IP телефония

Дәріс 5: RTP және RTCP арқылы медианы тасымалдау

ДӘРІСКЕР: PhD, доцент м.а.
Сқабылов Әлішер Әлиұлы

Дәрістің мақсаты:

RTP өрістері мен RTCP есептерін пайдаланып, медиа ағынның жеткізілуін талдауды үйрету.

Оқу нәтижелері және дәріс жоспары

Оқу нәтижелері

1. Студент RTP тақырыбындағы sequence number, timestamp, SSRC және PT өрістерін түсіндіреді.
2. Студент RTP сағат жиілігі мен пакеттеу аралығынан timestamp өсімін есептейді.
3. Студент RTCP есептері арқылы жоғалу мен jitter туралы қорытынды жасайды.

Дәріс жоспары

1. RTP қызметі
2. RTP пакетінің құрылымы
3. Негізгі тақырып өрістері
4. RTCP қызметі
5. RTCP пакет түрлері
6. Медиа сессиясының параметрлерін келісу
7. Хаттамалардың өзара байланысы
8. RTP ағынын талдаудың мысалы
9. Медиа ағынын уақыт бойынша қалпына келтіру
10. RTP тақырыбындағы өрістердің байланысы
11. Реттік нөмір айналымына арналған есеп
12. RTCP арқылы jitter мәнін түсіндіру
13. RTCP уақыт өрістерінен RTT бағалау
14. Жоғалу статистикасын бағалау мысалы
15. Терминдерді жүйелеу.

Алғышарттар: Алдыңғы 4 дәрістегі негізгі ұғымдарды білу.

RTP қызметі

RTP (Real-time Transport Protocol) IP желілерінде нақты уақыттағы дыбыстық және бейне деректерді тасымалдауға арналған. Ол әдетте UDP үстінде жұмыс істейді: нақты уақыттағы байланыста қайта жіберу кідірісті арттыруы мүмкін.

RTP атқаратын міндеттер

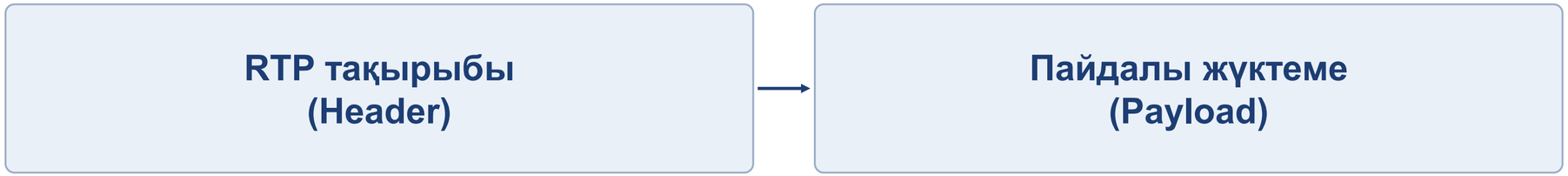
Дауыс пен бейнені тасымалдау; медиа ағынды синхрондауға көмектесу; реттік нөмір мен уақыт белгісін беру; жоғалуды талдауға мүмкіндік беру.

RTP атқармайтын міндеттер

Сеанс орнатпайды, ресурс резервтемейді және сигнализация жүргізбейді. Байланысты SIP немесе H.323 басқарады.

Классикалық порт жұбында RTP үшін жұп порт, RTCP үшін келесі тақ порт пайдаланылуы мүмкін (мысалы, 5004/5005). rtcp-mux келісілсе, екеуі бір портты бөліседі.

RTP пакетінің құрылымы



Ең аз RTP тақырыбы – 12 байт

Өріс	Ұзындығы	Сипаттамасы
V (Version)	2 бит	RTP нұсқасы (әдетте 2)
P (Padding)	1 бит	Пайдалы жүктеме соңында қосымша байттар бар ма
X (Extension)	1 бит	Тақырып кеңейтілген бе
CC (CSRC Count)	4 бит	CSRC саны
M (Marker)	1 бит	Маңызды оқиғаны белгілейді (мысалы, кадр соңы)

RTP тақырыбының негізгі өрістері

Өріс	Міндеті
Sequence Number (16 бит)	Әр пакетте 1-ге өседі; ретсіз келу, қайталану және ықтимал жоғалуды талдауға көмектеседі; 65535-тен кейін айналады.
Timestamp (32 бит)	Медианың уақыт шкаласын көрсетеді, жіберілу сағатын емес. G.711 үшін 8 кГц және 20 мс аралықта 160 қадам.
SSRC (32 бит)	RTP сессиясындағы синхрондау көзін ажыратады; жаһандық пайдаланушы нөмірі емес.
Payload Type (7 бит)	Кодек түрін профиль мен SDP келісіміне қарай анықтауға көмектеседі.
CSRC / Marker	CSRC араластырылған көздерді көрсетеді; Marker маңызды оқиғаны белгілейді.

Мысал PT мәндері: 0 – PCMU, 8 – PCMA, 9 – G.722, 18 – G.729. Динамикалық PT мәндері SDP-дегі a=rtpmap арқылы анықталады.

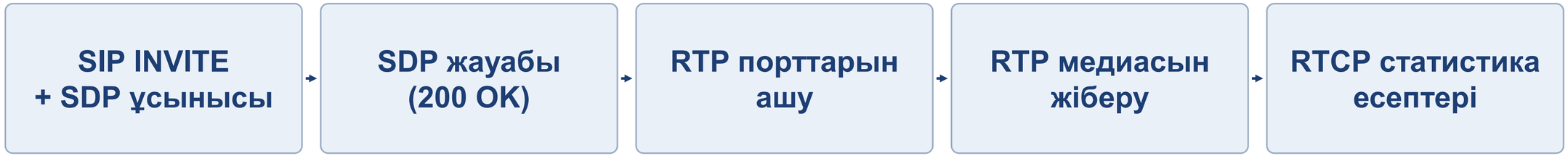
RTCP қызметі

- RTCP (RTP Control Protocol) RTP сессиясының сапасын бақылауға және статистикалық ақпарат беруге арналған.
- Пакет жоғалуы мен interarrival jitter туралы статистика береді; уақыт өрістері RTT бағалауға көмектеседі.
- Қатысушылар туралы ақпарат және синхрондау деректерін береді.
- RTCP медиа деректерді тасымалдамайды және есеп жіберу аралығы барлық жағдайда дәл 5 секунд емес.

RTCP пакет түрлері

Түр	Атауы	Қызметі
200	SR (Sender Report)	Жіберушінің статистикасын береді
201	RR (Receiver Report)	Қабылдаушының статистикасын береді
202	SDES (Source Description)	Көзді сипаттайтын ақпарат (аты, email, т.б.)
203	BYE	RTP көзінің сессиядан шығуын хабарлайды
204	APP	Қосымшаға тән функциялар үшін

Медиа сессиясының параметрлерін келісу



- SDP кодектерді, медиа IP-мекенжайын, RTP/RTCP порттарын және аудио/бейне параметрлерін сипаттайды.
- Сөйлесуді тоқтату үшін SIP BYE қолданылуы мүмкін; RTCP BYE – RTP сессиясының бөлек медиа деңгейіндегі хабарламасы.

SIP, SDP, RTP және RTCP өзара байланысы

Хаттама	Қызметі
SIP	Байланыс сеансын орнату, басқару, аяқтау
SDP	Медиа сеансының параметрлерін сипаттау
RTP	Дауыс пен бейнені тасымалдау
RTCP	Медиа ағынның сапасын бақылау

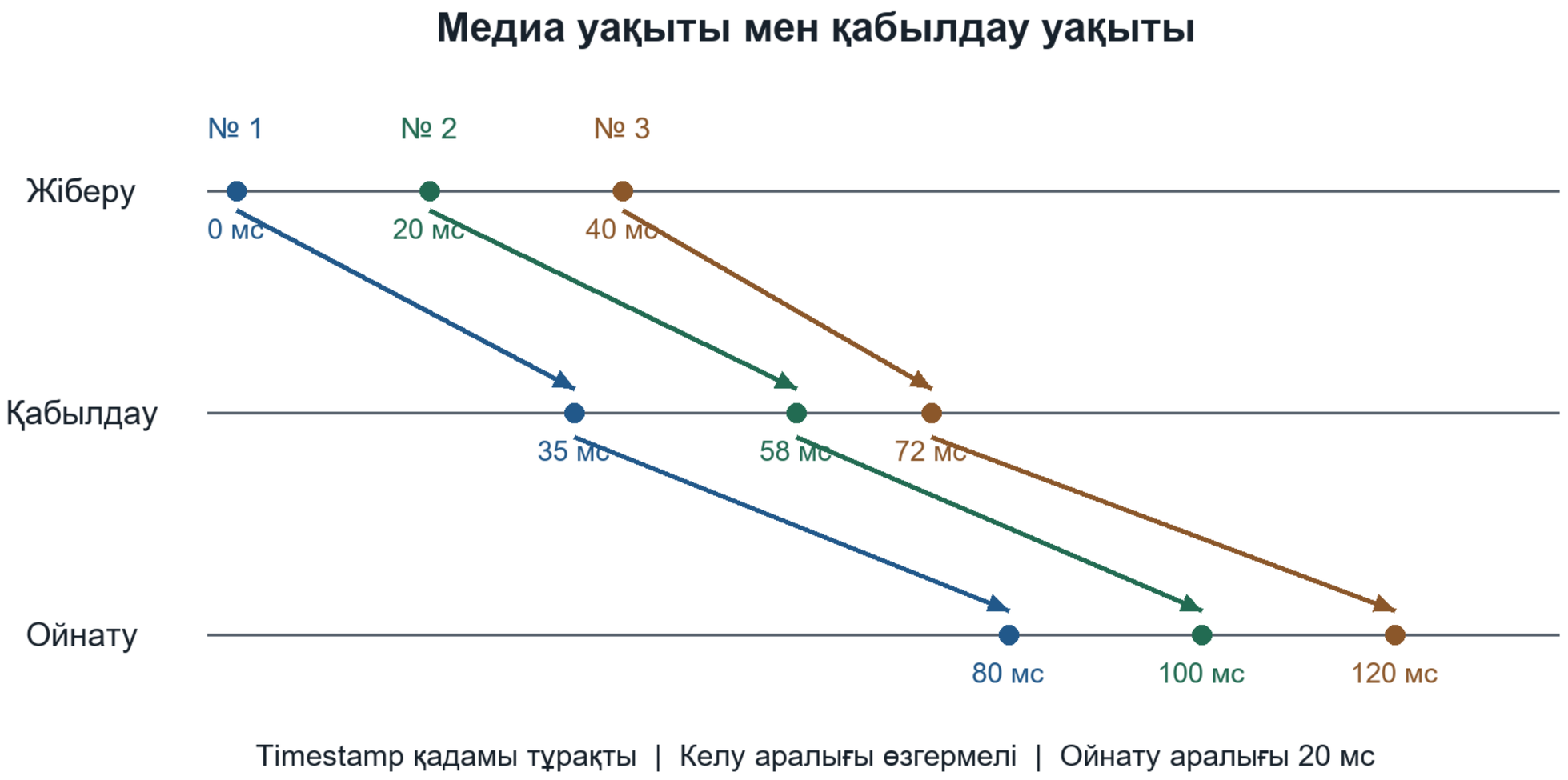
SIP → байланыс орнату және басқару; SDP → медиа параметрлерін сипаттау; RTP → дауыс пен бейнені тасымалдау; RTCP → медиа ағын сапасын бақылау.

RTP ағынын талдаудың мысалы

Параметр	Мәндер / түсіндірме
Пакеттеу	G.711, 20 мс аралық: бір секундта 50 пакет.
Sequence Number	700, 701, 702 … 703 көрінбей, 704 келсе, ретсіз немесе кешіккен пакетті тексеру керек.
Timestamp	32000, 32160, 32320 … 20 мс сайын 160-қа өседі.
Payload Type	PCMU – 0; PCMA – 8; G.722 – 9; G.729 – 18.

RTP тақырыбы жүктеменің бүлінбегенін немесе дыбыстың сапалы естілетінін өздігінен дәлелдемейді.

Медиа ағынын уақыт бойынша қалпына келтіру



Жіберу аралығы тұрақты болса да, қабылдау аралығы өзгеруі мүмкін; jitter buffer ойнату сәтін реттейді

Sequence Number айналымы және Timestamp есебі

Sequence Number

16 биттік өріс 65535-тен кейін 0-ге өтеді. 65534, 65535, 0, 1 тізбегі қалыпты айналым болуы мүмкін.

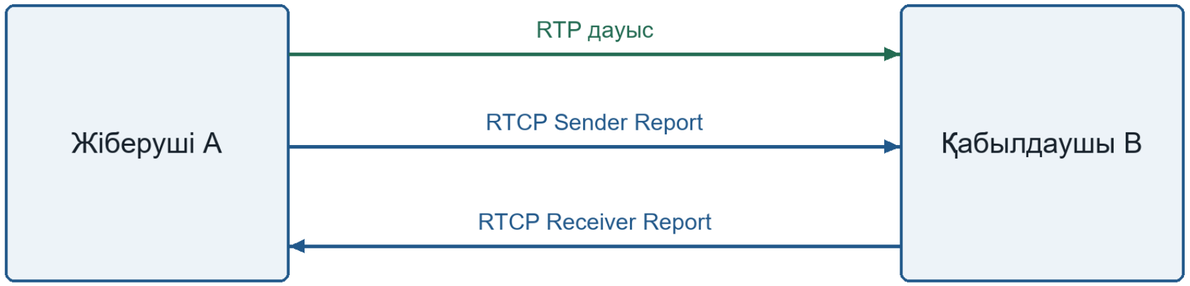
G.711 пакеттеу мысалы

20 мс пакеттеуде секундына 50 пакет. 65536 пакетке 65536 / 50 = 1310,72 с ≈ 21 мин 51 с қажет.

Реттілік пен уақыт белгісін бірге талдау желідегі жоғалуды, кешігуді және үнсіздік аралығын ажыратуға көмектеседі. Timestamp 32 бит болғандықтан айналып өтеді; бастапқы мәні нөлден басталуы міндетті емес.

RTCP jitter, RTT және жоғалу статистикасы

Бір бағыттағы медиа және қабылдау туралы есеп



SR уақыт сәйкестігін береді | RR қабылдау статистикасын береді

Jitter үлгісі

8 кГц сағатта timestamp айырмасы 160, қабылдау айырмасы 184 болса: D=24 бірлік=3 мс. J=16 болса, жаңартылған J=16,5 бірлік≈2,0625 мс.

RTT бағасы

RTT = A − LSR − DLSR. Оқу мысалы: 10,00 − 9,70 − 0,20 = 0,10 с = 100 мс. Бұл біржақты кідіріс емес.

1000 пакет күтіліп, 990 уақытында алынса, жоғалу үлесі 1%. Бірақ топтасқан 10 жоғалу мен шашыраңқы 10 жоғалудың естілу әсері бірдей емес.

RTP және RTCP терминдері

Термин	Мағынасы
RTP сағаты	Медиа timestamp өсімін түсіндіретін уақыт бірлігінің жиілігі.
Реттілік айналымы	Шектеулі биттік реттік өрістің ең жоғары мәннен кейін қайта басталуы.
LSR	Қабылданған соңғы Sender Report уақыт белгісіне қатысты өріс.
DLSR	Соңғы Sender Report алынғаннан кейін өткен уақыт туралы өріс.
RTT	Бақылау ақпаратының барып қайту уақытының бағасы.

Қорытынды

RTP медиа деректер мен оларды ойнатуға қажетті реттік және уақыттық ақпаратты жеткізеді. RTCP қабылдау статистикасы мен синхрондау деректерін береді. Бұл хаттамалар өздігінен жеткізуге немесе сапаға кепілдік бермейді; өлшемнің бағыты мен RTP сағат жиілігін ескеру қажет.

Білімді бекітуге арналған сұрақтар:

1. RTP тақырыбының ең аз ұзындығы қандай және ол қашан ұлғаяды?
2. Sequence number мен timestamp қандай әртүрлі ақпарат береді?
3. G.711 үшін 20 мс пакеттеу кезінде timestamp өсімі неге 160 болады?
4. Динамикалық Payload Type нөмірінің кодегін қалай анықтайсыз?
5. RTCP SR, RR және SDES пакеттерінің міндеттерін салыстырыңыз.
6. RTCP арқылы есептелген RTT неліктен біржақты кідіріске тең емес?
7. 65535-тен кейін sequence number нөлге ауысса, статистика оны қалай түсіндіруі тиіс?
8. Ретсіз пакет пен кешігіп ойнатуға жарамсыз пакетті салыстырыңыз.
9. RTCP jitter формуласындағы D нені сипаттайды және қандай бірлікпен есептеледі?
10. LSR және DLSR өрістерінің RTT есебіндегі рөлі қандай?
11. Бір пайыз шашыраңқы және бір пайыз топтасқан жоғалудың әсері неге бірдей емес?
12. Capture жүйесінің өзі пакет өткізіп алса, қорытындыны қалай тексересіз?

Практикалық тапсырма

G.711 ағыны әр 20 мс сайын бір RTP пакетін жібереді. Үзіндідегі sequence number мәндері 100, 101, 103; timestamp мәндері 10000, 10160, 10480. Пакеттердің ретсіз кешігіп келмегені кейінгі бақылаумен расталған деп алыңыз. Жетпеген пакетті, timestamp қадамын және осы қысқа үзіндідегі күтілген пакеттер санын анықтаңыз. Ұзақ мерзімді жоғалу пайызын осы үш пакеттен неге сенімді бағалау мүмкін емес екенін түсіндіріңіз.

Орындау критерийлері

- Timestamp қадамы дұрыс табылған – 2 балл.
- Жетпеген sequence number анықталған – 2 балл.
- Күтілген пакет саны және үзінді шекарасы дұрыс түсіндірілген – 3 балл.
- Қысқа бақылаудың статистикалық шектеуі аталған – 3 балл.

Әдебиеттер тізімі:

1. RFC 3550 RTP A Transport Protocol for Real Time Applications
2. RFC 3551 RTP Profile for Audio and Video Conferences
3. RFC 8866 SDP Session Description Protocol
4. RFC 7587 RTP Payload Format for the Opus Speech and Audio Codec