?
7. Кутиш билан хизмат кўрсатишга таъриф беринг.
8.  $P(\quad)$ - нимани ифодалайди?
9. Такрор чақирувларга хизмат кўрсатиш сифати?
10. Приоритетга эга тизимларда хизмат кўрсатиш сифати

## 7-маъруза

### **Тасодифий жараёнлар назарияси тўғрисида тушунча. Марков жараёни; аниқланиш соҳаси, умумий хусусиятлари, эргодик хусусияти, Марков жараёнини асосий тавсифлари.**

#### **Режа**

1. Марков жараёни
2. Тасодифий Марков занжирлари учун теорема
3. Марков занжирини тадқиқотлаш

Тасодифий жараёнлар назарияси аввал амалиётда авиа кассалар, магазинларда хизмат кўрсатиш сифати билан характерланар эди. Бугунга келиб амалиётда оммавий хизмат кўрсатиш жараёнларини кўплаб соҳаларга тадбиқ этиш масалалари олдинга сўрилмоқда. Шу жумладан электралоқа соҳасида ҳам тасодифий жараёнлар назариясидан фойдаланиб уларда ишлатиладиган ҳар хил иловаларни ўрганиш ва тармоқни тадқиқотлашнинг автомат моделларини ишлаб чиқиш муҳум масалалардан бирига айланиб бормоқда. Ҳозирда электралоқа тармоқлари моделларини автомат тадқиқотлаш масалалари назарияси ишлаб чиқилмаган. Шу сабабли электралоқа соҳасида ушбу масалани ечиш учин олиб борилаётган тадқиқотлаш ишлари тасодифий жараёнларни тадқиқотлашга қаратилган бўлиб бунга мисол тариқасида Марков жараёнларини қўриб чиқамиз.

Марков жараёни – бу шундай жараёнки, унда келажак фақат ҳозирги ҳолатга боғлиқ бўлиб, ундан аввалгисига боғлиқ бўлмайди.

Агар тизим ҳолати

тенг бўлса, бундай тасодифий дискрет қийматлар кетма - кетлиги оддий Марков занжири(дискрет вақтли) деб аталади.

Демак дискрет кўпайивчи қийматларга эга тасодифий жараёнлар Марков узлуксиз занжирини ҳосил қилади деб ҳисоблаш, ҳамда занжирнинг жорий ҳолати, утган ҳолатларга боғлиқ булмай фақат шу жорий ҳолатга боғлиқ бўлади деб айтиш мумкин. Коммутация тизимларига тушаётган чақириқлар бошланғич тақсимланиш эҳтимоликлари ҳар бир қадами аниқ бўлса, уларни Марков занжирида бўлаётган жараёнларни сунги таъсирсиз деб аниқлаш мумкин.

Бунда  $p_{ij}$  - қийматни баъзи бир дискрет ҳолатда кўпайивчи динамик тизимлар ҳолатлари сони деб интерпритировать қиламиз. Шундан сунг занжирдаги утиш эҳтимоликлари қадами, қадам рақамига боғлиқ эмас деб ҳисоблаймиз ва бундай занжирни бир тоифали Марков занжири деб номлаймиз ҳамда уни кўйидаги

$$p_{ij} = P[X_n = j | X_{n-1} = i]$$

ифодадаги эҳтимоликлар туплами билан белгилаб аниқлаш мумкин. Бунинг учун бир тоифали Марков занжирида  $i$  - ҳолатдан,  $j$  - ҳолатга утиш эҳтимолигини  $m$  - қадамда аниқлаш мумкин.

$$P_{ij}^{(m)} = P[X_{n+m} = j | X_n = i] = \sum_k P_{ik}^{(m-1)} P_{kj}, \quad m = 2, 3, \dots$$

Демак алоқа занжирдаги ҳар бир ҳолатга, ҳоҳлаган аввалги бошқа ҳолат орқали етишилади деб ҳисоблаш мумкин ва бундай занжирни Марков утқазмас занжири деб атаймиз. Бу ерда  $p_{ii} = 1$  тенглик бажарилса  $i$  - сингдирувчанлик ҳолатида бўлади. Шу сабабли Марков занжиридаги тегишли қадамлар охириги сони бирга тенглиги учун занжирда аслига қайтиш ҳолати содир бўлади ва бундай эҳтимоликни аслига қайтиш ҳолати деб номлаймиз. Тизим бирга тенг бўлмаган ҳолатларда аслига қайтмас ҳолатга тегишли бўлади. Демак аслига қайтиш ҳолати периодик ва аперидик (таъсодифий ҳар хил муҳитлардан олиниши) бўлиб қисқа қайтиш қадамлари мавжудлигига боғлиқ бўлади.

Марков занжирининг  $f_i^{(n)}$  ҳолатига қайтишини топиш учун  $i$  - ҳолатни  $n$  - қадамдан кейин қайтиш эҳтимолиги деб қиритамиз.

Улар ўртача қадамларнинг сонини аниқлашни ёки бошқача қилиб айтганда ўртача қайтиш вақтини аниқлайди:

$$M_j = \sum_{n=1}^{\infty} n f_j^{(n)}.$$

Марков занжирида ўртача қайтиш вақти чексизликга тенг бўлса, нольга қайтиш ҳолати ва ўртача қайтиш вақти чекланган бўлса нольга қайтмас ҳолат содир бўлади ва бундай ҳолатни нольга қайтиш ва нольга қайтмас ҳолатлар деб атаймиз.

Тасодифий Марков занжирлари учун иккита муҳум теорема маълум:

**1-Теорема.** Утқазмас Марков занжирларининг ҳаммаси нольга қайтувчан ёки қайтмас бўлиб узлуксиз занжирда ҳамма ҳолатлар доимо бир хил даврга тенг.

Иккинчи теоремада эришилган эҳтимолий стационар ҳолат бошланғич тақсимланишига боғлиқ эмас, ҳамда эҳтимоликлар мос тақсимланиши стационар деб қаралади.



**2-Теорема.** Марковнинг утқазмас ва аperiodик занжирлари учун, эҳтимоликнинг бошланғич тақсимланишга боғлиқ бўлмаган доимий чегараси мавжудлиги, ҳамда Марков занжирида қўйидаги иккита имкониятлар мавжудлиги қуриб чиқилади:

А) Марков занжирдаги ҳамма ҳолатлар нольга қайтарилмас ёки қайтишли. Бунда эҳтимоликларнинг ҳамма чегаралари нольга тенг ва стационар ҳолати мавжуд эмас;

Б) Марков занжирдаги ҳамма ҳолатлар нольга қайтишли ва эҳтимоликнинг тақсимланиши стационар ҳолати мавжуд:

$$\{\pi_i\},$$

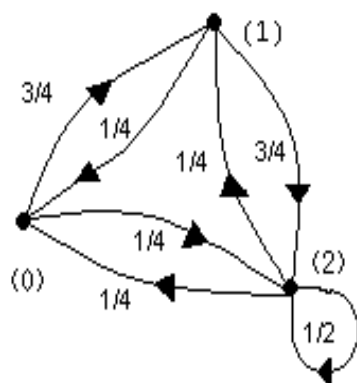
$$\pi_i = \frac{1}{M},$$

$$\pi_j = \sum_i \pi_i P_{ij}; \quad \sum_i \pi_i = 1$$

Келтирилган ифодалар занжирнинг эргодик ҳолати (доимий ўзгарувчан) дейилади, қачонки у аperiodик ва нолга қайтишли бўлса. Демак Марков занжиридаги ҳамма ҳолатлар эргодик бўлса, бундай занжирни эргодик деб аташ мумкин. Баъзида эргодик эҳтимоликнинг чегаралари Марков занжирининг тенглик ҳолати деб номланади, бунда эҳтимолик ҳолатлари тулик бошланғич тақсимланишга боғлиқ эмас.

Марков занжиридаги узилиш ҳолатлари (узилган занжир)ни, йўналтирилган графлар деб номланувчи утишлар диаграммаси кўринишида тасвирлаб анализ қилиш мумкин.

Бунда граф чуққилари ҳолатлар билан бирлаштирилади, қирралар эса утишлар эҳтимолиги билан бирлашади. Эришилган эҳтимолик ҳолатини ҳисоблаш учун тўғри ёки  $z$  – айлантириш методларидан фойдаланиш мақсадга мувофиқ келади. 7.1 - расмда йўналтирилган графли утишлар диаграммаси асосидаги Марков занжири келтирилган.



Расм. 7.1. Йўналтирилган графли утишлар диаграммаси асосидаги Марков занжири.

7.1-расмдаги йўналтирилган графли утишлар диаграммаси асосидаги Марков занжирини тадқиқотлаш учун:

- қадамдаги утишлар эҳтимолигига матрица ва вектор-қаторларини қиритамиз.

$$P = [p_{ij}] ; \quad \pi^{(n)} = [\pi_1, \pi_2, \dots]^{(n)}$$

Ҳамда ихтиёрий қадамдаги эҳтимоликлар матрицали тақсимланишига мос келади деб ҳисоблаймиз:

$$\pi^{(n)} = \pi^{(n-1)} P$$

келтирилган ифодалар ҳамма рекуррент эҳтимолик ҳолатларини ҳисоблаш имкониятини беришини эътиборга олиб Марков занжиридаги чегаравий (стационар) тақсимотни тенглама кўринишига эга деб топиш мумкин:

$$\pi_0 = p_{00}\pi_0 + p_{01}\pi_1 + p_{02}\pi_2 + \dots$$

$$\pi_1 = p_{10}\pi_0 + p_{11}\pi_1 + p_{12}\pi_2 + \dots$$

.....

$$\pi_n = p_{n0}\pi_0 + \dots$$

Бундай кўринишдаги тенгламани линиявий алгебраик тизим деб қаралади ҳамда уни ечишда занжир тугаганлигига эътибор берилади.

Бунда 7.1- расмдаги граф қирралари ва чуққиларини линиявий алгебраик тизим матрицаси сифатида оламиз

$$P = \begin{bmatrix} 0 & 3/4 & 1/4 \\ 1/4 & 0 & 3/4 \\ 1/4 & 1/4 & 1/2 \end{bmatrix}.$$

Бундай матрицали тенгламани ечишда, учлик тенгсизлик тизимидан фойдаланилади:

$$\pi_0 = 0\pi_0 + (1/4)\pi_1 + (1/4)\pi_2 ;$$

$$\pi_1 = (3/4)\pi_0 + 0\pi_1 + (1/4)\pi_2 ;$$

$$\pi_2 = (1/4)\pi_0 + (3/4)\pi_1 + (1/2)\pi_2 ;$$

Бу системадаги тенгламанинг биринчи босқич коэффициентлари иккинчи ва учинчи босқичлар бирламчи йиғиндисини тўлдириб бориши уларнинг ўзаро чизиқли боғлиқлигини белгилаб беради. Шу сабабли Марков занжири

учун тенгсизликлар ситемасини ечишда тизимга қўшимча ўзаро мувофиқлаштирувчи шарт киритилиши керак. Мисол учун:

$$\mathbf{1} = \pi_0 + \pi_1 + \pi_2.$$

хосил қилинган тенгламалар системасини ечиш натижасида, эҳтимолликнинг етишиш ҳолати утиш давридаги ечимини топиш мумкин.

$$\pi_0 = 1 / 5 = 0,20,$$

$$\pi_1 = 7 / 25 = 0,28,$$

$$\pi_2 = 13 / 25 = 0,52.$$

Марков занжирига баъзи бир  $z$ - алмаштириш натижаларни киритиш орқали қискартириш ишларини олиб бориш мумкин ва хосил бўлган эҳтимолликларни занжирнинг бир ҳолатдан иккинчи ҳолатга утиш тенгламасига қўллаш мумкин: бунда мос алмаштиришни

$$\sum_{n=1}^{\infty} \pi^{(n)} Z^n = \sum_{n=1}^{\infty} \pi^{(n-1)} PZ^n.$$

белгилаймиз ва  $\Pi(Z) = \pi^{(0)} [I - ZP]^{-1}$  ни хосил қилмамиз. Хосил қилинган ҳамма математик натижалар биртоифали Марков жараёнларига таълуқли, бунда утишлар эҳтимоллиги вақитга боғлиқ эмас. Бундай боғлиқликни умумий кенгайтирилган ҳолатлардагина қўллаш мумкин.

### Назорат саволлари

1. Марков жараёнига тушунча беринг.
2. Тасодифий Марков занжирлари учун биринчи теоремасини тушунтиринг
3. Тасодифий Марков занжирлари учун иккинчи теоремасини тушунтиринг
4. Коммутация тизимларига Марков занжирида бўлаётган жараёнларни
5. Марков занжиридаги тегишли тенглиги
6. Марков занжирини тадқиқотлаш учун графли утишлар диаграммаси келтиринг
7. Марков занжирининг тенглик ҳолати деб нима айтилади?

## 8-9-майруза

### Эрлангнинг биринчи модели. Мувозанат тизимининг тенгламалари

#### Режа

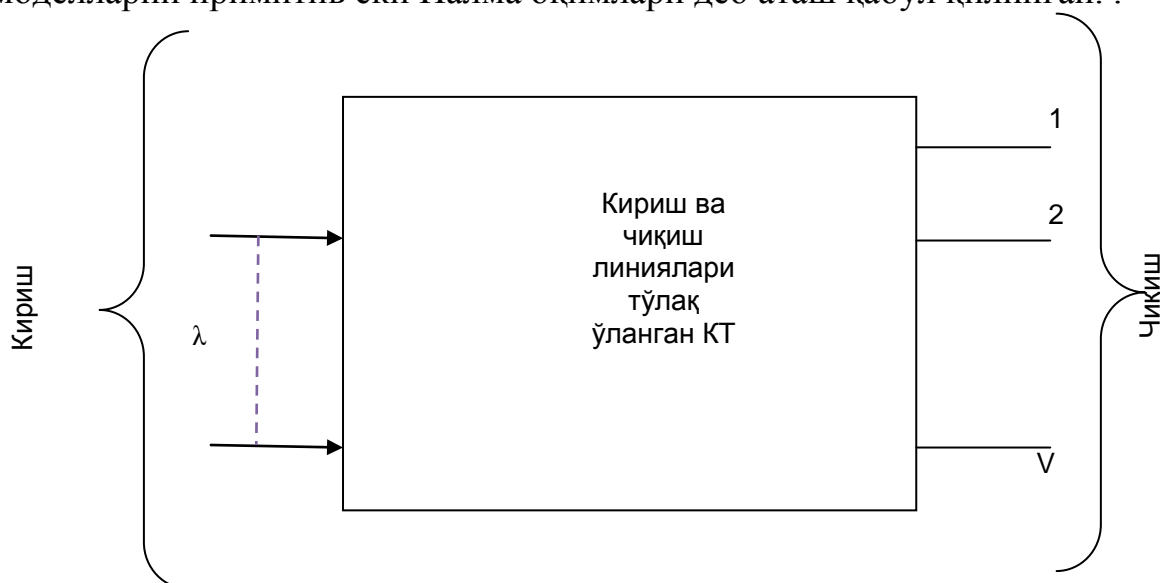
1. Эрлангнинг биринчи модели
2. Эрлангнинг биринчи формуласи
3. Мувозанат тизимининг тенгламалари

Ахборот тақсимлаш назариясига асос солган математик А.К.Эрланг ишларида баён қилинган математик моделларда статистик барқарор тўла имконли ва идеал-симметрик нотўлаимконли схемаларни ҳисоблаш ишларини бажариш мумкин. Бу формулалар ёрдамида коммутация тизимининг ўтказиш қобилиятини аналитик тарзда тавсифлаш нуқтаи назаридан энг қулайлиги учун бугунги кунда ҳам ахборотни тақсимлаш назарияси ва оммовий хизмат кўрсатиш назариясини тадқиқотлаш ишларида кенг қўлланилмоқда. Шу сабабли Эрлангнинг биринчи модели орқали КТ ишлаш жараёнларини тадқиқотлашда унинг математик моделини учта асосий:

- келаётган ахборот оқими;
- ахборот тақсимлаш тизими;
- хизмат кўрсатиш тартиби каби элементлардан ташкил топган деб тадқиқотлаш талаб этилади.

Эрлангнинг биринчи моделида хизмат кўрсатиш тизим доимо статистик барқарор ҳолатда деб ҳисоблаш, шу сабабли тизимнинг ҳамма элементлари эҳтимоллик ҳолатлари ҳам барқарор, тизимнинг эҳтимоллик характеристикалари вақтига боғлиқ эмас деб ҳисоблаш талаб этилади.

Коммутация тизимига келаётган оқимлар энг оддий ва уларнинг математик моделларни примитив ёки Палма оқимлари деб аташ қабул қилинган. .



Расм.8.1. КТ умумий кўриниши

Қараб чиқилаётган коммутацион тизимнинг структураси кириш ва чиқишга, битта коммутация нуқтасига эгадир. Шу сабабли амалиётда хизмат кўрсатиш тартиби коммутацион тизимнинг математик моделига асосланган. Масалан: Эрлангнинг биринчи моделидаги хизмат кўрсатиш тизими бир звеноли тўлиқ имконли деб ҳисоблаймиз.

8.1-расмда КТ кириш линиялари чиқиш  $V$  -линияларга тўлақ ўланган. Ҳамда тизим Чақирувга аниқ йўқотишлар тартиби бўйича хизмат кўрсатади деб ҳисоблаймиз. Ҳар бир чақирув унга хизмат кўрсатилиши учун  $\beta$  - параметрга эга экспоненциал қонун бўйича

$$F_i(t) = 1 - e^{-\beta t}$$

тақсимланган тасодифий вақтда бўш линияни банд этиши. Шунинг учун сабабли чақирувларга хизмат кўрсатиш сифатининг характеристикаларини аниқлаш учун тизимнинг эҳтимоллик ҳолатларини

- $P_i(t)$  - орқали ифодалаймиз.
- Бу ерда:  $P_i(t)$ ,  $t$ -вақтда тизимнинг  $i$  ҳолатда бўлиш эҳтимоллиги.

8.1-расмда берилган коммутацион тизим икки хил ҳолатда бўлиши мумкин. Бу тизимнинг макро ва микро ҳолатлари деб айтилади. Тизимнинг микро ҳолатини куриб чиқамиз. Фараз қиламизки коммутацион тизимнинг боғламдаги линиялари сони  $V=2$  тенг деб олмайиз, унда тўлиқ ўланган линиялар боғлами қўйидаги микро ҳолатларга эга бўлади.

- 00– бўш – бўш
- 01 – бўш – банд
- 10 - банд – бўш
- 11 – банд
- Коммутация тизимнинг макро ҳолати эса.
- 0(00) бўш
- 1(10,01) бўш – банд
- 2(11) банд.

Шундай қилиб,  $V$ - линияга эга тўлиқ ўланган линиялар боғлами микро ҳолатга ёки макро ҳолатга эга бўлиб унинг микро ҳолати ҳар доим макро ҳолатидан катта деб ҳисоблаб унинг эҳтимоллиги қийматларини Марков жараёни ёрдамида хизмат кўрсатиш сифат характеристикаларини аниқлаш мумкин. Унда тизимни фақат макро ҳолатини кўриб чиқиш етарли бўлади.

Бунинг учун  $P_i(t)$  эҳтимоликни  $P_i(t) \quad i = 0, 1, \dots, V$

тенг деб, куриб чиқаётган оқимимиз энг оддий чақирув оқими бўлганлиги сабабли у ординар оқим ҳамда озод бўлиш оқими хусусиятларига эга. Ординар оқим бу -вақт ичида икки ва ундан ортиқ воқеаларнинг юз бериш эҳтимоллиги чексиз кичик катталиқдир. Демак икки ва ундан ортиқ линияларнинг бўшаш эҳтимоли ҳам чексиз кичик қийматга эга ва коммутацион тизимнинг ҳолатини тавсифлашда қўйидаги ифодадан фойдаланамиз:

- Бунда

$$P_i(t + \tau) = \sum_{j=0}^{\infty} P_j(t) \cdot P_{ji}(\tau)$$

$$0(\tau) = P_{i-1}(t) \cdot P_{i-1}(\tau) + P_i(t) \cdot P_{ii}(\tau) + P_{i+1}(t) \cdot P_{i+1,i}(\tau) + P_{i-1,i}(\tau) = \\ = \lambda\tau + 0(\tau)$$

$$P_{i+1,i}(\tau) = (i+1)\beta\tau + 0(\tau)$$

$$P_{i,i}(\tau) = [(1 - \lambda\tau) + 0(\tau)][(1 - i\beta\tau + 0(\tau))] = \\ = 1 - (\lambda + i\beta)\tau + 0(\tau)$$

ундан

$$P_i(t + \tau) = \lambda\tau \cdot P_{i-1}(t) + (1 - (\lambda + i\beta)\tau) \cdot P_i(t) + (i+1)\beta\tau \cdot P_{i+1}(t) + 0(\tau)$$

$$\frac{P_i(t + \tau) - P_i(t)}{\tau} = \lambda P_{i-1}(t) - (\lambda + i\beta) \cdot P_i(t) + (i+1)\beta \cdot P_{i+1} + \frac{0(\tau)}{\tau}$$

$$\lim_{\tau \rightarrow 0} \frac{P_i(t + \tau) - P_i(t)}{\tau} = P_i'(t) = \lambda P_{i-1}(t) - (\lambda + i\beta) \cdot P_i(t) + (i+1)\beta \cdot P_{i+1}$$

ифода хосил бўлади, Эрланг математик маделида  $t \rightarrow \infty$  бўлганда  $P_i(t)$  -катталиқ  $t$  -вақтга боғлиқ бўлмаслигини исботлайди ва қуйидаги ифодага тенг:

$$P_i'(t) = P_i$$

Коммутация тизимида бундай режимни ўрнатилган режим деб атаймиз, бундай режим учун қуйидаги муносабатлар ҳақлидир:

Бу тенглама системасининг ечими нормировка шартини инобатга олган ҳолда топилиши мумкин:

Бу тенглама системасининг ечими нормировка шартини инобатга олган ҳолда топилиши мумкин:

$$\sum_{i=0}^{\nu} P_i = 1 \quad P_1 = \frac{\lambda}{\beta} P_0$$

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{i=0}^{\nu} \frac{(\lambda/\beta)^i}{i!}} \quad \beta = \frac{1}{t}; \quad \frac{\lambda}{\beta} = \lambda \bar{t} = y$$

$$P_i = \frac{\frac{(\lambda/\beta)^i}{i!}}{\sum_{j=0}^{\nu} \left( \frac{(\lambda/\beta)^j}{j!} \right)} = \frac{\frac{y^i}{i!}}{\sum_{j=0}^{\nu} \left( \frac{y^j}{j!} \right)}$$

бу формулалар Эрлангнинг биринчи тақсимот деб аталади.

- Эрлангнинг биринчи формуласи

$$P = \frac{\frac{y^{\nu}}{\nu!}}{\sum_{j=0}^{\nu} \frac{y^j}{j!}}$$

Амалий ҳисоблашларни енгиллаштириш учун Эрланг формуласи жадвал кўринишига келтирилган ва бу жадвал Пальма жадвали дейилади. Кўп ҳолларда Эрланг тақсимотини Эрлангнинг биринчи формуласи деб ҳисоблашлар олиб борилади ва бу ифода куйидаги кўринишни эгаллайди.

$$P_i = E_{\nu,i}(y) = \frac{\frac{y^{\nu}}{\nu!}}{\sum_{j=0}^{\nu} \frac{y^j}{j!}}$$

## Назорат саволлари

1. Қандай чақириқлар оқими энг оддий дейилади?
2. Тўлиқ имконли линиялар боғламига аниқланма беринг.
3. Келаётган чақириқга хизмат кўрсатиш тартибига характеристика беринг.
4. Аниқ йўқотишлар билан хизмат кўрсатиш сифатига миқдорий баҳо бериш учун қандай кўрсаткичлардан фойдаланилади?
5. Коммутацион тизимнинг ўтказиш қобилияти деганда нима тушунилади?
6. Коммутацион тизимнинг ўтказиш қобилияти қайси параметрларга боғлиқ?
7. Вақт бўйича  $P_t$ , чақириқлар бўйича  $P_q$  ва юклама бўйича  $P_{\Sigma}$  йўқотишлар эҳтимолликларига аниқланма беринг.
8.  $E_{i,v}(y), E_v(y)$  тақсимотлар нимани билдиради?



## 10-майруза

### Энгсет модели. Эрланг ва Энгсет моделларини солиштириш тавсифи

#### Режа

1. Энгсет модели
2. Энгсет таксимоти
3. Эрланг ва Энгсет моделларини солиштириш

Оммавий хизмат кўрсатиш тизимларига тушаётган чақирик оқимлари тавсифлари ўзгарувчан, чунки тизимга келиб тушган чақириқдан сунг тизимга албатта навбатдаги чақирик оқими келиб тушади ва ҳар иккала чақириқга ҳам тизимида хизмат кўрсатиш кераклигини эътиборга олинади. Чунки оммавий хизмат кўрсатиш тизимларига тушаётган примитив оқимга хизмат кўрсатишда  $n$ -дан ортиқ боғловчи қурилмалар талаб қилинмайди. Ахборот таксимланиши кам бўлган тизимларда, юкламани хосил қилувчи қурилмалар сони кам шу сабабли битта қурилма хосил қилган юкламани чақириқлар оқими деб, уни умумий юклама йиғиндиси билан тенглаштирамиз. У ҳолда чақириқлар оқимининг йиғиндиси қурилмалар сонига  $\{x\}$  га хизмат кўрсатувчи тизим ҳолатига боғлиқ бўлади.

$$(x = 0, 1, \dots, V)$$

Тизимга тушаётган бундай оқим примитив ва оддий сунг таъсирли оқим ҳисоблангани учун

$$\lambda_0 \neq \lambda_1 \neq \lambda_2 \dots \neq \lambda_v.$$

Бундай йўқатиш эҳтимолликларни ҳисоблаш учун Энгсет моделидан фойдаланиш ҳақиқатга яқинироқ бўлади. Мисол учун тушаётган чақирик оқимлари параметри қурилманинг  $V$ -чиқиш канали бандлиги буш қурилмалар сонига пропорционал.

$$\lambda_i = (n-i)\alpha, \quad 0 < i < V,$$

- Бу ерда:  $n$  - чақируқ манбалари умумий сони;
- - бўш манбадан тушадиган узлуксиз чақирув оқими;
- $i$ - манбаларнинг бандлик эҳтимоллиги;
- -экспоненциаль таксимланиш параметрига эга бандлик вақти;

$V$ -линиялар буш бўлганда ҳар бир чақириқга хизмат кўрсатади;

-ҳисоблашда дастлабки маълумот сифатида тушаётган юклама қаралади;

-тизим доимо стационар ҳолатдалиги эътиборга олинади.

Оммавий хизмат кўрсатиш тизимларига тушаётган чақирик оқимларини телефон чақирувлари хосил қилади деб ҳисоблаб: Уни

$$\lambda = \sum_{i=0}^n \lambda_i P_i$$

ифода орқали белгилаймиз. Бу ерда  $P_i$  - тизимдаги

- $i$ - манбаларнинг бандлик эҳтимоллиги.
- Мисол учун бир звеноли КТ киришига  $\lambda_i$  -параметрга эга примитив оқим тушаётган бўлсин.

#### Расм. 10.1. Бир звеноли КТ схемаси

Бу бир звеноли КТда бўлганда, КТ чиқишига тулиқ имкониятли  $V$  - линияли алоқа линиялари боғлами уланган. Бундай тизимда чақирувларга аниқ йўқотишлар тартиби билан хизмат кўрсатилади. Чақирувларга хизмат кўрсатиш вақти тасодифий катталиқ бўлиб параметрга эга экспотенциал қонун бўйича тақсимланган. Чақирувларга хизмат кўрсатиш характеристикаларини аниқлаш талаб қилинган бўлса. Ушбу чақириклар оқимларини ҳисоблашда Энгсет моделидан фойдаланиш мумкин. Энгсет моделига кура тизимнинг мумкин бўлган ҳолатлари деган атамани киритамиз ва коммутация тизимининг мумкин бўлган ҳолатлари диаграммасини тузиш мумкин. Тизимнинг ҳолати деганда, чақириклар банд қилган линиялар сони тушунилади ва унга асосан чақирикларнинг коммутация нўқтасидан ўтиш диаграммаси 10.2-расмдаги кўринишга эга бўлади.

10.2-расм. Чақирикларнинг коммутация ҳоатининг ўтиш диаграммаси

Диаграммадаги ўтиш ҳолатларини қўйидаги ифодалар орқали белгилаймиз.

$$\begin{cases} \lambda_0 P_0 + P_1 = 0 \\ \lambda_{i-1} P_{i-1} - (\lambda i + i) P_i + (i + 1) P_{i+1} = 0 \\ \lambda_{v-1} P_{v-1} - V P_v = 0 \end{cases}$$

Келтирилган ифодалардан Энгсет тақсимотини келтириб чиқариш мақсадида уларни соддалаштирамиз.

$$P_i = \frac{\lambda_0 \cdot \lambda_1 \dots \lambda_{i-1}}{i!} \cdot P_0 = \frac{n \cdot \alpha (n-1) \alpha \dots [n-(i-1)] \alpha}{i! n} \cdot P_0 = C_n^i \alpha^i \cdot P_0$$

$$C_n^i = \frac{n(-1) \dots (n-i+1)}{i!} = \frac{n!}{i!(n-i)!} \Rightarrow C_{10}^2 = \frac{10!}{2!(10-2)!} = 45$$

$$\sum_{i=0} P_i = 1$$

$$\sum_{i=0}^v C_n^i \alpha^i P_0 = 1$$

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{i=0}^v C_n^i \alpha^i}$$

Соддалаштириш натижасида

$$P_i = \frac{C_n^i \alpha^i}{\sum_{i=0}^v C_n^i \alpha^i}$$

Энгсет тақсимоти ҳосил қилинади. Ҳосил қилинган тақсимотга кўра энг оддий оқимни Примитив оқимнинг хусусий ҳоли деб қараш мумкин, ҳамда

$$\lambda = const$$

Энгсет тақсимоти формуласини Эрланг формуласига нисбатан умумийроқ бўлишига эътибор бериб Энгсет формуласидан Эрланг формуласини келтириб чиқариш мумкин. Бундай ҳолда Энгсет тақсимоти формуласини барча бўш манбалар учун деб оламиз.

Амалий ҳисоблар учун битта манбадан келаётган оқим параметри  $\lambda$  -ни эмас, балки битта манбадан келаётган юкламани қўллаш мақсадга мувофиқдир. Ҳамда битта манбадан келаётган юкламани  $a$  деб белгилаймиз. У ҳолда

$$0 \leq a \leq 1$$

Эрланг модели ифода орқали ҳисобланади.

$$P_u = E_u(i, \gamma) = \frac{\gamma^m}{\sum_{k=0}^v \frac{\gamma^k}{k!}}$$

Энгсет модели эса ифода орқали ҳисобланади.

$$P_x = E_n(n, a_1) = \frac{C_i^n a_1^n}{\sum_{i=0}^n C_n^i a_1^i}$$

### Назорат саволлари

1. Сони чекланган манбалардан келаётган оқим қайси чақириқлар оқими синфига киради?
2. Сони чекланган манбалардан келаётган оқим энг оддий чақириқлар оқимидан нима билан фарқланади?
3. Битта бўш манбадан келаётган чақириқлар оқимининг параметри билан битта бўш манбадан келаётган чақириқлар оқими интенсивлиги ўртасида қандай муносабат бажарилади?
4.  $P_v$ ,  $P_t$ ,  $P_c$ ,  $P_{\gamma}$  эҳтимолликларини аниқлаш учун Энгсет формулалари қандай олинганлигини тушунтиринг.
5. Сони чекланган манбалардан келаётган оқимга хизмат кўрсатаётган Тўлиқ имконли боғламда  $P_v$ ,  $P_t$ ,  $P_c$ ,  $P_{\gamma}$  эҳтимолликлари ўртасида қандай муносабатлар мавжуд?

11-майруза

## Эрлангнинг иккинчи модели

### Режа

1. Тизимнинг ҳолати
2. Тенгламалар системаси
3. Эрлангнинг иккинчи формуласи

Тўлиқимконли коммутация тизими (ТИТ)  $\mu$ - параметрга эга энг оддий чақирувлар оқими келмоқда деб фараз қилайлик. У ҳолда тизимдаги линиялар боғлами сифими  $V$ - линиядан иборат бўлиб тизимда чақириқга икки хил усулда хизмат кўрсатиш мумкин.

1. Агар тизимга чақирув келган бўлса ҳамда буш линия мавжуд бўлса, у ҳолда тизимда чақирувга дархол хизмат кўрсатилади ва бу хизмат кўрсатиш вақти кўрсаткичли қонун бўйича тақсимланган тасодифий миқдорга эга.

$$F(t) = 1 - e^{-\mu t}$$

2. Агар чақирув келган вақтда тизимдаги барча линиялар банд бўлса, унда чақирув навбатга қўйилади. Навбатда турган чақирувга хизмат кўрсатиш чақирувнинг келиш тартибига биноан амалга оширилади. (1-келди, 1-хизмат кўтрсатилади).

Бундай хизмат кўрсатиш тартибига эга тизимнинг ҳолатини  $i$ - орқали белгилаймиз. Тизимнинг  $i$ -ҳолати деганда, хизмат кўрсатилаётган чақирувлар сони ва кутишда турган чақирувлар сони тушунилади.

Бунда:

$i < V$  бўлса, барча чақирувларга дархол хизмат кўрсатилади;

$i > V$  бўлганда, боғламдаги барча линиялар банд;

$r - i - V$  бўлганда, тизимда чақирувлар кутишга қуйилади. Бу ерда  $r$  – навбат узунлиги.

Тулиқ имконли тизимда ҳам тизим ҳолатининг ўзгариши Марков жараёнига асосланади. Шунинг учун тизим ҳолати эҳтимоллигини аниқлашда Марковнинг ўтиш диаграммасидан фойдаланиш мумкин.

ўтиш диаграммасидаги тизим ҳолатларини қуйидаги кўринишда ифодалаш

$$\begin{aligned} -\lambda P_0 + \beta P_1 &= 0 \\ \lambda P_0 - (\lambda + \beta)P_1 + 2\beta P_2 &= 0 \\ &\vdots \\ &\vdots \\ &\vdots \\ \lambda P_{i-1} - (\lambda + V\beta)P_V - V\beta P_{V+1} &= 0 \end{aligned}$$

ва ўтиш диаграммасидаги юкламани оқим параметри орқали ифодалаш мумкин.  
У ҳолда

$$\bar{t} = \frac{1}{\beta}$$

$$y = \lambda \bar{t} = \frac{\lambda}{\beta}$$

ифодаларни тенгламалар системаси деб аниқлаш мумкин.

1. Агар чақирувга хизмат кўрсатиш сифат характеристикасини аниқлаш керак бўлса, уни Эрлангнинг иккинчи формуласидан фойдаланиш:

$$P(\gamma > 0) = \sum_{i=v}^m P_i = \frac{E_v(y)}{1 - \frac{y}{v}(1 - E_v(y))} = P_t$$

Келтирилган ифодани Эрлангнинг иккинчи модели деб ҳисоблаш қабул қилинган

### Назорат саволлари

1. Кутишга эга тизимда чақирикларга хизмат кўрсатиш сифатини миқдорий баҳолаш учун қандай характеристикалар қўлланилади?

2. Коммутацион тизимнинг ўтказиш қобилияти қайси параметрларга боғлиқ?

3. Банд этиш давомийлиги кўрсаткичли тақсимотда қайси формулалар бўйича қуйидагилар аниқланади:

-  $i = 0, 1$  ... банд бўлган линиялар тўлиқ имконли боғламанинг ҳолат эҳтимоллиги -  $P_i, P_v$ ?

- вақт бўйича йўқотишлар эҳтимоллиги  $P_t = P(\gamma > 0)$ ?

- кутиш вақтининг тақсимооти функцияси -  $P(\gamma > t)$ ?

4. Эрлангнинг иккинчи формуласи ишлаб чиқилганда қандай чегаралаш киритилган ва нима сабабдан?

5.  $P(\gamma > 0), P(\gamma > \bar{t}), \gamma, \gamma_y$  - линиялар доимий банд бўлганда қандай аниқланади?

## 12-майруза

### Коммутацион тизимларни тахлили ва оптимизацияси. Энг оддий коммутациони тизими тўғрисида тушунча КТ асосий тавсифи.

#### Режа

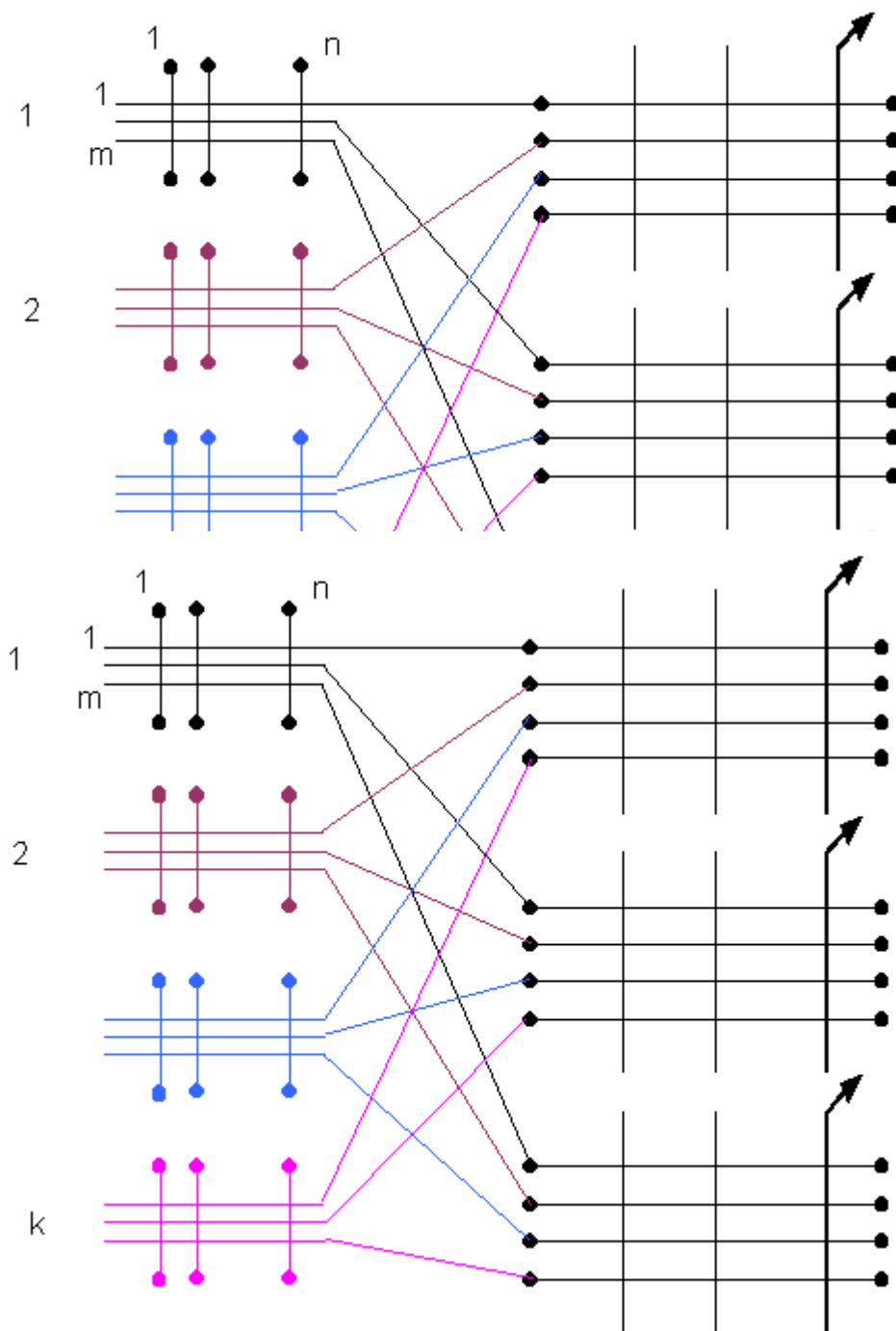
1. Бир звеноли коммутация блокини тушунчаси
2. Икки звеноли коммутация тизими
3. Звеноли схемаларини ҳисоблаш услублари

Энг оддий коммутацион тизимларга бир ёки икки звеноли КБлар мисол қилиш мумкин. Бундай КБлар кириш ва чиқиш линияларини ҳар бир кириши, ҳар бир ихтиёрий чиқишга улана олиши ёки улана олмаслиги учун улардаги коммутация нўқталари коммутацион тизимнинг асосий тавсифини белгилаб беради. 12.1-расмда бир звеноли КБ келтирилган бўлиб унинг параметр  $C = n \times m$  га тенг.

#### Расм.12.1. Бир звеноли КБ

Бир звеноли схемаларнинг чиқишларини бир гуруҳга бирлаштириш мумкин ва йўналишлар ҳосил қилинади. Агар бир звеноли схемада  $n \leq m$  шарт бажарилса бундай схема блокировкасиз, тескари шарт бажарилса блокировкали схема деб ҳисобланади. Одатда коммутация тизимлари схемалари звеноли усулда қурилганлиги учун коммутация тизимларини оптимизациялаш ва тахлиллашда уларни икки звеноли деб ҳисоблаймиз. Чунки замонавий коммутация тизимларида икки хил фазовий ва вақтли коммутаторли схемалар ёрдамида қурилган. Фазовий коммутатор реал коммутация матричасига асосланган электрон ключлардан, вақтли коммутатор эса вақтли мультиплексирланган ва демультиплексирланган кириш ва чиқиш каналларидан ташкил топган.

Икки звеноли схемада кириш ва чиқишни боғлаш учун орлик линия ва икки нуқтали коммутация қилиш усули амалга оширилади, бундай орлик линия (ОЛ) ва чиқиш нуқтасидан иборат бўлган иккита звенога эга бўлади. Ҳар бир боғловчи йўл схемада орлик линияларнинг тартибланган тўплами билан берилиши мумкин. Агар боғловчи йўлни ташкил этувчи барча орлик линиялар ва чиқиш бўш бўлса, унда бу йўл ҳам бўш бўлади. Агар, ҳеч бўлмаса, орлик линиялардан бири ёки чиқиш банд бўлса, у ҳолда боғловчи йўл ҳам банд ҳисобланганлиги учун ҳозирги кунга келиб звеноли схемаларда йўқотишлар эҳтимоллигини аниқлаш методлари мавжуд эмаслиги сабабли тақрибий ҳисоблаш усуллари: Комбинатор,эффетив имконийлик ва графлар услублари ишлатилган.



Расм.12.2. Икки звеноли коммутация тизими



12.2-расмда келтирилган икки звеноли коммутация тизимини оптимизациялаш ва тахлиллашда Якобеуснинг комбинатор услубдан фойдаланамиз ва у қўйидаги ифодага тенг:

12.2-расмда келтирилган бир боғланишли икки звеноли схема ёрдамида кўриб чиқамиз. Бунда агар чақирув биринчи коммутаторнинг белгиланган киришига келган деб ҳисобласак, ва бунда мазкур коммутаторнинг чиқишларига уланган  $m$  тадан  $i$  та оралик линия банд бўлса, у ҳолда киришни талаб қилинаётган йўналишлардаги бирор бир чиқишига улаш учун, фақат қолган  $m-i$  оралик линияладан фойдаланиш мумкин. Агар талаб қилинаётган йўналишдаги шу  $m-i$  линияларга мос линиялар ҳам банд бўлса, у ҳолда йўқотишлар юз беради. Бу тасдиқ  $0 \leq i \leq m$  ораликда ётувчи ихтиёрий  $i$  учун ва икки ҳолдаги бандликни қамраб олади.

Барча оралик линиялар ( $m=i$ ) ва йўналишдаги барча чиқишлар ( $i=0$ ) келган чақирув бўш чиқишни талаб қилади ва бу чиқиш  $q=1$  ҳолатда деб фараз қиламиз. Бу йўналишдаги йўқотишлар эҳтимолини аниқлаш лозим бўлса.  $W_i$  орқали  $m$  умуй сондаги оралик линиялар бандлиги эҳтимоллиги, деб оламиз  $H_{m-i}$  орқали эса  $m-i$  қайдланган чиқишларнинг бандлик эҳтимоллигини белгилаймиз. Бу ҳолда йўқотишлар эҳтимолини қуйидаги формула орқали аниқлаш мумкин:

$$P = W_0 H_{m-1} + W_1 H_{m-1} + W_2 H_{m-2} + \dots + W_m H_0 = \sum_{l=0}^m W_l H_{m-l}$$

Ушбу формула қуйидаги фаразларда ўринлидир:

1.  $W_i$  ва  $H_{m-i}$  қийматлар ўзаро боғлиқ эмас.

2. Оралик линиялар ва чиқишлар тасодифий ҳолда банд этилган.

Комбинаторли метод қуйидаги тақсимотлардан фойдаланишни кўзда тутди:

- Эрланг тақсимоти;
- Бернулли тақсимоти.

Комбинаторли метод учун Эрланг тақсимотидан фойдаланилганда боғламга тушаётган  $Y$ -эрл юклама жадаллигида  $m$ - боғламдан ихтиёрий  $i$ -та оралик линияларнинг банд бўлиш эҳтимоли қуйидаги формуладан ҳисобланади:

$$E_{i,m}(y) = W_i = \frac{Y^i}{\sum_{j=0}^m \frac{y^j}{j!}} .$$

Ҳамда у орқали  $m$  –боғламдаги қурилмалардан  $m-i$  қайдланган оралиқ линиялар қурилмаларининг банд бўлиш эҳтимолини топиш мумкин:

$$H_{m-i,m}(y) = H_{m-i} = \frac{E_m(y)}{E_i(y)}$$

Бу ерда  $E_m(y)$  қурилмалардан иборат боғламда  $Y$ - (эрл) юклама жадаллигида гулиқ имконли схемадаги  $m$  - боғланишли қурилмалардаги йўқотишларни топишда қуйидаги ифодадан фойдаланамиз:

$$E_m(y) = \frac{Y^m}{\sum_{j=0}^m \frac{y^j}{j!}}$$

### Назорат саволлари

1. Бир звеноли коммутация блоқи нима?
2. Икки звеноли коммутация тизими тушунчасини беринг
3. Қандай ссхемалар икки звеноли схемалар дейилади?
4. Қуп звеноли сссхемаларни параметрлари ?
5. Имконийлик деб нимага айтамыз?
6. Йуналиш нимани билдиради?
7. Икки звеноли схемаларда йукотишлар?
8. Икки звеноли схемаларнинг уутказувчалигини ошириш усслуублари?
9. Эрланг ва Бернулли таксимотини тушунтириб берин.
10.  $W_i$  ва  $H_{m-i}$  нимани ифодалайди?

## 13-маъруза

### Кўпзвеноли схемаларни ҳисоблашда Якобеуснинг комбинатор услуги

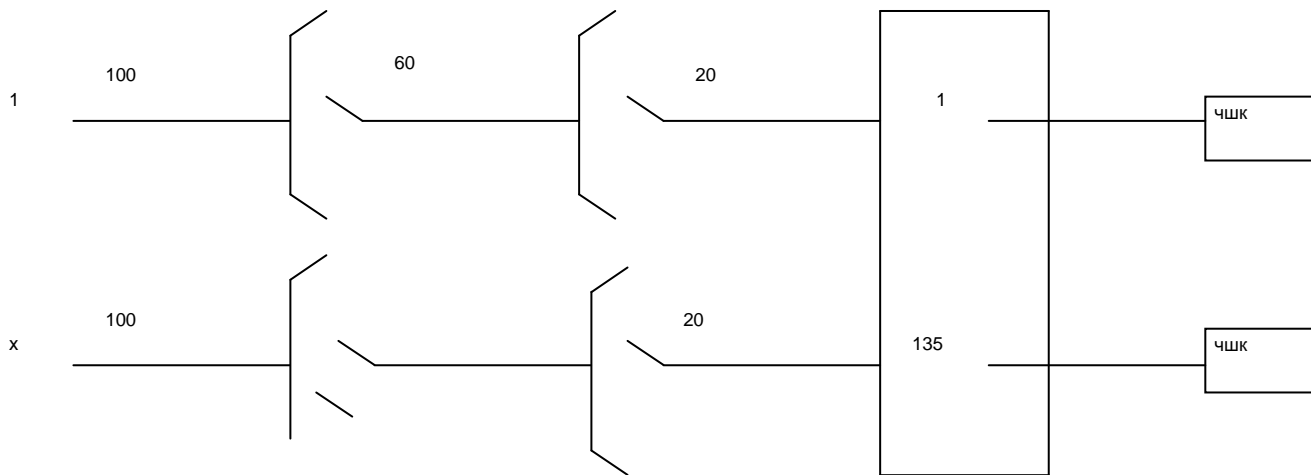
#### Режа

1. Кўп звеноли коммутация майдони
2. Якобеуснинг комбинатор методи
3. Кўп звеноли схемаларни ҳисоблаш услуги

Катта сифимли коммутация майдонини коммутаторлар асосида кўриш натижасида коммутация қурилмаларининг сонининг кескин ошиб кетиши кузатилади. Шу сабабли кўп сонли коммутатор-ларни блоklarга ажратиб кўп звеноли коммутация майдонлари қурилади, бунда а,б ва с звеноларни ўзаро улашда оралиқ линиялардан фойдаланилади. Кўп звеноли коммутация майдони 13.1-расмда келтирилган.

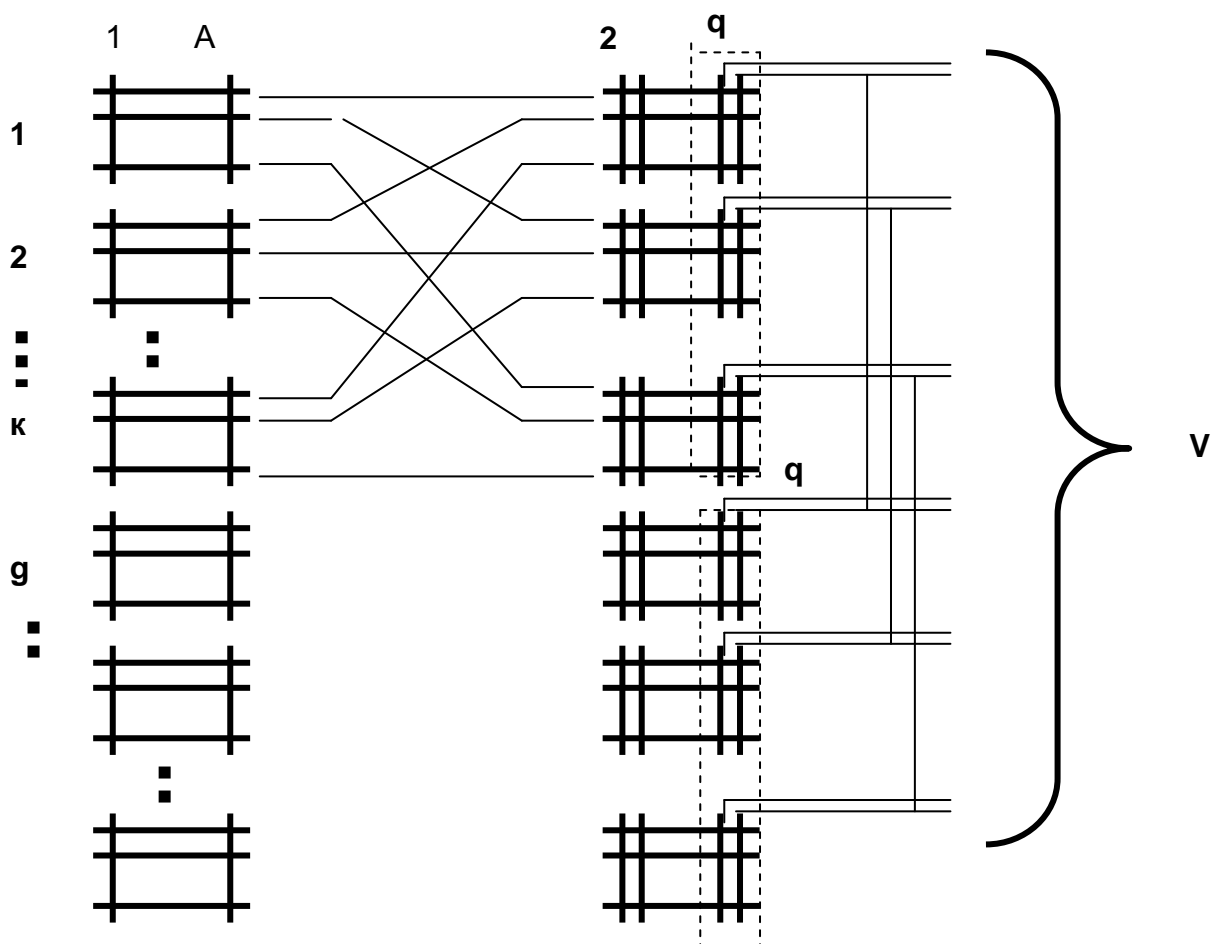
Расм.13.1.Кўп звеноли коммутация майдони.

Кўп звеноли КМ тахлиллашда АИ босқичи мисолида кўриб чиқамиз. Бунда АИ босқичи қуйидаги параметга эга : 100x60x20, АИ босқичи 13.2-расмда келтирилган.



Расм.13.2. АИ босқичини икки звеноли схема кўринишида

13.2-расмдаги АИ босқичини икки звеноли схема кўринишида деб ҳисоблаймиз ва 13.3-расмдаги куринишга эга деб ҳисоблаш ишларини олиб борамиз.



Расм.13.3. АИ босқичини икки звеноли схемаси

Ушшбу схема  $g$  -икки звеноли схемалардан иборат. Агар ҳар бир блокдан чиқишлар  $mq$ они га тенг бўлиб, бундай блоklar сони эса  $g$  -га тенг, унда барча блоklarдан чиқишларнинг умумий сони  ~~$gmq$~~  бўлади, кейинги излаш босқичининг асбобларига улаш учун зарур  $V$ -бўлган чиқишлар сонини параллеллаш усули билан ҳосил қиламиз.

- Бу ҳолда қуйидаги тенгсизлик мавжуд:

$$mq < V < gmq$$

- $V$  -чиқишлардан кейинги излаш босқичига ихтиёрий излаш босқичининг ихтиёрий киришига фақат чиқишлар~~ни~~фойдаланиши мумкин.

Бундай схемалар параметрларини ҳисоблашда иккита усулдан фойдаланамиз. Буларга:

- 1.Якобеуснинг комбинатор усули (О”Делл ғоясига асосланган);
- 2.Эффектив имконийлик усули.

### Якобеуснинг комбинатор методи

Бу метод О”Деллнинг ғоясига асосланган. Маълумки О”Делл услуги ишлатилганда линиялар сони қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$V = d + \frac{Y_0 - Y_d}{\sqrt{P}}$$

Бу формулага асосан  $P$  йўқотишларга эга  $d$  имконийликда келаётган  $Y$  юклама интенсивлигига хизмат кўрсатувчи  $V$  боғламдаги бир звеноли нотўлиқ имконли схема. Бир звеноли схемага уланган ҳар бир боғловчи қурилма билан хизмат кўрсатилаётган юкламанинг ўртача жадаллиги  $Y_d/d$  минимал қиймат эга ( $Y_d$  формула асосида  $P = E_d(Y_d)$  аниқланади) ва максимал қиймат  $\sqrt{P} = Y'$  оралиғида ётади деб қабул қилинади, у ҳолда формула қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$V = d + \frac{Y_0 - Y_d}{Y'_{\max}}$$

Икки звеноли схемалар учун

1)  $d = mq$  ёки  $V = d$ , ушбу ҳолда  $P$  йўқотишларда нотўла имконли схема тўла имконли схемага айланади, юкламани  $Y_d$  га тенг деб олиб, Эрлангнинг 1-формуласидан топиш мумкин:  $Y_d = Y_{mq}$ .

2)  $Y'_{\max} = C_{\max}$  -бу чиқишнинг максимал ўтказиш қобилияти.

Шунинг учун икки звеноли НТИ схема учун:

$$V = mq + \frac{Y - Y_{mq}}{C_{\max}}$$

$Y_{mq}$  нинг қиймати ТИ икки звеноли схема ҳоли учун мос формула бўйича аниқланади, бунда сиқиш ва кенгайтириш мавжуд бўлмаган ҳол, оралиқ линиялар учун Беринулли тақсимоти чиқишлар учун Эрланг тақсимоти қабул қилинади, унда  $Y_{mq}$  қуйидагича аниқланади:

$$P = \frac{E_{mq}(Y_{mq})}{E_{mq}(Y_{mq}/b^f)}$$

Икки звеноли НТИ чиқишларнинг сони  $V$  жуда катта бўлган ҳолда ўртача ўтказиш қобилияти ўзининг максимал қийматига ега бўлади. Бу ҳолда схемани ҳисоблаганда оралиқ линиялар учун ҳам, чиқишлар учун ҳам Беринулли тақсимотини қабул қилиш керак. Унда  $C_{\max}$  қуйидаги муносабатдан аниқланади:

$$P = (b^f + c_{\max}^q - b^f c_{\max}^q)^m$$

Демак О'Делл ғоясига мувофиқ  $V$  чиқишларга эга икки звеноли НТИ схеманинг ҳар бир  $mq$  чиқишлари хизмат кўрсатилган юкланишнинг ўртача интенсивлигига  $Y_{mq}/mq$  га тенг бўлади. Қолган  $V - mq$  чиқишларнинг ҳар бири ўрта ҳисобда  $C_{\max}$  юкламани ўтказди. Бу ердан:

$$V = mq + \frac{Y - Y_{mq}}{C_{\max}}$$

Ушбу формула зичлаштириш мавжуд схемаларда ва бир босқичли излашда ишлатилиши мумкин.

Агар  $n > m$ , икки босқичли излашда:

$$V = mq + \frac{Y - Y_{mq}}{C_{\max}}$$

$$P = mq + \frac{E_{mq}(Y_{mq})}{E_{mq}(Y_{mq}/b^f)}$$

$$P = b^m + (b^f + c_{\max}^q - b^f c_{\max}^q)^{mq}$$

$$C_{\max} = \sqrt[q]{\frac{\sqrt[mq]{P - b^m} - b^f}{1 - b^f}}$$

Агар  $n < m$  бўлса

$$V = mq + \frac{Y - Y_{mq}}{C_{\max}}$$

$$P = \frac{E_{mq}(Y_{mq})}{E_{nq}(Y_{nq}/a^f)} \rightarrow Y_{mq}$$

$$P = c_{\max}^{(m-n)q} (a^f + c_{\max}^q - a^f c_{\max}^q)^m \rightarrow c_{\max}$$

Мисол: зичлаштириш мавжуд бўлган схема берилган унинг параметри тенг 100х60х20

|  |  |
|--|--|
| $g = 1$<br>$Y_{\text{чик}} = 60 \text{ эрл}$<br>$Y_{\text{кир}} = 50 \text{ эрл}$<br>$P = 3\%$<br><hr/> $V_{\text{чик}} = ?$ | $b = \frac{Y_{\text{чик}} - Y_{\text{кир}}}{V_{\text{нл}}} = \frac{110}{60 \cdot 10} = 0,2 \text{ эрл}$ $0,03 = 0,2^6 + \frac{E_{20}(Y_{mq})}{E_{20}(Y_{mq}/0.2)}$ $Y_{mq} = 13.2 \text{ эрл}$ $C_{\max} = \sqrt[3.33]{\frac{\sqrt[20]{0.003 - 0.2^6} - 0.2}{1 - 0.2}} = 0.65 \text{ эрл}$ $V = mq + \frac{Y - Y_{mq}}{C_{\max}} = 20 + \frac{60 - 13.2}{0.65} = 83$ |
|--|--|

Мисол: 40х40х200 кенгайтириш ва зичлаштириш мавжуд бўлмаган схема.

|  |   |  |
|--|---|--|
| $g = 5$<br>$Y_{\text{кир}} = 100 \text{ эрл}$<br>$Y_{\text{чик}} = 30 \text{ эрл}$<br>$D = 20$<br>$P = 5\%$<br><hr/> $V = ?$ | $0.005 = \frac{E_{20}(Y_{mq})}{E_{20}(Y_{mq}/0.5)}$ $C_{\max} = \frac{\sqrt[20]{0.005} - 0.5}{1 - 0.5} = 0.56 \text{ эрл}$ $V = 20 + \frac{30 - 11.2}{0.56} = 45 \text{ лин}$ | $Y_{mq} = 11.2 \text{ эрл}$<br>$C_{\max} = \frac{\sqrt[20]{P} - b}{1 - b}$ |
|--|---|--|

Кенгайтириш мавжуд бўлган схема берилган бўлиб унинг параметри 60х80х400 тенгдир. Бу схеманинг киришига 150 эрл юклама тушади чиқишидаги юклама 80 эрл тенгдир. Имконийлик D=40 йўқотишлар эхтимолиги P=5%. Боғламдаги линиялар сонини аниқланг?

Ечим:

|  |  |  |
|--|--|--|
| $g = 5$<br>$Y_{\text{кир}} = 150 \text{ эрл}$<br>$Y_{\text{чик}} = 80 \text{ эрл}$<br>$D = 40$<br>$P = 5\%$<br><hr/> $V = ?$ | $0.005 = \frac{E_{40}(Y_{mq})}{E_{30}(Y_{mq}/0.5)}$ $Y_{mq} = 23 \text{ эрл}$ $0,05 = C_{\max}^{52} \cdot (0.5 + C_{\max}^2 - 0.5 \cdot C_{\max}^2)^{15}$ $C_{\max} = 0.6 \text{ эрл}$ | $V = 40 + \frac{80 - 23}{0.6} = 115 \text{ лин}$ |
|--|--|--|

## Кўп звеноли схемаларни ҳисоблаш услуги.

Якобеуснинг кобинатор методи уч звеноли схемаларни ҳисоблаш учун ишлатилиши мумкин. Агар звенолар сони учтадан ортиқ бўлса, у ҳолда ушбу услубни қўллаш мураккаблашади. Кўпзвеноли схемалар учун ҳозиргача ҳисоблашнинг оптимал услуги ишлаб чиқилмаган. Эффе́ктив имконийлик ва статистик моделлаш услублари тушунчаларини ишлатиш А. Лотцега ГИ режимида (КЛИГС методи) ва индивидуал (якка) излаш режимида (ППЛ услуги) кўпзвеноли схемаларни ҳисоблашнинг тақрибий услуги ишлаб чиқиш имконини берди.

1.КЛИГС услуги. КЛИГС услуги қуйидаги тушунчаларга асосланган:

-охирги звено коммутаторларининг биринчи звено коммутаторининг исталган бўш киришидан фойдаланишнинг имконияти

- ўртача имконийлиги,

-ўртача ноимконийлиги,

-максимал имконийлиги,

-эффе́ктив имконийлиги.

Қуйидаги белгиларни киритамиз:

- $m_i$  -  $i$ - звено каммутаторининг чиқишлар сони.

- $K_i$  -  $i$  - звено каммутаторлар сони.

- $J$  - звеноларнинг умумий сони ;

- $q$  -  $\eta$  - йўналишга хизмат қилиш учун охирги звенонинг ҳар бир коммутатордан ажратилган чиқишлар сони .

- $V_r$  -  $r$  йўналишдаги линиялар сони ;

- $M$  - кўп звеноли схема чиқишларининг умумий сони;

- $V_{i, i+1}$  -  $i$  ва  $i+1$  звенолар ўртасидаги оралиқ линиялар сони;

- $\sigma_{rbh} = M | \sigma_{s-1, s}$  - чиқишдаги кенгайтириш коэф-ти;

- $Y_i$  -  $i$  звенонинг битта коммутатори хизмат кўрсатадиган юклама;

- $Y_x$  - кўпзвеноли схеманинг умумий хизмат кўрсатган юкламаси;

- $Y_{xr}$  -  $r$ -йўналишдаги хизмат кўрсатилган юклама.

Ўртача имконийликнинг катталиги қуйидаги формула бўйича аниқланади

$$d_{\text{ўп}} = \prod_{i=1}^{S-1} (m_i - y_i) ,$$

Бунда формулага қуйидаги чекланиш киртилади:

$$\prod_{i=1}^S (m_i - y_i) \leq R_{j+1} (j = 1 \dots S - 1)$$



Бу дегани, исталган бўш киришдан исталган звенодаги коммутаторлар ўртача имконийлиги мувофиқ звенодаги коммутаторлар сонидан ортиқ бўлиши мумкин эмас. Бундан  $d_{\dot{y}p}$  катталиқ звенолар ўртасидаги оралиқ линиялар орқали биринчи звенодаги исталган бўш киришларни имконийлиги охириги звено коммутаторларининг ўртача сонига тенг.

Максимал имконийлик қуйидагича аниқланади:

$$d_{\max} = \prod_{i=1}^S m_i \leq R_j$$

Биринчи звенонинг исталган бўш киришининг имконлиги охириги коммутаторларининг сонига тенг. Ўртача имконийликка нолинчи юклама тенг бўлганда ва  $d_{\max} < R_3$  муносабат билан чекланганда тенг бўлади. Ўртача Ноимконийлик қуйидаги формула бўйича ариқланади:

$$\bar{d}_{\dot{y}p} = d_{\max} - d_{\dot{y}p}$$

У охириги звенонинг имконийлиги мавжуд бўлмаган коммутаторларининг ўртача сони билан характерланади ва нолинчи юкламадаги имконийликка эга коммутаторларнинг сони. Хамда берилган хизмат кўрсатилган юклама ўртасидаги айирмага тенгдир.

Эффектив имконийлик

$$d_{\text{эф}} = d_{1\text{э}} + d_{2\text{э}}$$

$$d_{1\text{э}} = \bar{d}_{\dot{y}p} q_r$$

у ўртача имонийликни хосил қилувчи оралиқ линиялар орқали эгалланиши мумкин кўрилатган.  $r$ - йўналишдаги чиқишларнинг ўртача сонини кўрсатади.

$$d_{2\text{э}} = \bar{d}_{\dot{y}p} q_r \frac{Y_{0r}}{V_r} \cdot \frac{V_{s-1,s}}{V_r} \cdot \frac{V_{s-1,s} - Y_0}{M}$$

Эффектив имконийликни аниқлангандан сўнг кўп звеноли схемалардаги йўналишлар эҳтимоллиги имконийлиги эффектив имконийликка тенг бир звеноли схемалардаги йўқотишлар эҳтимоллигига тенг деб олинади.

Йўқотишлар эҳтимоллиги  $P$  ни ҳисоблаш учун Польша-Якобеуснинг модификацияланган формуласи ишлатилади.

$$P = \frac{E_{vr}(Y_{\phi r})}{E_{v_r - d_s}(Y_{\phi r})}$$

Суратда Эрланг формуласи турибди, у  $V_r$  линияларга эга. Тўлаимконли боғламдаги йўқотиш эҳтимоллигини ифодалайди, унга фиктив  $Y_{\text{ор}}$  юклама

келаётган деб ҳисобланади, махражда эса худди шу юкламадаги  $V_r-d_3$  линиялардан иборат. тўлаимконли боғламдаги йўқотишларни ифолайди.

$$Y_\phi = Y_{\phi r} [1 - E_{v_r} (Y_\phi)]$$

## И И Л услуги

Ушбу услуб индивидуал (якка) излаш режимда ишлайдиган кўпзвеноли схемаларни ҳисоблаш учун ишлатилади. Бу услубнинг КЛИГС услубидан фарқи шундаки, унда звенолар сони  $S$  бўлган кўпзвенолар схема гуруҳли режимда ишлайдиган сони  $S-1$  звеноли кўпзвеноли схемага алмаштирилади ва КЛИГС услуби ёрдамида ҳисобланади.

$S$  звеноли блокировкаланадиган индивидуал излаш режимда ишлайдиган КТини, энг охирги ва ундан аввалги звенолар ўртасидаги оралиқ линиялар сони  $n_s$  бўлган боғламни,  $S$  бўлган КТ нинг сони биттага кам звеноли йўналишдек кўриш мумкин. Бу ҳолда  $S$  звеноли схеманинг индивидуал режимда ишлаши ( $S-1$ ) звеноли схеманинг гуруҳли режимда ишлашига эквивалентдир.

## Эҳтимоллик графлар услуби.

Мазкур услуб ҳам кўпзвеноли схемаларни ҳисоблаш учун ишлатилади, бунда кўпзвеноли схеманинг структураси ва ишлаш режими инобатга олинади у граф кўринида тасвирланади, бу схема кириш ва талаб қилинаётган чиқишлар ўртасидаги барча мумкин бўлган йўлларни кўрсатади. Услубни қўллашни иккизвеноли схема мисолида кўриб чиқамиз.

## Назорат саволлари

1. Икки звеноли коммутацион блоклардан тўзилган излаш босқичларида юклама гуруҳи нимани ифодалайди?

2. Икки звеноли нотўлиқ имконли схемада йўқотишлар эҳтимоллигига қандай омиллар таъсир кўрсатади?

3. Икки звеноли нотўлиқ имконли схемаларни ҳисоблаш учун Якобеус комбинатор услубини ғояси нимадан иборат?

4. Эффе́ктив имконийлик услубини ғояси нимадан иборат?

5.  $n_A=20$ ,  $m_A=10$ ,  $q=3$  бўлганда икки звеноли схеманинг минимал ва максимал имконийлиги нимага тенг?

6. Нотўлиқ имконли икки звеноли схемаларни ҳисоблаш учун тўғри-ланган Якобеус усули Якобеус усулидан нима билан фарқ қилади?

7. Тўғриланган Якобеус усулида  $Y_d$  ва  $Y_{m-q}$  юклама жадалликлари нима билан фарқланади?

8. Нима учун икки звеноли нотўлиқ имконли схемада йўқотишлар эҳтимоллиги бир звеноли нотўлиқ имконли схемадагидан кўп?

9. Нима учун икки звеноли нотўлиқ имконли схемада йўқотишлар эҳтимоллиги икки звеноли тўлиқ имконли схемадагидан кўп?

## 14-15 маърузалар

### Каналлар ва пакетли коммутациялаш тармоқларда хизмат кўрсатиш тавсифини солиштириш.

#### Режа

1. Телекоммуникация тармоқларида коммутация услублари.
2. Каналлар ва пакетли коммутацияси
3. Узатиш вақтининг катталиги
4. Кутиш вақтининг узунлиги

Хабарларни узатиш тармоқларидаги жараёнларни аҳамиятли амалий мисол сифатида қараб телетрафика методлари назариясидан фойдаланишда уларда каналлар коммутацияси амалга оширилади деб тадқиқотлаш олиб борамиз. Маълумки каналлар коммутациясида маълумотлар узатиш уч фазада амалга оширилади:

- алоқа урнатилиш;
- маълумотларни узатиш;
- алоқани узиш.

Бу жараёнларни амалга ошириш учун алоқа тизимларида ҳар хил турдаги сигнализациядан фойдаланилади. Коммутация тизимларида сигнал хабарлари билан ўзаро алмашилишининг соддалаштирилган усуллари 14.1-расмда келтирилган.

Каналлар коммутацияланадиган тармоқларда сигнализацияни узатиш икки хил усулда ҳамма учун махсус умумий бўлган сигнализация каналидан (ОКС) ёки хабарлар узатилишига мулжалланган товуш канали орқали. Сигналларни узатилиш усулларида умумий канал сигнализациясини қараб чиқамиз. Бунинг учун аввал алоқа урнатилиш вақтини телефон тармоқлари юкламаси функцияси деб ҳисоблаймиз, бунда бошқарув ва ахборот сигналлари узунлиги, узлуксиз узатилаётган хабар ва маълумотлар тезлиги, ҳамда каналлар сони (уловчи линиялар) алоқа учун тақдим этилган деб ҳисоблаймиз. Бунда каналлар коммутацияси моделини хизмат курсатиш тизимлари деб ҳисоблаймиз ва чақириқлар каналлар бушагунча навбатга қуйилади ва банд сигналини олмайди деб ҳисоблаймиз. Бунинг учун маршрутизация муоммолари йўқ тўлиқ уланишли тармоқ деб ҳисоблаймиз. 14.2.-расмда умумий хизмат курсатиш тизимлари модели таклиф этилган ҳолат учун келтирилган.

Расм.14.2. Умумий хизмат курсатиш тизимлари модели таклиф этилган ҳолат

А ва Б алоқа узеллари бир бирлари билан утқазувчанлик қобилияти  $CL$  ,бит/с бўлган  $N$  –уловчи каналлар орқали уланган. Шу утқазувчанлик тезлиги абонент шлефи тезлигига тенг десак.

Алоқа тракти хосил қилингандан кейин каналдан шу тезликда хабарлар узатилади. Абонент қурилмалари хосил қилаётган чақириқлар А тизимда навбатга қуйилади ва улар А-тизимда сақланади қачонки Б-тизимда лақол битта уловчи линия бушаса навбатда турган чақириқ Б-тизим билан уланиш имкониятига эга бўлади. 14.3-расмда ҳамма алоқа урнатилиш вақтини ташкил

этивчи  $T_c$  -курсатилган унда алоқа урнатилиш вақти, хабарни узатишга талаб тушган вақтдан то хабарни узатиш вақтини эътиборга олиш кераклиги қайд этилади.

### Расм.14.3. Хамма алоқа урнатилиш вақти

А ва Б узеллар орасида ҳар бир сигнал булакчаларини узатиш ҳолатлари учун  $M\langle T_p \rangle$  қийматлардаги ўртача вақт булаклари зарур бўлади шунинг вақтни булакларга бўлиб кўрсатиш зарур.

А узелда ўртача навбатда кутиши N-каналдан бирортаси бушагунча бўлган вақтни  $M\langle W \rangle$  деб белгилаймиз.

Энди оддийлик учун, ҳар бир сигнал хабарлари бир хил узунликда деб ҳисоблаймиз ва алоқа ўрнатилиш вақти  $-T_s$  бир хил деб белгилаймиз. Алоқа урнатилиш тўғрисидаги хабарни узатиш вақтини  $T_I$  –га тенг деб олмиз. Бундай соддалштириш натижасидада уланиш вақти тенг:

$$T_c = 3T_s + T_I + 3M\langle T_p \rangle + M\langle W \rangle$$

$M\langle W \rangle$  қийматлардаги ўртача кутиш вақтини ҳисоблаш учун оммавий хизмат курсатиш моделини M/M/N га тенг деб унинг буфери чексиз қийматларни қабул қилади ва N -сервердан ташкил топган деб ҳисоблаймиз

Пуассон тақсимотидаги чақириқлар оқимлари ҳақидаги тахминларга асосланиб, чақириқлар оқимлари адекват вазифали ва кўп абонентли бўлгани учун курсаткичли вақтга асосланган хизмат кўрсатиш вақтини статистик ёзиб бориш ва ҳисоблаш муоммоли масала ҳисобланади. Агар А-узелдаги чақириқлар оқими  $\lambda$  –га тенг бўлса, ўртача хизмат кўрсатиш вақти  $- 1/\mu$  бўлганда M/M/N моделни қуйидаги ўзлуксиз утиш тавсифларига эга деб фойдаланиш мумкин.Бунда:

$$\lambda_n = \lambda,$$

$$\mu_n = n\mu; \quad n < N,$$

$$\mu_n = N\mu; \quad n \geq N.$$

Бу ерда  $n$  – умумий хизмат кўрсатиш тизимлари ҳолати ( алоқа ўрнатилган ва хизмат кўрсатилган чақириклар учун).  $\rho = \lambda / (\mu N)$  параметрни киритиб тизимнинг стационар эҳтимолик ҳолатини аниқлашда қуйидаги ифодалардан фойдаланамиз.

$$P_n = \frac{(N\rho)^n}{n!} P_0; \quad n < N,$$

$$P_n = N^n \frac{\rho^n}{N!} P_0; \quad n \geq N,$$

$$P_0 = \left[ \sum_{n=0}^{N-1} \frac{(N\rho)^n}{n!} + \frac{1}{1-\rho} \frac{(N\rho)^N}{N!} \right]^{-1}.$$

Энди сифатли хизмат кўрсатишнинг ҳамма керакли тавсифларини топишимиз мумкин. Биринчидан хабарнинг тармоқда кечикиш эҳтимолигини топамиз. Талаб бажарилиши учун биронта ҳам буш узел йўқ деб ҳисоблаймиз. Ҳамда бу шубҳасиз қуйидагига тенг.

$$P_w = \sum_{n=N}^{\infty} P_n = \frac{(\rho N)^N P_0}{(1-\rho)N!}$$

- Биз бу формулани бошқача курунишда

$$P_w = C(N, \rho N)$$

- Эрлангнинг С формуласи деб аввал хосил қилганмиз.

Формулага эътибор қаратганимизда С-формуладаги иккинчи аргумент бўлиб  $\rho < 1$  қолдиқ юклама эмас, каналлар боғламига тушаётган тулиқ юкламадан фойдаланилган. Аниқлаштириш мақсадида тулиқ юкломани  $A = \rho N$  деб белгилаймиз бу юклама ҳам Эрлангларда улчанади.

Келтирилган аниқланмаларни мисоллар билан қараб чиқсак.

Алоқа узелига тушаётган юклама  $\lambda/\mu = 0.8$  Эрл бўлсин ва бир ҳолатда алоқа узели  $N=1$  чиқиш каналига эга, бошқа ҳолатда эса чиқиш канали  $N=5$  та.

Ҳисоблаймиз  $C(1,0.8)=0.8$  ва  $C(5,0.8)=0.0018$ . Шундай қилибалоқа узеллари учун чиқиш каналлари сони  $N=5$  бўлганда каналларда ушланиб қолиш эҳтимоли 400 мартабадан куп қисқаради деб айтиш мумкин.

Энди тизимда хизмат курсатилишни кутаётган хабарларнинг ўртача сонини топамиз. У тизимда мавжуд бўлган ва хизмат кўрсатилаётган хабарларнинг ўртача сони фарқиға ва хабарларнинг ўртача сонға тенг.

$$M \langle m \rangle = \frac{\rho^2}{1 - \rho}$$

Келтирилган ифоданинг тўғрилигини исботлаш сифатида  $N=1$  учун хабарларнинг ўртача кутишини топиш мумкин. У аввалги M/M/1 умумий хизмат курсатиш тизимларидагининг худди ўзи бўлади у ҳолда

$$M \langle m \rangle = \sum_{n=N+1}^{\infty} n p_n - N \sum_{n=N+1}^{\infty} p_n = \frac{\rho}{1 - \rho} C(N, A)$$

Энди  $M \langle n \rangle$  тизимда мавжуд бўлган хабарларнинг ўртача сонини ва  $M \langle s \rangle$  хизмат кўрсатилаётган хабарларнинг сонини топамиз. Ҳисоблаш кўрсатишича буни Литтл формуласидан топиш мумкин у ҳолда узелдаги  $M \langle T \rangle$  кечикишни ва хабарнинг ўртача кутиш вақтини  $M \langle W \rangle$  учун топиш мумкин.

$$M \langle n \rangle = M \langle m \rangle + M \langle s \rangle ,$$

$$M \langle s \rangle = N\rho = A .$$

### Назоарии саволлари

1. Ахборотни узатишда коммутация турлари?
2. Канал коммутация бу қандай коммутация?
3. Канал коммутациясида учта фазани келтиринг?
4. Канал коммутациясида алоқа ўрнатиш вақти нимадан иборат?
5.  $M(W)$  нимани ифодалайди?
6.  $T_c$ -нимани ифодалайди?
7. Пакет коммутациясига таъриф беринг?
8. Пакет коммутациясида ўртача кутиш вақти нимаға тенг?

## 16, 17 - маъруза

### Приоритетга эга тизимлар. Буюртмага хизмат кўрсатишга киритилаётган приоритетлар, хизмат кўрсатиш тартиби.

#### Режа

1. Приоритетга эга тизимлар тугрисида тушунча
2. Приоритет турлари
3. Хизмат курсатиш тартиби
4. Приоритетли тизимларнинг кутиш вақтини хисссоблаш

Хизмат кўрсатиш тартиби деганда тизимга келиб тушган ва навбатда турган чақириқлардан қайси бирига хизмат кўрсатилиш талаб қилинишини аниқлаш тушунилади. Бу талабга жавоб бўлиб қуйида келтирилган тавсифлар хизмат қилиши мумкин:

- улчовлар, чақириқни тушган вақтга боғлиқ деб аниқлашда талабнинг қайси навбатидалигига қараш орқали;
- улчаш талаб қилинган ёки хозиргача олинган хизмат кўрсатиш вақти орқали;

Талабнинг у ёки бу гуруҳ тоифасига боғлиқлик функцияси орқали топилиши мумкин.

Хизмат кўрсатишга мисол қилиб доимий фойдаланиладиган “Биринчи келди-биринчи хизмат кўрсатилди” (FCFS-first come-first served) моделини келтириш мумкин.

Баъзи адабиётларда бундай хизмат кўрсатиш тартибини “чақириқ тушиш тартиби бўйича”-ЧТТБ деб аташ қабул қилинган.

Шу уринда чақириқларга хизмат кўрсатиш тартибилари рўйхатини келтириш мумкин:

“чақириқ тушиш тартиби бўйича хизмат кўрсатиш”-ЧТТБХК -обслуживание в порядке поступления (FCFS);

Чақириқга тескари тартибда хизмат кўрсатиш-ЧТТХК(охирги тушган чақириқга биринчи хизмат кўрсатилиши)– обслуживание в обратном порядке, т.е. последнее поступившее требование обслуживается первым (LCFS);

Энг кам вақт узинлигида биринчи хизмат кўрсатиш-ЭКВУБХК -ПК – первоочередное обслуживание требований с кратчайшей длительностью обслуживания (SPT/SJE);

Энг кам вақт узинлигида биринчи хизмат кўрсатишгача бўлган вақтда хизмат кўрсатиш –ЭКВУБХКБВХК, ПКД – первоочередное обслуживание требований с кратчайшей длительностью дообслуживания (SRPT);

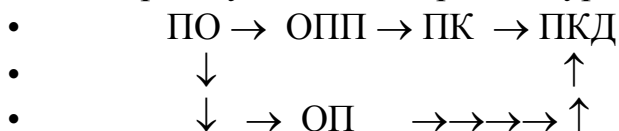
Энг кам вақт узинлигида ўртача хизмат кўрсатиш вақти бўйича –ЭКВУЎХКБВ, ПКС – первоочередное обслуживание требований с кратчайшей средней длительностью обслуживания (SEPT);



Энг кам вақт узинлигида чақириқ талабига биринчи хизмат кўрсатиш-ЭКВУЧТБХК, ПКСД – первоочередное обслуживание требований с кратчайшей средней длительностью дообслуживания (SERPT);

Хизмат кўрсатилиш талабига энг кам вақт оралигида биринчи хизмат кўрсатиш- ПКОВ – первоочередное обслуживание требований с кратчайшим обязательным временем (SIPT).

Агар келтирилган ҳамма талабларнинг ўртача кутиш вақтини жуфтлаб такқосласак ва умумий ўртача кутиш вақтини  $D_1$  деб белгиласак, ҳамда умумий ўртача кутган вақитни  $D_2$  дан катта ёки тенг деб белгиласак, у ҳолда  $D_1 \rightarrow D_2$ , ларни куйидаги диаграмма кўринишда куриш мумкин



Шундай қилиб ҳар хилдаги талабларни аниқлаш ва хизмат кўрсатишда чақириқларнинг ўртача кутиш вақтига қуйилган талабларни ёки чақириқнинг тизимга келиш ўртача вақтини аниқлаш параметрини таҳлил қилишни асосий масала деб керак.

Буни аниқлаш учун фараз қиламиз тушаётган чақириқга хизмат кўрсатиш  $P$  тоифадаги турли имтиёзли синфга таълуқли бўлсин ва уларни куйидаги индекслар билан белгилаймиз  $p=1,2,3\dots P$ .

Приоритетли тизимларда тоифали талаблар ўртача кутиш вақтини ҳисоблаш асосий модели учун куйидаги  $p - W_p$  –белгилаш киритамиз ва шу тоифали талабнинг тизимга келиб тушиш ўртача вақтини –  $T_p$  деб белгилаймиз:

$$T_p = W_p + \bar{x}_p$$

Бундай тизимда талабларга асосан эркин( относительным) ҳолатда хизмат кўрсатилади деб фараз қиламиз. Ҳамда тизимга  $p$ -имтиёзли талабларнинг баъзи бирларигина келиб тушиш моментинини қараб чиқамиз. Кейинги ҳолатлар учун бу талабларни белгиланган деб қабул қиламиз. Бунда биринчи тулдирувчининг кутиш вақти белгиланган талаб учун талабни серверда топиш ҳолатига боғлиқ бўлади. Бу тулдирувчи бошқа талабга хизмат кўрсатилиш қолдиқ вақтига тенг.

Бу белгини кейинчалик ҳам ишлатамиз шу сабабли уни белгиланган талабнинг ўртача қолдиқ вақти деб белгилаймиз, тизимда бошқа талабнинг мавжудлиги ва хизмат кўрсатилиш қолдиқ вақтга боғлиқлиги учун  $W_0$  деб белгилаймиз. Ўзаро қўшни бўлган имтиёзли талаблар тушиш вақтини тақсимланишини билганимиз учун уни ҳисоблашимиз мумкин. Бизнинг тахминимизга кўра Пуассон қанунини ҳар бир тоифали талаблар учун куйидаги куринишда деб белгилаймиз:

$$W_0 = \sum_{i=1}^P \rho_i \frac{\bar{x}_i^2}{2x_i} = \sum_{i=1}^P \frac{\lambda_i \bar{x}_i^2}{2}$$

Белгиланган талабнинг иккинчи ҳолати ўртача кутиш вақтини аниқлаш учун бу белгиланган талабдан олдин бошқа талабга хизмат кўрсатилмоқда деб фараз қилинади, тизимга келиб тушган бу белгиланган талаб тизимда навбатга туришга мажбур бўлди. Кейинги ҳолатлар учун бу белгиланган талаблар сонини  $i$  –тоифали (*p-тоифадаги талаблардан*) навбатларни топган талаблар деб белгилаймиз ва улардан аввал тизимда  $N_{ip}$  –талабларга хизмат курсатилмоқда деб ҳисоблаймиз. Бу талабларнинг ўртача сонли қийматлари, талабларнинг ўртача кечикиш вақти тулдирувчиси қийматини аниқлайди ва қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$\sum_{i=1}^P \overline{x_i} \overline{N_{ip}}$$

Белгиланган талабнинг учинчи кутиш ҳолати талабларга боғлиқ бўлиб, белгиланган талаб келиб тушганда, тизимда аввалги белгиланган талаблардан бирига хизмат кўрсатилмоқда деб фараз қилинади. Бундай талаблар сонинг  $M_{ip}$  деб белгилаймиз. Бундай белгиланган талаблар ўртача кутиш қиймати аввалгисига ухшаш ва қуйидаги қийматлардан ташкил топади:

$$\sum_{i=1}^P \overline{x_i} \overline{M_{ip}}$$

Келтирилган учта тулдирувчиларни ўзаро қушиш орқали белгиланган талабларга навбатма навбат ўртача хизмат кўрсатиш вақти талабини топиш учун қуйидаги формуладан фойдаланамиз.

$$(*) \quad W_p = W_0 + \sum_{i=1}^P \overline{x_i} (\overline{N_{ip}} + \overline{M_{ip}}), \quad p = 1, 2, \dots, P$$

Аниқландики, хизмат кўрсатиш талабларидан қайтий назар тизимга тушаётган талаблар сони  $N_{ip}$  ва  $M_{ip}$  ихтиёрий бўлиши мумкин эмас. Шу сабабли баъзи бир имтиёзли талаблар учун баъзи бир боғлиқликлар мавжуд бўлиб улар талабларнинг ўртача кутиш вақтлари ўзаро боғлиқлигини келтириб чиқаради.

Бу боғлиқликларнинг аҳамияти оммавий хизмат кўрсатиш тизимлари учун сақлаш қануни деб номланади. Приоритетли тизимларни вақтга боғлиқ бўлган хизмат кўрсатиш тартибини аниқлаш учун M/G/1 тоифали умумий хизмат кўрсатиш тизимларида қуйидаги қийматлардаги асосий тенгсизликлар бажарилиши шарт:

$$\sum_{p=1}^P \rho_p W_p = \begin{cases} \frac{\rho W_0}{1 - \rho}, & \rho < 1, \\ \infty, & \rho \geq 1. \end{cases}$$

Бу тенгсизлик кўрсатиб турибдики талабга хизмат кўрсатилишда мураккаб ёки шахсий усуллардан фойдаланишдан қаятий назар талабларнинг умумий кутиш вақти ўзгармас.

$$\sum_{p=1}^P \rho_p W_p = \bar{U} - W_0$$

Агар баъзи бир талаблар кутиш вақтини камайтирсак, у ҳолда бошқа талабнинг кутиш вақти ортиб кетади. Шу сабабли доимо бир хилдаги кутишга эришиш талаб этилади.

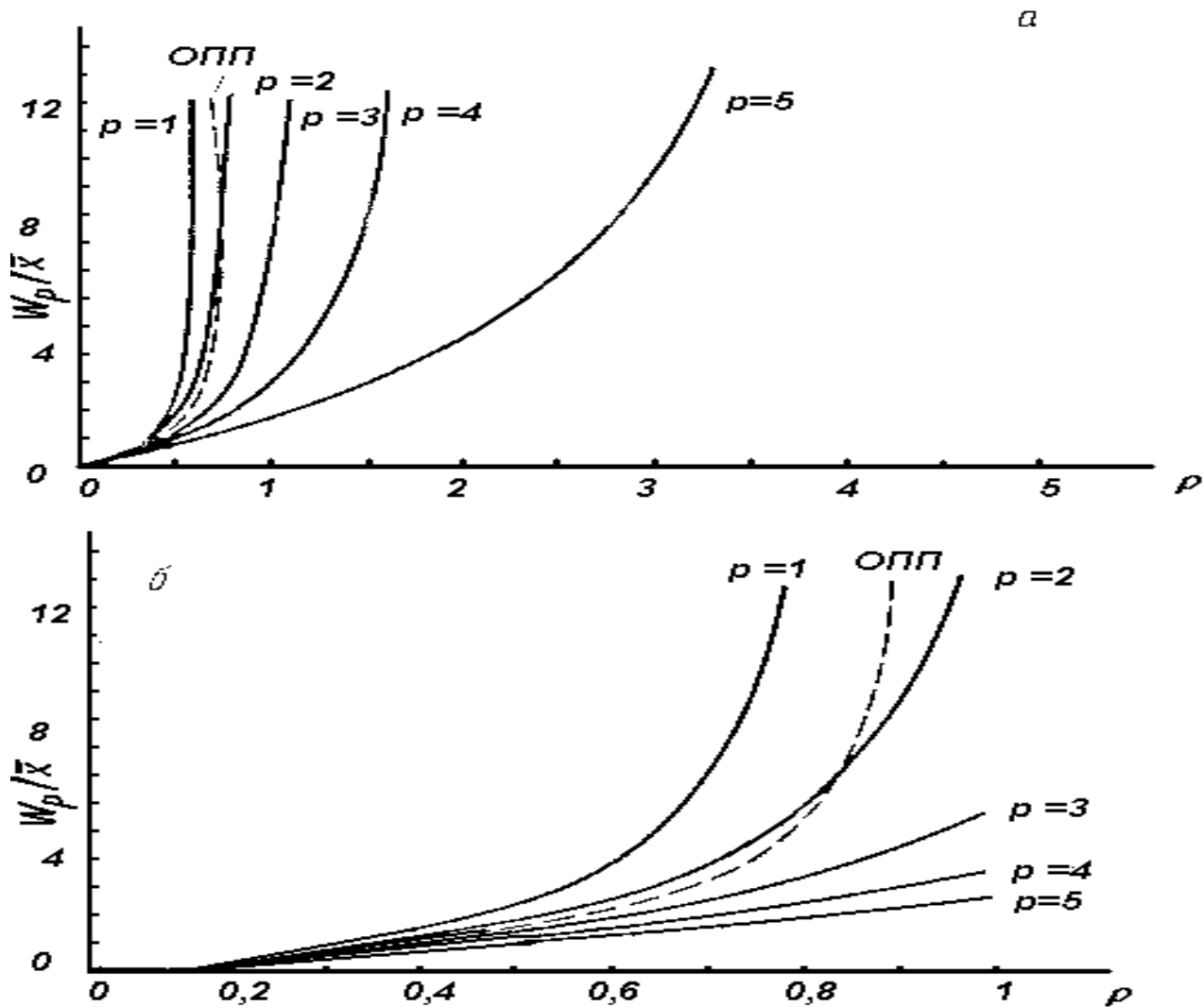
Ихтиёрий кутиш вақтига эга каттароқ умумий тизимлар учун G/G/1 қонуният бўйича чақириқлар тушишида талабларнинг ёзилиши қуйидаги кўринишда бўлади:

$$\bar{U} = \frac{W_0}{1 - \rho}$$

• Энди имтиёзли тартибли, имтиёзли функцияга эга умумий фойдаланиш тизимлари учун ўртача кутиш вақтини топишни қараб чиқсак.

17.1-расмда имтиёзли тартибли, имтиёзли функцияга эга умумий фойдаланиш тизими келтирилган, унга кўра тушаётган талаблар чап томонга тенг имтиёзга ёки имтиёзлар бир биридан ортиқлигига қараб навбатга қуйилади.

Расм.17.1.Имтиёзли хизмат кўрсатишга эга умумий фойдаланиш тизими



Расм.17.2.Нисбий имтиёзли ҳолатга эга тизимларда талабларга ихизмат кўрсатиш ( $P=5, \lambda P= \lambda/5, .$ ).

### Назорат саволлари

1. Хизмат кўрсатиш тартиби деганда нима тушунилади?
2. Биринчи –келди-биринчи хизмат кўрсатилди тартибини тавсифланг?
3. Чақирикқа тескари тартибда хизмат кўрсатиш бу нима?
4. Умумий ўртача кутиш вақтини аниқланиши?
5. D-нимани ифодалайди?
6. Имтиёзли синф турлари?
7. Приоритетга эга тизимларга таъриф беринг?
8. Буютмага хизмат кўрсатишга киритилаётган тартиблар?
9. Нисбий имтиёзли ҳолат деб нимани айтилади?
10. Кутиш ҳолатлари нимадан иборат?

## Такрор чакирувли тизимлар

### Режа

1. Такрор чакирувли тизимлар тугрисида тушунча
2. Такрор чакирувли тизимларни параметрлари
3. Такрор чакирувли тизимларда хизмат кўрсатиш

Йўқотишларга эга коммутация тизимни (КТ) кўрадиган бўлсак, унда боғламдаги барча линияларнинг банд бўлиш чоғида чакирув келган бўлса, у йўқолади (яъни унга хизмат кўрсатилмайди), бироқ реал шароитларда манба раддия олгандан сўнг, унга хизмат кўрсатилишдан бош тортмайди ва унга зарур хизмат кўрсатилиши мақсадида такрор чакирувларни амалга оширади. Такрор чакирувли тизим моделида чакирувга хизмат кўрсатишнинг икки босқичини фарқлашади. Хизмат кўрсатишнинг биринчи босқичи коммутацион тизимнинг банд бўлиши билан характерланади, боғланишни ўрнатиш ва унинг узилиш жараёни боғланиш сўзлашув билан тугадими, ёки чақирилаётган абонент линиялари бандми, чақирилаётган абонент жавоб бермадими буларга боғлиқ бўлмаган жараёндир.

Хизмат кўрсатишнинг иккинчи босқичи боғланишнинг сўзлашув ҳолати билан характерланади. Агар иккинчи босқич сўзлашув билан тугаса, у ҳолда чакирувга хизмат кўрсатилган деб ҳисобланади. Агар чакирув биринчи босқич билан тугаса, чакирувга хизмат кўрсатилмаган деб ҳисобланади. Бундай чакирувнинг манбаи берилган эхтимоллик билан такрор чакирувни амалга оширади.  $V$  сифимли тўла имконли боғлам (ТИБ) га  $\lambda$  параметрли энг оддий чакирувлар оқими (ЭОЧО) ни ташкил этувчи чакирувлар келсин. Чакирув келган вақтда боғламда бўш линиялар бўлмаса хизмат кўрсатилмайди. Агар боғламда ҳеч бўлмаса битта бўш линия бўлса, у ҳолда чакирувни амалга оширган манбага хизмат кўрсатишнинг биринчи босқичи бажарилади. Хизмат кўрсатишнинг биринчи босқичи тугагандан сўнг ёхуд шу линиянинг ўзи бўйича хизмат кўрсатишнинг иккинчи босқичи амалга оширилади, ёхуд линия бўшайди ва чакирувга хизмат кўрсатилмайди. Чакирувга хизмат кўрсатмаслик эхтимоллигини  $\varphi$ , чакирувга тўла хизмат кўрсатилганлигини эса  $\psi$  билан белгилаймиз.

$$\psi = 1 - \varphi$$

Линияни чакирувга хизмат кўрсатишнинг биринчи ва иккинчи босқичлари билан этиш давомийлиги мос равишда  $\alpha$  ва  $\beta$  параметрларга эга кўрсатгичли қонун бўйича тақсимланган. Демак, хизмат кўрсатишнинг биринчи ва иккинчи босқичларининг ўртача қиймати қуйдагига тенг бўлади:

$$\bar{t}_\alpha = \frac{1}{\alpha};$$

$$\bar{t}_\beta = \frac{1}{\beta}.$$

Боғламда бўш линиялар мавжуд бўлмаслиги туфайли чақирувларга хизмат кўрсатилмаган ёки хизмат кўрсатишнинг фақат биринчи босқичи билан тугаган абонентлар такрор чақирувларнинг манбалари бўлиб ҳисобланади. Бундай манбанинг ҳар биридан  $\gamma$  параметрли оддий оқим ҳосил қилувчи такрор чақирувлар келади. Агар берилган вақт ичида манба такрор чақирувни юзага келтирмаса, у ҳолда чақирув йўқотилади. Бу вақтни  $\gamma$  параметрга эга кўрсатгич қонун бўйича тақсимланган деб оламиз.

Шундай қилиб, манба такрор чақирувни амалга ошириш тўғрисидаги қарорни қабул қилиш ёки умуман муваффақиятсиз қилган чақирувига хизмат кўрсатишдан бош тортишининг вақт давоми  $\rho + \gamma$  параметрга эга кўрсатгичли қўнун бўйича тақсимланган бўлади. Бу ердан такрор чақирувлар манбасининг мавжуд бўлишининг манбанинг ўз чақирувига хизмат кўрсатилишига эришишига иккита қўшни уринишлари ўртасидаги ўртача вақтга тенг бўлган ўртача вақти қуйидагини ташкил қилади:

$$Z = \frac{1}{\rho + \gamma}$$

Бунда такрор чақирувларнинг эҳтимоллиги қуйидагига тенг бўлади:

$$H = \rho / \rho + \gamma$$

хизмат кўрсатишдан умуман бош тортиш эҳтимоллиги эса

$$1 - H = \frac{\gamma}{\rho - \gamma}$$

Эҳтимоллик  $H$  манбанинг чақирувга тўла хизмат кўрсатишига эришишнинг қатиятлигини кўрсатади. Хизмат кўрсатилмаган бирламчи ва такрор чақирувларнинг чекланмаган сони ҳосил бўлмаслиги учун, баъзи бир чекланишларни киритамиз

$$H = (y/v) < 1, \text{ эрл}$$

$H$  қуйидаги муносабатдан аниқланади

$$H = \left(\frac{C}{V}\right)\bar{t}$$

Бу ерда:  $\bar{t}$  - битта чақирувга тўла хизмат кўрсатилганда боғлам линияларининг банд этилишининг ўртача суммар катталиги, бунда манбага хизмат кўрсатилганда у такрор чақирувларни амалга ошириши ҳам инобатга олади.

$C$  - бирламчи чақирувлар оқимининг 1 с давомидаги жадаллиги (интисивлиги)

Бирламчи ва такрор чақирувлар боғламининг барча V линиялари банд бўлган вақтда , боғлам линиялари банд этилмайди. Шунинг учун  $\bar{t}$  катталиққа тушган чақирувлар таъсир кўрсатади. Бунда биринчи босқичда битта чақирувга хизмат кўрсатилганда, боғлам линиясининг банд этилишининг ўртача вақти  $\bar{t}_\alpha$  га, иккинчи босқичда  $\psi$  эҳтимоллик билан хизмат кўрсатиш эса  $\bar{t}_\beta$  га тенг. Хар бир шундай уринишнинг хизмат кўрсатиш учун линияни банд этишнинг ўртача вақти  $\bar{t}_\alpha + \psi \bar{t}_\beta$  ташкил этади. Агар L орқали битта чақирувга тўла хизмат кўрсатиш мақсадида хизмат кўрсатишнинг биринчи босқичида уринишларнинг ўртача сонини белгиласак , унда  $\bar{t}$  катталиқ

$$\bar{t} = L(\bar{t}_\alpha + \psi \bar{t}_\beta) .$$

Манбанинг наст мер-га боғлиқ бўлсак L катталиқни  $H = 1, \quad \gamma = 0$  бўлганда аниқлаймиз .

$$L = \frac{1}{1 + \varphi} = \frac{1}{\psi} .$$

Чақирув биринчи марта хизмат кўрсатишнинг биринчи босқичига келади.  $\varphi$  эҳтимоллик билан ушбу чақирув хизмат кўрсатишнинг иккинчи босқичига тушмайди. Бундай кўрсатилган чақирувнинг манбаси такрор чақирувни амалга ошириш эҳтимоллиги H га тенг. Демак  $\varphi H$  эҳтимоллик билан такрор чақирув келади . Яна  $\varphi$  эҳтимоллик билан такрор чақирув хизмат кўрсатишнинг иккинчи босқичига тушмайди ва эҳтимоллик билан манба янги такрор чақирувни амалга оширади ва ҳ.к.

$$L = 1 + \varphi H + (\varphi H)^2 + \dots = \frac{1}{(1 - \varphi H)} - \frac{(\rho + \gamma)}{(\psi \rho + \gamma)} ;$$

Бундан, чақирувга тўла хизмат кўрсатишнинг манба амалга ошираётган хизмат кўрсатишнинг биринчи босқичидаги уринишларнинг ўртача сони , фақат  $\psi$  эҳтимолликка боғлиқ бўлиб такрор чақирувлар оқимининг  $\rho$  параметрга боғлиқ бўлмаслиги келиб чиқади .

$$H = \frac{c}{V} \cdot \frac{\bar{t}_\alpha + \Psi \bar{t}_\beta}{1 - \varphi H} < 1 \text{ эрл} \quad H < 1$$

$$H = \frac{c}{V} \left( \frac{\bar{t}_\alpha}{\Psi} + \bar{t}_\beta \right) < 1 \quad H = 1$$

Энг оддий чақирув оқими учун  $\lambda = \mu$  бўлганда

$$H = \left( \frac{\lambda}{V} \right) < 1$$

### Назорат саволлари

1. Такрор чақириқлар оқими қайси чақириқлар оқимлари синфига мансуб?
2. Қайси чақириқлар оқими билан бирламчи чақириқлар оқимини характеристикалаш мумкин?
3. Қайси характеристикалар бўйича такрор чақириқли тизимнинг иш сифатини баҳолаш мумкин?
4. Такрор чақириқларнинг юзага келишини сабаби нимада?
5. Такрор чақириқли тизимларнинг қандай моделларини биласиз?
6. Такрор чақириқли тизимда ҳолатлар диаграммасини ва хизмат кўрсатиш жараёнининг ўтишини тушунтиринг.
7. Такрор чақириқли тизимнинг ишлаш сифати характеристикалари қандай ҳисобланади?
8. Такрор чақириқли тизимнинг ошқора ва шартли тизимлардан фарқи нимада?



## **Асосий дарсликлар ва ўқув қўлланмалар**

1. А.Степанов.,Телетрафика в мультисервисных сетей связи  
Эко-Трендз. 2010.
- 2.Крылов В.В., Самохвалова С.С., «Теория телетрафика и её приложения»  
СП.б «БХБ-Петрбург»2005.
3. Лидский Э.А.Задачи трафика в сетях связи. Учебное пособие.  
Екатеринбург, 2006.
4. Корнышев Ю.Н., Фань Ген –Линь. Теория распределения информации. М.  
Радио и Связь, 1985г. - 250 стр.
5. Абдурахманова М.Ф., Ахборотни- тақсимлаш назарияси фанидан ўқув  
қўлланма.ТАТУ. Тошкент 2009.
- 6.Абдурахманова М.Ф., Дементеева Н.Г., Ходжаев Н.С., Шарифов Р.А.,  
Методические указания к практическим занятиям по курсу «Теория  
распределения информации», Ташкент ТЭИС, 1989 г.