

ДОДАТОК А.

Перелік графічних матеріалів атестаційної роботи

*Харківський національний університет
радіоелектроніки*



Кафедра АПОТ

Атестаційна робота на тему:

**Реалізація системи допомоги
прийняття рішення при оцінюванні
якості доставлення пакетів в
мультисервісних мережах**

ст. гр. СКСм-17-1

Кулік І.С.

123 – Комп'ютерна інженерія

Науковий керівник:

*Шкіль Олександр Сергійович,
кандидат технічних наук, доцент*

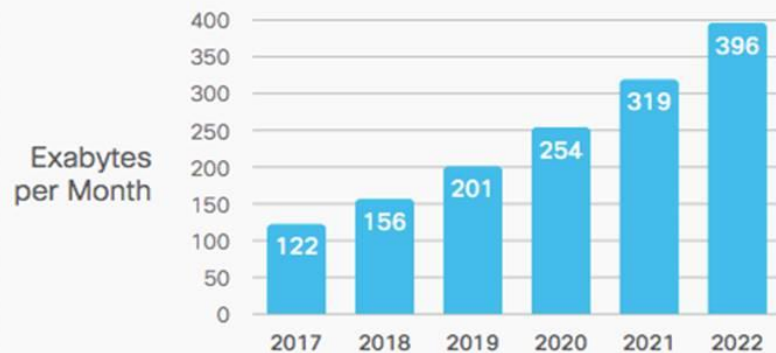


Актуальність теми дослідження



Мультисервісна мережа зв'язку (МСМ, IP-мережа) – мережа зв'язку, побудована відповідно до концепції мережі зв'язку наступного покоління (NGN), яка відрізняється ступенем надійності, характерної для телефонних мереж і забезпечує низьку вартість передачі в розрахунку на одиницю об'єму інформації.

Зростання IP-трафіку в мультисервісних мережах



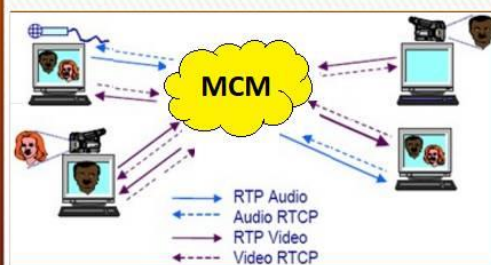
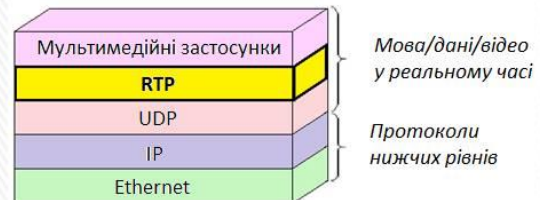
Згідно з прогнозом Cisco, опублікованому в щорічному звіті «Наочний індекс розвитку мережевих технологій», в період з 2017 по 2022 рр. світовий IP-трафік потроїться.

Якість обслуговування (Quality of services, QoS) – сукупність характеристик послуг електрозв'язку, які мають відношення до її можливості задовольняти встановлені і очікувані потреби користувача послуги (МСЕ-Т Е.802).

3

Протокол RTP/RTCP

До найбільш вимогливого типу трафіку відноситься **трафік реального часу** (IP-телефонія та відеоконференцзв'язок, процеси управління, ігри-online і т.д.). Передача такого трафіку була б неможлива без використання спеціальних протоколів **Real-time Transport Protocol (RTP)**. На рисунку представлені рівні протоколу RTP/UDP/IP.



На практиці протокол RTP невіддільний від протоколу **RTCP (Real-Time Transport Control Protocol)**. Завдяки многадресній природі протоколів RTP/RTCP, всі учасники сеансу зв'язку отримують звіти зворотного зв'язку від інших учасників і, таким чином, кожен з них може оцінити швидкість передачі даних, рівень загублених пакетів, затримки і т.п.

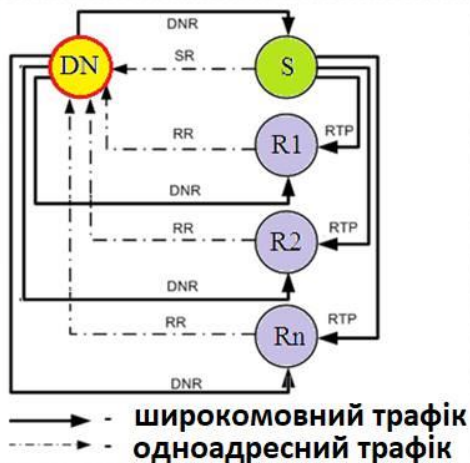
При цьому стандартом RFC 3550 встановлено, що частина смуги пропускання, що виділяється для RTCP, не може перевищувати 5%.

4

Розширена модель зворотного зв'язку RTCP

Якщо частка службового широкомовного трафіка **перевищує 5%**, то щоб уникнути широкомовного шторму **RTCP пакети відкидаються**. Останнє хоча і не призводить до безпосереднього погіршення якості передачі даних, проте веде до втрати службової інформації, яка може стати корисною для поліпшення якості передачі IP-пакетів.

Для скорочення і концентрації службового трафіку була використана **модель зворотного зв'язку RTCP з діагностичним вузлом (ДВ)**.



На підставі аналізу DNR-звітів, сконцентрованих на ДВ, адміністратор може прийняти рішення про те, які заходи необхідно провести для покращення якості зв'язку.

Як інструмент пропонується використовувати **систему підтримки прийняття рішення (СППР)**.

5

Мета і завдання дослідження

Мета дослідження – розробка системи підтримки прийняття рішення для оцінки якості доставки пакетів в МСМ шляхом концентрації службового трафіку (RTCP-пакетів) на одному діагностичному вузлі.

Завдання дослідження:

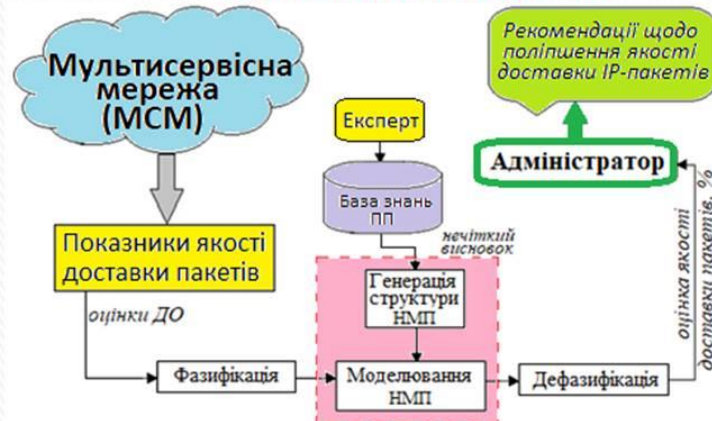
- Проаналізувати стандарти щодо забезпечення якості обслуговування в МСМ, вибрати найбільш значимі параметри, що впливають на QoS.
- Дослідити способи передачі трафіку реального часу, а також методи забезпечення QoS.
- Застосувати розширену модель зворотного зв'язку RTCP з введенням діагностичного вузла для скорочення обсягу і концентрації RTCP-трафіку.
- Створити модель оцінки якості доставки пакетів в МСМ за допомогою нечітких мереж Петрі.
- Спроекувати структуру системи підтримки прийняття рішення при оцінці якості доставки пакетів.
- Виконати аналіз ефективності нечіткої моделі мережі Петрі.
- Виконати експеримент з настройки сервера IP-телефонії Asterisk для його подальшого використання в якості діагностичного вузла.

6

Система підтримки прийняття рішення про якість доставки IP-пакетів

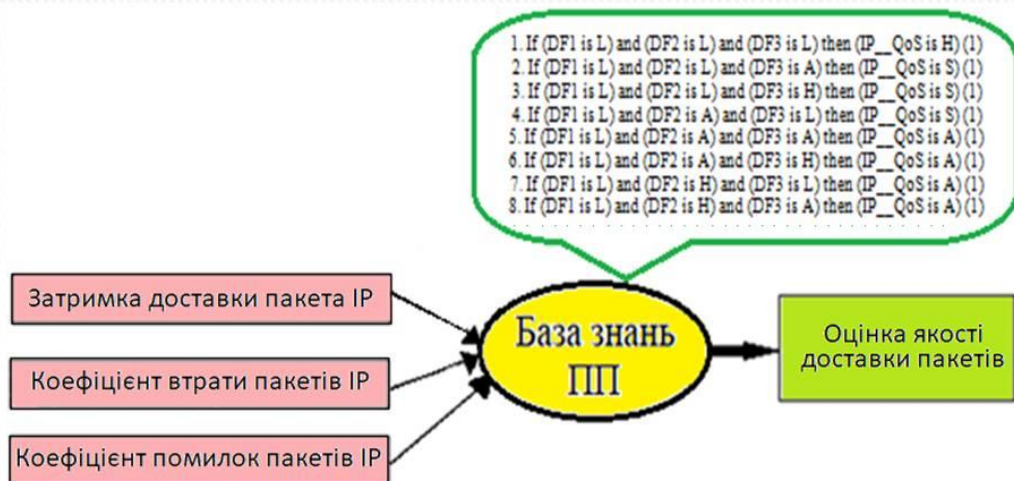
Крім інформації, що поступає до адміністратора від програмного забезпечення, є також і нечітка інформація, що поступає від користувачів мережі в словесній формі (наприклад, розмова по IP-телефону «переривається», передача файлу «зависає», приходять «біті» файли).

Таким чином, в якості інструменту при ухваленні рішення про якість доставки пакетів в МСМ адміністратору пропонується використовувати СППР, в основі якої лежить **нечітка мережа Петрі (НМП)**.



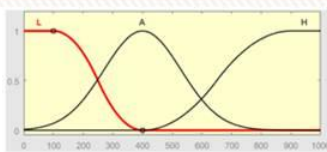
7

Нечітка модель оцінки якості доставки IP-пакетів

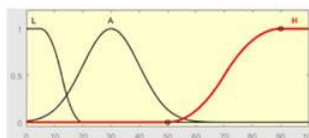


8

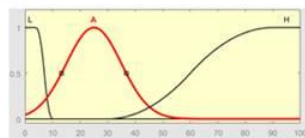
Фазифікація діагностичних ознак



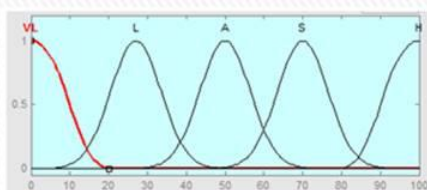
Терми	Діапазони	Тип ФП	Параметри
H <u>Low</u>	0 400	zmf	[100 400]
C <u>Average</u>	100 700	gaussmf	[130 400]
B <u>High</u>	500 1000	smf	[400 900]



Терми	Діапазони	Тип ФП	Параметри
H <u>Low</u>	0 20	zmf	[5 20]
C <u>Average</u>	5 55	gaussmf	[10 30]
B <u>High</u>	50 100	smf	[50 90]



Терми	Діапазони	Тип ФП	Параметри
H <u>Low</u>	0 10	zmf	[4 10]
C <u>Average</u>	5 45	gaussmf	[10 25]
B <u>High</u>	30 100	smf	[30 90]

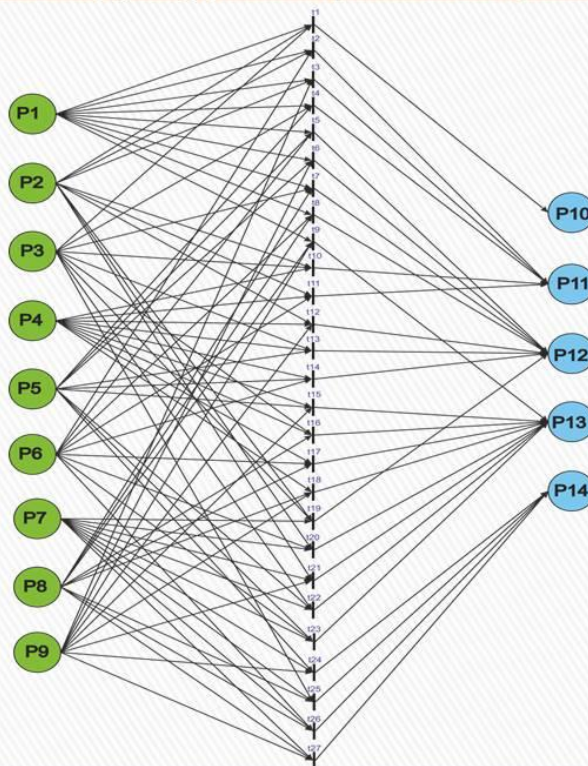


Терми	Діапазони	Тип ФП	Параметри
ДН <u>Very low</u>	0 20	zmf	[0 20]
H <u>Low</u>	10 40	gaussmf	[6.5 27]
C <u>Average</u>	30 70	gaussmf	[6.5 50]
Д <u>Sufficient</u>	50 90	gaussmf	[6.5 70]
B <u>High</u>	80 100	smf	[80 100]

9

Генерація структури мережі Петрі

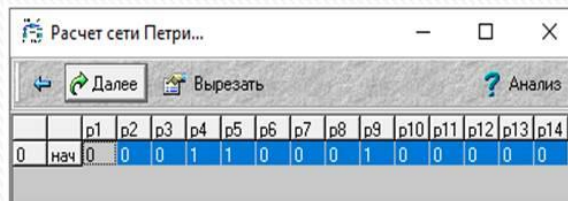
Підумови та підвисновки ПП	Позиція
DF1 is L	p1
DF2 is L	p2
DF3 is L	p3
DF1 is A	p4
DF2 is A	p5
DF3 is A	p6
DF1 is H	p7
DF2 is H	p8
DF3 is H	p9
IP_QoS is H	p10
IP_QoS is S	p11
IP_QoS is A	p12
IP_QoS is L	p13
IP_QoS is VL	p14



10

Перевірка коректності структури мережі Петрі

Для перевірки коректності запропонованої структури мережі Петрі задаймо початкове маркування наступним чином $M_0 = [00011000100000]$. Одиниці відповідають наявності маркерів у позиціях p4, p5 та p9.



В результаті розрахунку мережі Петрі, бачимо що спрацював перехід t15. В результаті чого, мітка перейде до позиції p13. Що співпадає з продукційним правилом № 15, а саме:

If (DF1 is A) and (DF2 is A) and (DF3 is H) then (IP_QoS is L).

11

Матриці інцидентності розробленої мережі Петрі

Матрица позиций :															Матрица переходов :																	
Q	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10	p11	p12	p13	p14	R	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10	p11	p12	p13	p14			
t1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	t1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0			
t2	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	t2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0		
t3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	t3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0		
t4	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	t4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0		
t5	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	t5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0		
t6	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	t6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0		
t7	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	t7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0		
t8	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	t8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0		
t9	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	t9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
t10	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	t10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0		
t11	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	t11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0		
t12	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	t12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
t13	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	t13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
t14	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	t14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
t15	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	t15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
t16	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	t16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
t17	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	t17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
t18	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	t18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
t19	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	t19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
t20	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	t20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
t21	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	t21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
t22	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	t22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
t23	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	t23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
t24	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	t24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
t25	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	t25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
t26	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	t26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
t27	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	t27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

Безсумнівною перевагою уявлення бази правил у формі мережі Петрі є наочність і візуалізація їх побудови.

12

Нечітка мережа Петрі

Нечітка модель Петрі для оцінки якості доставки пакетів в МСМ передбачає використання ступеней істинності підумов правил в якості початкового маркування $m_0 = (m_1^0, m_2^0, \dots, m_n^0)$, яке в цьому випадку описує поточну ситуацію в мережі, що моделюється. Розглянемо приклад моделювання.

Допустимо, що користувач оцінив вхідні ДО наступним чином:

- ✓ затримка доставки 500 мс,
- ✓ коефіцієнт втрат 10%,
- ✓ коефіцієнт помилок 80%.



$DF1=500, DF2=10, DF3=80.$

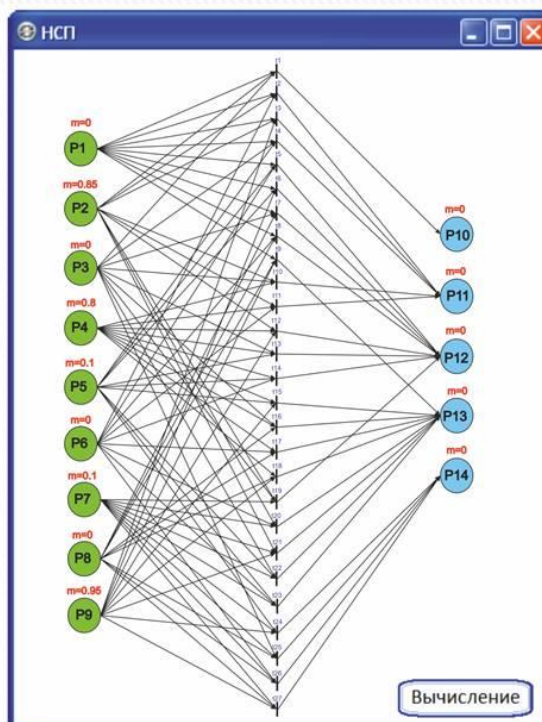
Підумови ПП	Позиції	Ступені істинності
DF1 is L	p1	0
DF2 is L	p2	0.85
DF3 is L	p3	0
DF1 is A	p4	0.8
DF2 is A	p5	0.1
DF3 is A	p6	0
DF1 is H	p7	0.1
DF2 is H	p8	0
DF3 is H	p9	0.95

13

Моделювання нечіткої мережі Петрі

Ступені істинності, представлені на слайді 13, складають **вектор початкового маркування** $M_0 = [0 \ 0.85 \ 0 \ 0.8 \ 0.1 \ 0 \ 0.1 \ 0 \ 0.95 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]$ для проведення моделювання нечіткої мережі Петрі згідно з даними експерименту.

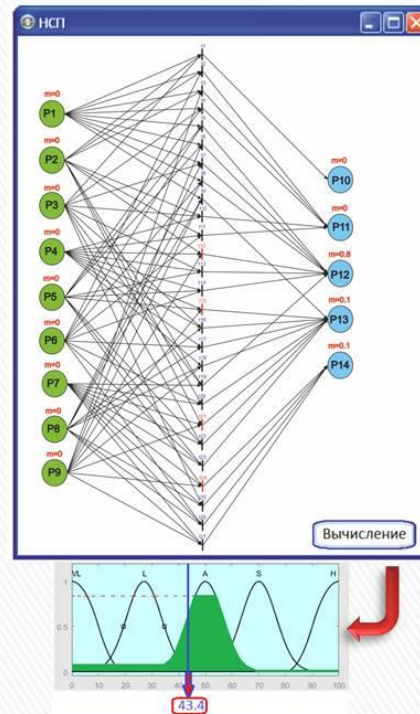
Останні п'ять нулів вектору відповідають вихідним позиціям, значення маркування яких ми маємо дізнатися.



14

Моделювання нечіткої мережі Петрі

№ ПП	Ступені істинності			Ступені істинності ПП
	DF1	DF2	DF3	
1	0	0.85	0	0
2	0	0.85	0	0
3	0	0.85	0.95	0
4	0	0.1	0	0
5	0	0.1	0	0
6	0	0.1	0.95	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	0	0	0.95	0
10	0.8	0.85	0	0
11	0.8	0.85	0	0
12	0.8	0.85	0.95	0.8
13	0.8	0.1	0	0
14	0.8	0.1	0	0
15	0.8	0.1	0.95	0.1
16	0.8	0	0	0
17	0.8	0	0	0
18	0.8	0	0.95	0
19	0.1	0.85	0	0
20	0.1	0.85	0	0
21	0.1	0.85	0.95	0.1
22	0.1	0.1	0	0
23	0.1	0.1	0	0
24	0.1	0.1	0.95	0.1
25	0.1	0	0	0
26	0.1	0	0	0
27	0.1	0	0.95	0



15

Експеримент

Виконавши аналіз результатів нечіткого виводу, можливо побудувати графіки, що покажуть залежність якості доставки пакетів від того чи іншого параметру:

$$IP_delivery_quality = f(DF1, DF2, DF3),$$

де $IP_delivery_quality$ – якість доставки пакетів, %;

$DF1$ – затримка доставки пакета, мс;

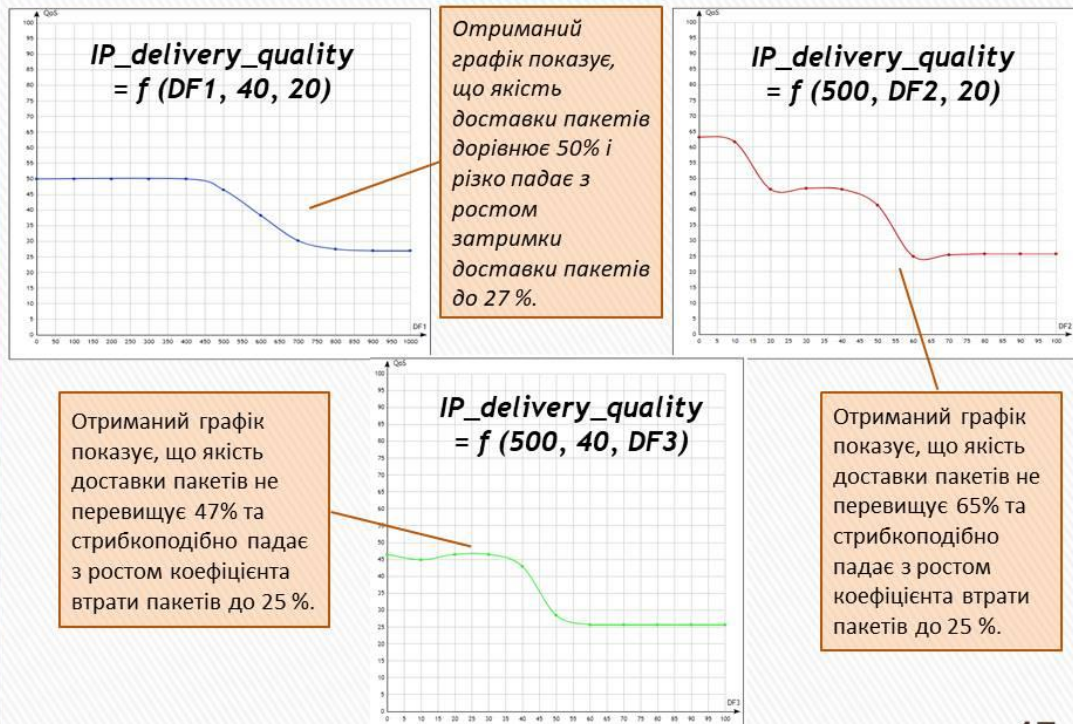
$DF2$ – коефіцієнт втрати пакетів, %;

$DF3$ – коефіцієнт помилок пакетів, %.

При проведенні експерименту проаналізовані RTP-пакети, що пересилаються всередині МСМ. Значення параметрів доставки (оцінок діагностичних ознак) подаються на вхід СППР (слайд 7).

16

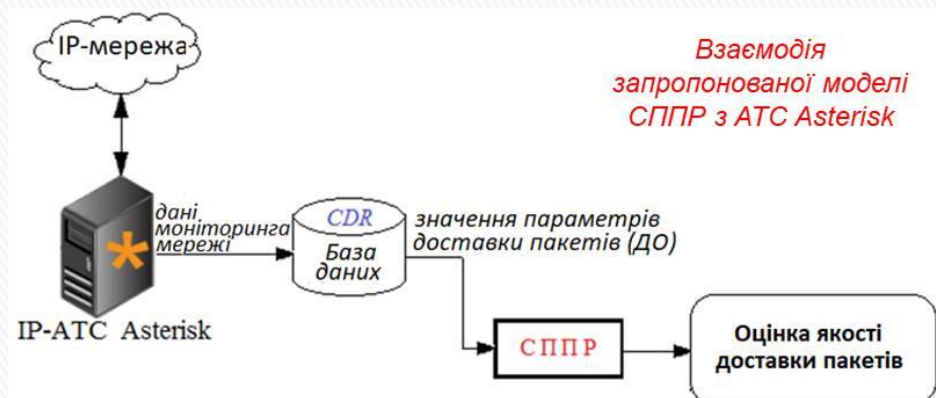
Результати експерименту



17

Інтеграція IP-сервера Asterisk у СППР

Для моделювання роботи RTCP протоколу з діагностичним вузлом була розгорнута система IP-телефонії на базі IP ATC Asterisk.



Вся інформація про телефонну розмову записується в CDR файл (Call Detail Record). Виконати аналіз CDR записів безпосередньо використовуючи систему Asterisk не видається можливим.

18

Аналізатор протоколів Wireshark

Мережевий аналізатор дозволяє перехопити весь трафік, як на серверній, так і на клієнтських сторонах.

48	43.05623000E	192.168.1.4	192.168.1.5	RTP	214	PT=ITU-T	G.711	PCMU	SSRC=0x6952	Seq=29359	Time=51390	
49	43.05639200E	192.168.1.5	192.168.1.2	RTP	214	PT=ITU-T	G.711	PCMU	SSRC=0x7CD33A3E	Seq=59615	Time=51384	
50	43.07109300E	192.168.1.2	192.168.1.5	RTP	214	PT=ITU-T	G.711	PCMU	SSRC=0x6952	Seq=29359	Time=50382	
51	43.07613900E	192.168.1.4	192.168.1.5	RTP	214	PT=ITU-T	G.711	PCMU	SSRC=0x6952	Seq=29360	Time=51550	
52	43.07625000E	192.168.1.5	192.168.1.2	RTP	214	PT=ITU-T	G.711	PCMU	SSRC=0x7CD33A3E	Seq=59616	Time=51544	
53	43.08932000E	192.168.1.2	192.168.1.5	RTP	214	PT=ITU-T	G.711	PCMU	SSRC=0x6952	Seq=29360	Time=50542	
54	43.09614100E	192.168.1.4	192.168.1.5	RTP	214	PT=ITU-T	G.711	PCMU	SSRC=0x6952	Seq=29361	Time=51710	
55	43.09629300E	192.168.1.5	192.168.1.2	RTP	214	PT=ITU-T	G.711	PCMU	SSRC=0x7CD33A3E	Seq=59617	Time=51704	
57	43.11183900E	192.168.1.2	192.168.1.5	RTP	214	PT=ITU-T	G.711	PCMU	SSRC=0x6952	Seq=29361	Time=50702	
58	43.11196600E	192.168.1.5	192.168.1.4	RTP	214	PT=ITU-T	G.711	PCMU	SSRC=0x75705907	Seq=27891	Time=50696	Mark
59	43.11612600E	192.168.1.4	192.168.1.5	RTP	214	PT=ITU-T	G.711	PCMU	SSRC=0x6952	Seq=29362	Time=51870	
60	43.11622000E	192.168.1.5	192.168.1.2	RTP	214	PT=ITU-T	G.711	PCMU	SSRC=0x7CD33A3E	Seq=59618	Time=51864	

RTP – трафік

15735	178.22719800E	192.168.1.5	192.168.1.4	RTCP	106	Sender Report	Source description	
16702	183.03684200E	192.168.1.2	192.168.1.5	RTCP	122	Sender Report	Source description	
16737	183.19802600E	192.168.1.5	192.168.1.2	RTCP	106	Sender Report	Source description	
16746	183.22030000E	192.168.1.2	192.168.1.5	RTCP	122	Sender Report	Source description	
16749	183.22756600E	192.168.1.5	192.168.1.4	RTCP	106	Sender Report	Source description	
16832	183.64090600E	192.168.1.2	192.168.1.5	RTCP	82	Receiver Report	Goodbye	
16869	195.00537500E	192.168.1.2	192.168.1.5	RTCP	122	Sender Report	Source description	
16880	195.10878600E	192.168.1.4	192.168.1.5	RTCP	142	Sender Report	Source description	Generic RTP Feedback
17925	200.27615600E	192.168.1.2	192.168.1.5	RTCP	122	Sender Report	Source description	
18022	200.74805300E	192.168.1.4	192.168.1.5	RTCP	142	Sender Report	Source description	Generic RTP Feedback
19171	206.39580100E	192.168.1.4	192.168.1.5	RTCP	142	Sender Report	Source description	Generic RTP Feedback
19318	207.12766200E	192.168.1.2	192.168.1.5	RTCP	122	Sender Report	Source description	
20606	213.53051200E	192.168.1.4	192.168.1.5	RTCP	142	Sender Report	Source description	
20740	214.10486700E	192.168.1.2	192.168.1.5	RTCP	122	Sender Report	Source description	Generic RTP Feedback

RTCP – трафік

19

Детальна інформація по RTCP пакету

Детальний аналіз RTCP пакета дає інформацію про параметри доставки пакета.

Wireshark - Packet 22791 - 1

```

Frame 22791: 86 bytes on wire (688 bits), 86 bytes captured (688 bits) on interface 0
Ethernet II, Src: PcsSystem_a7:0b:e2 (08:00:27:a7:0b:e2), Dst: LiteonTe_ea:09:a5 (74:e5:43:ea:09:a5)
Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.5, Dst: 192.168.1.4
User Datagram Protocol, Src Port: 12523, Dst Port: 48029
Real-time Transport Control Protocol (Receiver Report)
  [Stream setup by SDP (frame 20803)]
  10.. .... = Version: RFC 1889 Version (2)
  ..0. .... = Padding: False
  ...0 0001 = Reception report count: 1
  Packet type: Receiver Report (201)
  Length: 7 (32 bytes)
  Sender: SSRC: 0x715fa51d (1902093597)
  Source 1
    Identifier: 0x00003d6c (15724)
    SSRC contents
      Fraction lost: 241 / 256
      Cumulative number of packets lost: 236
      Extended highest sequence number received: 19919
      Sequence number cycles count: 0
      Highest sequence number received: 19919
      Interarrival jitter: 4
      Last SR timestamp: 0 (0x00000000)
      Delay since last SR timestamp: 0 (0 milliseconds)
  Real-time Transport Control Protocol (Source description)
  [Stream setup by SDP (frame 20803)]
  [Setup frame: 20803]
  [Setup Method: SDP]
  10.. .... = Version: RFC 1889 Version (2)
  0000 74 e5 43 ea 09 a5 00 00 27 a7 0b e2 08 00 45 00  t.c.....E.
  0010 00 48 e2 4b 40 00 40 11 d4 ff c0 a8 01 05 c0 a8  .H.K@.
  0020 01 04 30 eb 9c 5d 00 34 00 20 81 00 07 71 5f  .0..].4...q_
  0030 a5 1d 00 00 3d 6c f1 00 00 ec 00 00 4d cf 00 00  .==l...M...
  0040 00 04 00 00 00 00 00 00 00 81 ca 00 02 71 5f  .....q_
  0050 a5 1d 01 00 00 00
  
```

No.: 22791 - Time: 596.624044 - Source: 192.168.1.5 - Destination: 192.168.1.4 - Protocol: RTCP - Length: 86 - Info: Receiver Report Source description

Закрити Справка

20

Рекомендації щодо поліпшення якості доставки IP-пакетів

Методи зменшення затримки:

- збільшення пропускної спроможності;
- пріоритезація чутливого до затримок трафіку;
- компресії поля корисного навантаження;
- стиснення заголовків пакетів.

Методи зменшення частки втрачених пакетів:

- збільшення пропускної спроможності;
- збільшення буферного простору;
- відкидання пакетів з низьким пріоритетом;
- приховування втрачених пакетів.

Методи зменшення помилок послідовності:

- роутинг VoIP-дзвінків по надійним маршрутами;
- недопущення проходження пакетів від одного дзвінка по різних шляхах.

21

Висновки

- На основі аналізу стандартів щодо забезпечення якості обслуговування в МСМ, запропонована нечітка модель оцінки якості доставки IP-пакетів.
- Розроблено структуру системи підтримки прийняття рішення, в основі якої лежить нечітка мережа Петрі, що відображає заздалегідь підготовлену базу продукційних правил.
- Проведено діагностичні експерименти з оцінки якості доставки пакетів в МСМ. Отримані результати дали можливість визначити значення того чи іншого параметра, при якому досягається необхідне (бажане) значення якості доставки пакетів.
- Виконане моделювання роботи протоколу RTCP с діагностичним вузлом шляхом налаштування сервера IP-телефонії Asterisk, що дозволило сконцентрувати всі службові пакети. Для аналізу вмісту RTCP-пакетів використовувався аналізатор протоколів Wireshark.

22

Дякую за увагу!

