

УДК 654:004.7 (075.8)

Составители: В.Г.Довбня, И.Г. Бабанин, Д.С. Коптев

Рецензент

Кандидат физико-математических наук, доцент *С.Л. Погосян*

Проектирование **мультисервисных**
инфокоммуникационных сетей (часть 1): методические указания
по выполнению практических занятий / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.:
В.Г.Довбня, И.Г. Бабанин, Д.С. Коптев. - Курск, 2017. - 13 с.: ил. 1,
табл. 2. – Библиогр.: с. 13.

Полученные знания в результате выполнения практических занятий дадут возможность сформировать целостную картину информационного взаимодействия в современных сетях, что является фундаментом для изучения остальных дисциплин профессионального цикла учебного плана, а также могут быть использованы в будущей профессиональной деятельности выпускника, связанной с сетевыми технологиями.

Предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» по курсу «Проектирование мультисервисных инфокоммуникационных сетей».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать *15.12.17*. Формат 60×84/16.

Усл. печ. л. *0,755*. Уч-изд. *0,68* л. Тираж 100 экз. Заказ *3287* Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

1. Практическое занятие №1 «Расчет возникающей местной нагрузки»

Возникающую нагрузку создают вызовы (заявки на обслуживание), поступающие от абонентов (источников нагрузки) и занимающие на время обслуживания вызова различные устройства станции и соединительные линии между ними.

Согласно нормам технологического проектирования следует различать четыре категории (сектора) источников нагрузки:

- народнохозяйственный сектор;
- квартирный сектор;
- таксофоны;
- учрежденческие (ведомственные) станции УАТС.

Интенсивность возникающей местной нагрузки на станцию определяется формулой:

$$Y_{\text{возн}} = \sum_{i=1}^4 \frac{N_i \cdot C_i \cdot t_i}{3600}, \quad (1.1)$$

где: N_i – количество абонентов i - категории;

C_i – среднее число вызовов в час наибольшей нагрузки (ЧНН) от одного источника i - категории;

t_i – средняя продолжительность одного занятия от абонента i - категории, с;

i – категория абонента.

Средняя продолжительность одного занятия от абонента i категории определяется по формуле:

$$t_i = a_i \cdot P_p (t_{c.o} + n \cdot t_n + t_y + t_{n.в} + T_i), \quad (1.2)$$

где: a_i – коэффициент, учитывающий непроизводительное занятие оборудования;

P_p – доля вызовов, закончившихся разговором;

$$P_p = 0,5 - 0,65;$$

$t_{c.o}$ – время слушания сигнала ОС;

t_n – время набора цифр номера, с;

n – число набираемых цифр номера;

t_y – время установления соединения;

$t_{п.в}$ – время слушания сигнала контроля посылки вызова (КПВ);

T_i – средняя продолжительность разговора одного источника вызова (абонента) i - категории в ЧНН.

Параметры C_i , T_i , P_p определяются статистическими данными на действующих станциях ГТС и приведены в таблице 1. Среднее значение остальных параметров следующее:

$$t_{c.o} = 3с;$$

t_H : для ТА с импульсным набором номера $t_H = 1,5с$; для ТА с тональным набором номера $t_H = 0,8 с$;

$$t_y = 1,5с;$$

$$t_{п.в} = 7 – 8с.$$

Таблица 1 – Среднее значение основных параметров нагрузки

Количество жителей населенного пункта	Категории источников					
	Квартирный сектор		Народно-хозяйственный сектор		Таксофоны	
	$C_{кв}$	$T_{кв,с}$	$\frac{C_H}{X}$	$\frac{T_H}{X}, с$	Ст	Тт, с
При числе абонентов квартирного сектора до 65%. До 20 тыс. человек	0,9	100	3.1	80	6	110
От 20 до 100 тыс. чел.	1.1	110	3.5	85	8	110
От 100 до 500 тыс. чел.	1,1	110	3,6	85	10	110
Свыше 500 тыс. чел.	1,1	110	4,0	85	10	110
При числе абонентов квартирного сектора свыше 65%						
От 20 до 100 тыс. чел.	1,2	140	2,4	90	8	110
От 100 до 500 тыс. чел.	1,2	140	2,7	90	10	110
Свыше 500 тыс. чел.	1,2	140	3,3	90	10	110

Примечание. В таблице 1 не учитывается нагрузка к/от АМТС.

Коэффициент a_i учитывает продолжительность занятия оборудования станции вызовами, не заканчивающиеся разговором, т.е. в случае занятости вызываемого абонента, либо его не ответа; отсутствия свободных СЛ между станциями; ошибка при установлении соединения; неисправности оборудования и т.д. Величина a_i зависит от средней длительности разговора T_i и доли вызовов, заканчивающихся разговором P_p и определяется по графику (рисунок 1).

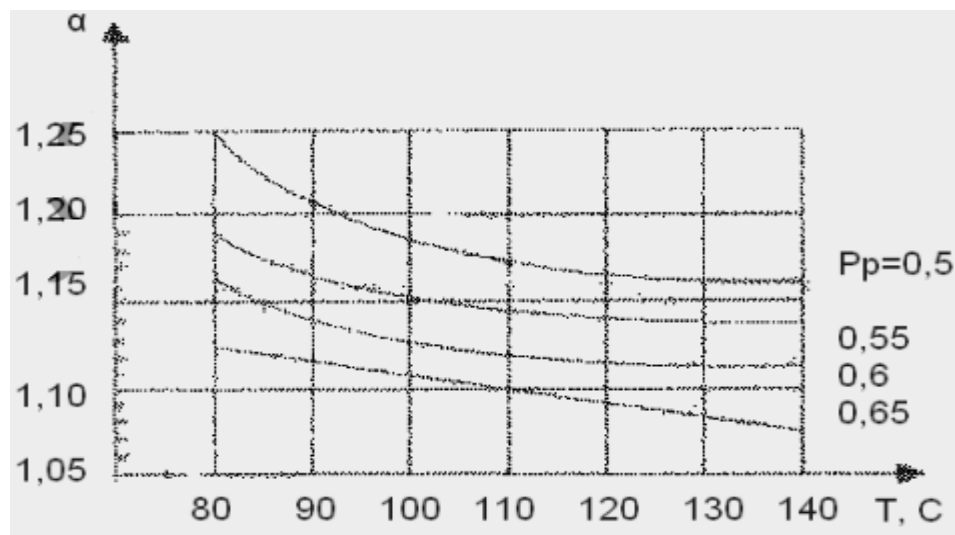


Рисунок 1 – График значений коэффициента a_i

Таким образом, возникающая местная нагрузка от источников вызова различных категорий, включаемых в j - станцию, определяется по формуле:

$$Y_{\text{возн}j} = Y_{\text{кв}j} + Y_{\text{н/х}j} + Y_{\text{макс}j} + Y_{\text{АТС}j}, \quad (1.3)$$

где: $Y_{\text{кв}j} = \frac{N_{\text{кв}} \cdot C_{\text{кв}} \cdot t_{\text{кв}}}{3600}$

Если заданы удельные нагрузки от одного абонента различных категорий, то существует другой способ определения возникающей местной нагрузки, а именно:

$$Y_{\text{возн}j} = \sum_{i=1}^4 a_i \cdot P_p \cdot (y_i \cdot N_i), \quad (1.4)$$

где: a_i – коэффициент, учитывающий непроизводительное занятие оборудования, находится из рисунка 1;

P_p – доля вызовов, закончившихся разговором;

y_i – удельная нагрузка от абонента i категории;

N_i – количество абонентов i категории.

Производятся расчеты возникающей нагрузки для каждой станции сети $Y_{\text{возн}j}$ и определяется суммарная возникающая местная нагрузка сети [1]:

$$\sum_{n=1}^K Y_{\text{возн}j}, \quad (1.5)$$

где: K – количество станций на сети.

2. Практическое занятие №2 «Расчет нагрузки к узлу спецслужб УСС. Расчет нагрузки на ГТС от абонентов сотовой подвижной связи»

2.1. Расчет нагрузки к узлу спецслужб УСС

К узлу спецслужб обычно направляется 3 – 5% от возникающей нагрузки каждой станции сети и нагрузка к УСС рассчитывается по формуле:

$$Y_{\text{УСС}} = Y_{\text{выхКП}j} \cdot K_{\text{УСС}}, \quad (2.1)$$

где: $K_{\text{УСС}j}$ – доля нагрузки направленная к УСС, обычно 3 – 5%;

$Y_{\text{выхКП}j}$ – нагрузка, возникающая на выходе коммутационного поля (КП), определяется по формуле:

$$Y_{\text{выхКП}j} = Y_{\text{возн}j} \cdot \varphi_k, \quad (2.2)$$

где: φ_k – коэффициент, учитывающий снижение нагрузки на выходе КП: при 5- значной нумерации ГТС $\varphi_k = 0,89$; при 6- нумерации ГТС $\varphi_k = 0,88$; при 7- значной нумерации ГТС $\varphi_k = 0,87$.

Расчеты производятся для каждой станции сети [1].

2.2. Расчет нагрузки на ГТС от абонентов сотовой подвижной связи (СПС)

Количество сотовых аппаратов, действующих на территории города, определяется по формуле:

$$N_{СПС} = \frac{N_{НАС} \cdot \%_{СПС}}{100\%}, \quad (2.3)$$

где: $N_{НАС}$ – численность населения города;

$\%_{СПС}$ – процентное соотношение количества абонентов СПС от числа жителей города.

Интенсивность нагрузки, создаваемая абонентами сотовой подвижной связи рассчитывается по формуле:

$$Y_{СПС} = y_{СПС} \cdot N_{СПС}, \quad (2.4)$$

где: $Y_{СПС}$ – удельная нагрузка абонента сотовой связи.

$$Y_{СПС-ТФОП} = \frac{Y_{СПС} \cdot \%_{СПС-ТФОП}}{100\%}, \quad (2.5)$$

где: $\%_{СПС-ТФОП}$ – процентное соотношение числа абонентов СПС от общего их числа, создающих нагрузку на ТФОП.

Исходящая нагрузка от абонентов ТФОП к абонентам СПС равна входящей нагрузке от абонентов СПС к абонентам ТФОП, тогда:

$$Y_{ИСХ-СПС} = Y_{СПС-ВХ} = \frac{Y_{СПС-ТФОП}}{2}. \quad (2.6)$$

Данная нагрузка распределяется между всеми станциями сети пропорционально возникающей нагрузке станции и тогда интенсивность нагрузки к каждой j -станции от сети СП будет:

$$Y_{j-СПС} = Y_{СПС-j} = \frac{Y_{вознj} \cdot Y_{ВХ-СПС}}{\sum_{n=1}^K Y_{вознn}}, \quad (2.7)$$

где: $Y_{вознj}$ – возникающая местная нагрузка j сети, рассчитанная по формуле (1.1) или (1.4);

$\sum_{n=1}^K Y_{вознn}$ – суммарная возникающая местная нагрузка сети с K -станциями [1].

3. Практическое занятие №3 «Расчет внутростанционной и межстанционных нагрузок»

Возникающая местная нагрузка от абонентов j -станции, поступающая на вход КП, распределяется по станциям сети, к узлу спецслужб и часть нагрузки замыкается внутри самой j -станции, создавая тем самым внутростанционную нагрузку.

Распределение нагрузки по станциям носит случайный характер, поэтому точное определение межстанционных потоков невозможно. Это можно сделать лишь после введения станции в эксплуатацию путем анализа проведенных измерений.

Известно, что на распределение исходящих потоков нагрузки по направлениям оказывают влияние много факторов: величины возникающих нагрузок, создаваемые абонентами станций, расстояние между станциями, удельный вес и взаимоотношение административных, промышленных ведомственных и других организаций города и др. Из всех факторов в рассматриваемом способе в качестве основного фактора принята возникающая нагрузка j -станции и суммарная нагрузка сети.

Согласно данному способу сначала находится нагрузка, подлежащая распределению между станциями сети, т.е. исходящая нагрузка j -станции:

$$Y_{ИСХj} = Y_{вых-КПj} - Y_{j-УСС} - Y_{j-j}, \quad (3.1)$$

где: $Y_{\text{вых-КП } j}$ – нагрузка на выходе КП j станции, определяется по формуле (2.2);

$Y_{j-\text{УСС}}$ – нагрузка от j станции к УСС, определяется по формуле (2.1);

Y_{j-j} – внутростанционная нагрузка j станции.

Внутростанционная нагрузка Y_{j-j} определяется по формуле:

$$Y_{j,j} = \frac{(Y_{\text{вых-КП}j} - Y_{j-\text{УСС}}) \cdot K_{\text{вн.сооб}j}}{100\%}, \quad (3.2)$$

где: $Y_{\text{вых-КП } j}$ – нагрузка на выходе КП j станции, определяется по формуле (2.2);

$Y_{j-\text{УСС}}$ – нагрузка от j станции к УСС, определяется по формуле (2.1);

$K_{\text{вн.сооб } j}$ – коэффициент внутростанционного сообщения, определяющий долю нагрузки, замыкающейся внутри j - станции и определяется в зависимости от коэффициента веса $K_{\text{в}}$.

Коэффициент веса $K_{\text{в}}$ определяет соотношение возникающей местной нагрузки j станции у суммарной возникающей нагрузке сети, т.е.

$$K_{\text{в}j} = \frac{Y_{\text{возн}j}}{\sum_{n=1}^K Y_{\text{возн}n}} \cdot 100\%, \quad (3.3)$$

где: $Y_{\text{возн } j}$ – возникающая нагрузка j станции;

$\sum_{n=1}^K Y_{\text{возн } n}$ – суммарная нагрузка сети.

В таблице 2 приведены соотношения между коэффициентом веса $K_{\text{в}}$ и коэффициентом внутростанционного $K_{\text{в.н.сооб}}$.

Таблица 2 – Соотношение между коэффициентом веса $K_{\text{в}}$ и коэффициентом внутростанционного сообщения $K_{\text{в.н.сооб}}$

$K_{\text{в}} \%$	$K_{\text{в.н.сооб}} \%$	$K_{\text{в}} \%$	$K_{\text{в.н.сооб}} \%$	$K_{\text{в}} \%$	$K_{\text{в.н.сооб}} \%$
0,5	16,0	8,0	24,2	35,0	50,4

1,0	18,0	8,5	25,1	40,0	54,5
1,5	18,7	9,0	25,8	45,0	58,2
2,0	19,0	9,5	26,4	50,0	61,8
2,5	19,2	10,0	27,4	55,0	66,6
3,0	19,4	10,5	27,6	60,0	69,4
3,5	19,7	11,0	28,6	65,0	72,8
4,0	20,0	12,0	30,0	70,0	76,4
4,5	20,2	13,0	31,5	75,0	80,4
5,0	20,4	14,0	32,9	80,0	81,3
5,5	20,7	15,0	33,3	85,0	88,1
6,0	21,0	20,0	38,5	90,0	92,2
6,5	21,7	25,0	42,4	95,0	95,1
7,0	22,6	30,0	46,0	100,0	100
7,5	23,5				

Таким образом рассчитывается исходящая нагрузка для каждой станции сети и определяется суммарная исходящая нагрузка сети:

$$Y_{исх} = \sum_{n=1}^K Y_{исхn} , \quad (3.4)$$

где: K – количество станций на сети.

Нагрузка на входе КП j - станции, которая будет распределена по направлению к другим станциям сети – это $Y_{исх}$, она распределяется пропорционально доле исходящих потоков станций в их общем исходящем сообщении сети.

Таким образом, величина нагрузки между станциями j и l или величина исходящей нагрузки, направляемая от станции j к станции l , определяется по формуле:

$$Y_{j-l} = \frac{Y_{исх-j} \cdot Y_{исх-l}}{\left(\sum_{n=1}^K Y_{исх-n} \right) - Y_{исх-j}} , \quad (3.5)$$

где: $Y_{исх j}$ и $Y_{исх l}$ – исходящие нагрузки на входе КП станций j и станций l .

Входящая нагрузка от l станции к j станции [1]:

$$Y_{l-j} = \frac{Y_{ucx-l} \cdot Y_{ucx-j}}{\left(\sum_{n=1}^K Y_{ucx-n} \right) - Y_{ucx-l}}. \quad (3.6)$$

4. Практическое занятие №4 «Расчет междугородной нагрузки. Расчет числа соединительных линий межстанционной связи»

4.1. Расчет междугородной нагрузки

Междугородная исходящая нагрузка, т.е. нагрузка заказно-соединительные линии (ЗСЛ) от одного абонента равна $Y_{зсл} = 0,002$ Эрл (определяется по данным измерений для каждого города индивидуально).

Связь абонентов ТФОП с абонентами сотовой подвижной связи СПС осуществляется через АТМС. Поэтому нагрузка междугородная исходящая на ЗСЛ j станции будет:

$$Y_{зслj} = y_{зсл} \left(\sum (N_{кв} + N_{н/х}) \right) + Y_{j-СПС}, \quad (4.1)$$

где: $y_{зсл}$ – удельная нагрузка на ЗСЛ от одного источника вызова.

Входящая междугородная нагрузка, т.е. нагрузка на соединительные линии междугородные СЛМ вычисляется по формуле:

$$Y_{слм} = y_{слм} \left(\sum (N_{кв} + N_{н/х}) \right) + Y_{СПС-j}, \quad (4.2)$$

где: $y_{слм}$ – удельная нагрузка, поступающая от АТМС.

$y_{слм}$ определяется аналогично $y_{зсл}$, можно считать $y_{зсл} = 0,0015$ Эрл[1].

4.2. Расчет числа соединительных линий межстанционной связи

При расчете числа соединительных линий необходимо учитывать:

- тип коммутационного оборудования;
- тип системы сигнализации;
- качество обслуживания вызовов.

Будем считать, что системы коммутации – цифровые, система сигнализации – ОКС № 7, используются линии одностороннего действия.

Тип системы коммутации влияет на метод определения числа СЛ, так как у цифровых АТС (АТСЭ) коммутационное поле полнодоступное, число СЛ определяется по первой формуле Эрланга:

$$P_B = \frac{\frac{Y^v}{v!}}{\sum_{k=1}^v \frac{Y^k}{k!}}, \quad (4.3)$$

где: P_B – вероятность потерь по времени, т.е. доля времени, когда все линии заняты;

v – количество линий;

Y – расчетная интенсивность нагрузки.

При числе $v > 250$ число СЛ в направлении следует определять методом интерполяции.

Для количественной оценки качества обслуживания систем с явными потерями, а цифровые системы коммутации относятся к ним, используется вероятность потерь по времени. Допустимые нормы потерь по направлениям следующие:

- при связи РАТС между собой $P = 0,005$;
- при связи РАТС с УСС $P = 0,001$;
- при связи РАТС с АМТС $P = 0,001$.

Значения первой формулы Эрланга табулированы, поэтому, зная допустимую вероятность потерь и рассчитав интенсивность нагрузки, можно легко определить количество линий в направлении. Но, при счете емкости пучков соединительных линий

используется, так называемое, расчетное значение нагрузок, которые учитывают нестационарность потока в часы наибольшей нагрузки (ЧНН) отдельных дней и в пределах фиксированного ЧНН.

Ранее были приведены все формулы среднего значения нагрузок в ЧНН – $\bar{Y}_{\text{ЧНН}}$. Для переводы средних значений нагрузок в расчетные используется формула:

$$Y_{\text{расч}} = \bar{Y}_{\text{ЧНН}} + 0,6742\sqrt{\bar{Y}_{\text{ЧНН}}}, \quad (4.4)$$

или

$$Y_{\text{расч}} = 1,06\bar{Y}_{\text{ЧНН}} + 0,27\sqrt{\bar{Y}_{\text{ЧНН}}}, \quad (4.5)$$

По данным матрицы нагрузок определяются расчетные значения нагрузок, а по первой формуле Эрланга – количество линий v в направлениях и составляется матрица соединительных линий межстанционной связи.

Расчет числа первичных потоков E_1 (трактов ИКМ) для линий одностороннего действия выполняется по формуле:

$$N_{E_1} = \left\lceil \frac{v}{30} \right\rceil, \quad (4.6)$$

где: $\lceil X \rceil$ – округление до большего целой части;

v – число линий;

N_{E_1} – число первичных потоков E_1 .

Для линий двустороннего действия используется формула

$$N_{E_1} = \left\lceil \frac{v}{31} \right\rceil. \quad (4.7)$$

Результаты расчетов свести в таблицу [1].

5. Список использованных источников:

- 1) Чаклова, М.И. Проектирование сетей связи: учеб.-метод. пособие / М.И. Чаклова. – Минск : БГУИР, 2012. – 95 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра космического приборостроения и систем связи

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
О.Г. Доктионова
«15» _____ 2017 г.



**ПРОЕКТИРОВАНИЕ МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ
ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ (ЧАСТЬ 2)**

Методические указания
по выполнению практических занятий
для студентов, обучающихся по направлению подготовки
11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»
по курсу «Проектирование мультисервисных
инфокоммуникационных сетей»

Курск 2017

УДК 654:004.7 (075.8)

Составители: В.Г.Довбня, И.Г. Бабанин, Д.С. Коптев

Рецензент

Доктор физико-математических наук, профессор А.А. Гуламов

Проектирование **мультисервисных**
инфокоммуникационных сетей : методические указания по
выполнению практических занятий / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.:
В.Г.Довбня, И.Г. Бабанин, Д.С. Коптев. - Курск, 2017. - 24 с.: ил. 5,
табл. 1. – Библиогр.: с. 24.

Полученные знания в результате выполнения практических занятий дадут возможность сформировать целостную картину информационного взаимодействия в современных сетях, что является фундаментом для изучения остальных дисциплин профессионального цикла учебного плана, а также могут быть использованы в будущей профессиональной деятельности выпускника, связанной с сетевыми технологиями.

Предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» по курсу «Проектирование мультисервисных инфокоммуникационных сетей».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 15.12.14. Формат 60×84/16.

Усл. печ. л. 1,395. Уч-изд. 1,26 л. Тираж 100 экз. Заказ 3286 Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

1. Практическое занятие №5 «Расчет транспортного ресурса пакетной сети для абонентов ШПД»

1.1 Расчет транспортного ресурса пакетной сети для абонентов ШПД

Исходными данными проектирования являются:

- количество пользователей ШПД;
- процентное соотношение количества абонентов от числа абонентов

ШПД, пользующихся услугой IPTV;

- количество пользователей услугой IP-телефонии (% соотношение от числа пользователей ШПД);

- количество каналов стандартного и высокого разрешения для услуги IPTV.

По рекомендации МСЭТ под широкополосным доступом (ШПД) понимается подключение абонентов к сети оператора электросвязи со скоростью не ниже 512 кбит/с.

Для проектирования сети передачи данных (ПД) необходимо учитывать следующие виды трафика:

- передача данных в Интернет абонентами ШПД;
- трафик от услуг IP-телефонии (VoIP);
- трафик по предоставлению услуг IPTV [1].

1.1.1. Расчет Интернет-трафика

Наиболее популярным широкополосным доступом в Интернет является нелимитируемый со скоростью 512 кбит/с, к 2015г. скорость передачи данных должна быть 2 Мбит/с.

При расчете сети ПД считается, что входящая скорость абонентов ШПД составляет 2 Мбит/с, а исходящая – 1 Мбит/с.

Анализ пользовательского трафика данных показывает, что скорость информационных потоков непостоянна, она имеет пульсирующий характер. Коэффициент пульсаций трафика пользователя определяется отношением пиковой скорости к средней.

Объем Интернет-трафика рассчитывается по формуле:

$$V_{ИНТ} = \frac{\%_{ШПД} \cdot N_{ЖИТ} \cdot v_{ПД}}{P}, \quad (1.1)$$

где: % ШПД – процентное соотношение абонентов ШПД в зависимости от количества жителей города;

$N_{\text{жит}}$ – количество жителей города;

$v_{\text{ПД}}$ – скорость передачи данных в каждом из направлений;

P – коэффициент пачечности, для видеотелефонии $P = 5$, для поиска видео $P = 18$, для поиска документов $P = 5 \dots 50$ [1].

1.1.2. Расчет трафика по предоставлению услуг IPTV

Услуга IPTV пока еще не является массовой услугой. Пользователи отдают предпочтение более дешевому кабельному телевидению. Однако преимущества IPTV-интерактивности, дополнительные сервисы и уменьшение цены приведут к тому, что IPTV займет значительную часть рынка. По прогнозам, услугой IPTV будут пользоваться около 30 % абонентов ШПД. Количество абонентов IPTV будет:

$$N_{\text{IPTV}} = 0,3N_{\text{ШПД}} \cdot \quad (1.2)$$

Для передачи видеосигнала стандартного разрешения необходима пропускная способность 4, 6, 8 Мбит/с, а для вещания каналов высокого качества (HDTV) – 25 Мбит/с. Объем данных IPTV рассчитывается по формуле:

$$V_{\text{IPTV}} = N_{\text{СТ}} \cdot v_{\text{СТ}} + N_{\text{HDTV}} \cdot v_{\text{HDTV}}, \quad (1.3)$$

где: $N_{\text{СТ}}$ – количество каналов стандартного разрешения;

$v_{\text{СТ}}$ – скорость передачи видеосигнала канала стандартного разрешения;

N_{HDTV} – количество каналов высокого разрешения;

v_{HDTV} – скорость передачи видеосигнала канала высокого разрешения.

Услуга IPTV является интерактивной и предполагает наличие сопутствующей услуги «Видео по запросу» (VoD), которая осуществляет передачу видеосигнала от центра обработки данных (ЦОД) к абоненту, что создает дополнительную нагрузку на сеть передачи данных.

По статистическим данным в час наибольшей нагрузки услугой VoD одновременно пользуются 5 % абонентов от числа абонентов IPTV.

Объем трафика по предоставлению услуги «Видео по запросу» определяется по формуле:

$$V_{VoD} = 0,05 \cdot N_{IPTV} \cdot V_{CT}, \quad (1.4)$$

где: N_{IPTV} – количество абонентов IPTV;

V_{CT} – пропускная способность одного стандартного канала IPTV, составляет 4, 6, 8 Мбит/с [1].

1.1.3. Расчет трафика услуг IP-телефонии

При расчете полосы пропускания, требуемой для передачи трафика IP-телефонии следует учитывать вид кодека, количество служебной информации, содержащейся в заголовках протокольных единиц данных (PDU), трафик sRTP, применение технологии sRTP, применение технологии подавления пауз.

Кодек выполняет функцию преобразования аналоговой формы речевого сигнала в цифровую форму. Лучшим качеством кодирования голоса обладает кодек G.711, он является обязательным для реализации на любом устройстве IP-телефонии.

Технология sRTP, применяемая в каналах, организованных по принципу точка-точка, позволяет сжимать заголовки IP-пакета с 40 до 2 или 4 байт.

Эффективного использования ресурса можно добиться с помощью технологии подавления пауз, что позволит уменьшить трафик в среднем на 50 %.

В результате скорость передачи данных на выходе кодера составляет 64 кбит/с, а скорость передачи данных на выходе кодера с учетом служебной информации в заголовках PDU (Protocol Data Unit) и применения протокола RTCP (Real-Time Control Protocol) – 100,88 кбит/с.

Общая нагрузка, создаваемая IP-телефонией, будет определяться количеством абонентов и удельной нагрузкой от абонента:

$$Y_{VoIP} = N_{аб} \cdot Y_{аб}, \quad (1.5)$$

где: $N_{аб}$ – число пользователей IP-телефонии (все абоненты ШПД в Интернет);

$Y_{аб}$ – удельная нагрузка от одного абонента составляет 0,15 Эрл в ЧНН.

Расчетная нагрузка учитывает колебания трафика в ЧНН, определяется по формуле:

$$Y_P = Y_{IP} + 0,6742 \sqrt{Y_{IP}}. \quad (1.6)$$

По таблице первой формулы Эрланга определяется количество каналов IP-телефонии для обслуживания создаваемой абонентами нагрузки при потерях $P = 0,1 \%$ или $P = 0,001$.

Далее определяется необходимая пропускная способность сети для услуги IP-телефонии по формуле:

$$V_{VoIP} = \frac{V_{1K} \cdot k}{P_{рез}}, \quad (1.7)$$

где: V_{1K} – пропускная способность на один канал IP-телефонии в зависимости от используемого кодека;

k – количество каналов;

$P_{рез}$ – коэффициент резервирования полосы пропускания, $P_{рез} = 0,7[1]$.

1.1.4. Расчет сигнального трафика услуг ШПД

Для установления мультисервисных вызовов через сеть IP используется протокол SIP (Session Initiation Protocol). Протокол инициирования сеансов связи SIP представляет собой протокол сигнализации для установления, модифицирования (например, приглашение других пользователей к уже существующему сеансу связи) и разрушения речевых и мультимедийных соединений в сессиях IP-телефонии (VoIP) и мультимедийной конференц-связи. Мультимедийные сессии включают в себя передачу мультимедийной информации любого типа: речи, видео, данные, а также их комбинации, дистанционное обучение, мультимедийные конференции и др.

Протокол SIP используется не только для установления мультимедийных сессий, но и для других услуг – транспортировки текущих состояний, уведомлении о присутствии (регистрация) и др.

Поэтому сигнальный трафик протокола SIP будет складываться из трафика сессий и трафика регистраций.

На рисунке 1 показан фрагмент сети VoIP, использующий ШПД с технологией xDSL.

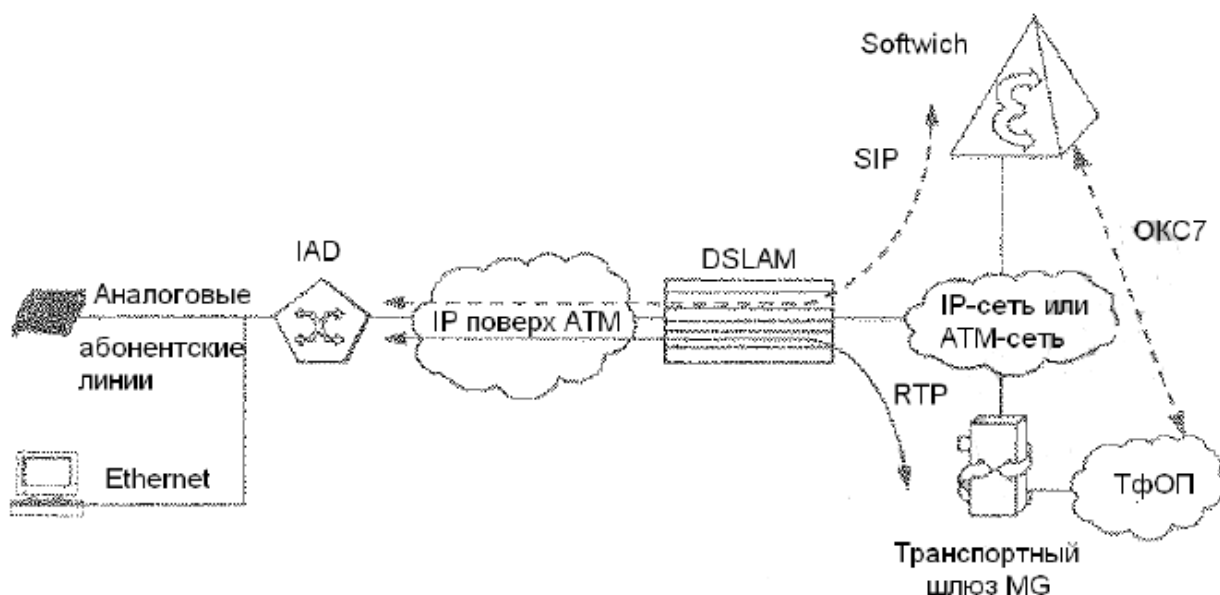


Рисунок 1 – Архитектура NGN с IAD и DSLAM

Оконечное устройство подключается к интегрированному устройству доступа (IAD – Integrated Access Devices), которое обрабатывает и передает абонентскую сигнализацию пользователя к мультиплексору доступа DSLAM. Взаимодействие DSLAM и контроллера пограничных сессий SBC происходит по протоколу SIP. SBC устанавливается на границе сетей IP и контроллер выполняет задачи межсетевого взаимодействия, безопасности, надежности и качества обслуживания трафика реального времени. SBC выполняет функцию сопряжения, восстановления сигнальных протоколов.

При взаимодействии SBC с ядром NGN используется протокол SIP.

Расчет сигнального трафика необходимо производить для интерфейсов DSLAM – SBC и SBC – ядро NGN.

Сигнальный трафик сессий рассчитывается по формуле:

$$V_{сес} = \frac{N_{аб} \cdot BHSA \cdot N_{сооб} \cdot L_{сооб} \cdot 8}{T \cdot K_{упл} \cdot K_{изб}}, \quad (1.8)$$

где : $N_{аб}$ – количество абонентов ШПД;

$BHSA$ (Busy Hour Session) – количество попыток установления соединений в ЧНН, $BHSA = 6$ попыток;

$N_{сооб}$ – количество сообщений в сессии, $N_{SIP} = 14$;

$L_{сооб}$ – длина сообщений, $L_{SIP} = 1000$ байт;

T – 3600 с (1 час ЧНН);

$K_{\text{упл}}$ – коэффициент, отражающий неоднородность длины сообщений в SIP-сессиях, $K_{\text{упл}} = 1,6$;

$K_{\text{изб}}$ – коэффициент резервирования полосы пропускания, $K_{\text{изб}}=0,7$.

При расчете сигнального трафика управления речевыми сессиями используется показатель количества попыток соединений в ЧНН BHSA, который определяется из расчета, что удельная нагрузка на одного абонента составляет $Y_{\text{аб}} = 0,15$ Эрл, а средняя продолжительность одного соединения $t_{\text{соед}} = 90\text{с}$, тогда

$$BHSA = \frac{Y_{\text{аб}} \cdot T}{t_{\text{соед}}} = \frac{0,15 \cdot 3600}{90} = 6 \text{ (попыток)} \quad (1.9).$$

Сигнальный трафик регистраций протокола SIP рассчитывается по формуле:

$$V_{\text{рег}} = \frac{N_{\text{аб}} \cdot N_{\text{рег}} \cdot N_{\text{сооб}} \cdot L_{\text{сооб}} \cdot 8}{T \cdot K_{\text{упл}} \cdot K_{\text{изб}}}, \quad (1.10)$$

где : $N_{\text{рег}}$ – количество регистраций на одного абонента в час;

$N_{\text{аб}}$ – количество абонентов ШПД;

$N_{\text{сооб}}$, $L_{\text{сооб}}$ – количество и длина сообщений SIP;

$K_{\text{упл}}$ – коэффициент, отражающий неоднородность длины сообщений SIP, $K_{\text{упл}} = 1,6$;

$K_{\text{изб}}$ – коэффициент резервирования полосы пропускания, $K_{\text{изб}}=0,7$.

При расчете сигнального трафика используются следующие показатели количества регистраций $N_{\text{рег}}$ и числа сообщений протокола SIP – $N_{\text{сооб}}$:

– в среднем на одного абонента приходится 0,2 первоначальных регистраций в сети в час (эти регистрации выполняются с обращением в ядро NGN и состоят из $N_{\text{SIP}} = 4$ сообщений SIP протокола на интерфейсах ядро NGN – SBC и SBC – DSLAM);

– для каждого абонента SBC настраивается перерегистрация в ядре NGN один раз в час (эта перерегистрация выполняется с обращением в ядро NGN и состоит из $N_{\text{SIP}} = 2$ сообщений SIP протокола на интерфейсах ядро NGN – SBC и SBC – DSLAM);

– для каждого абонента SBC настраивается перерегистрация в SBC каждые 3 минуты (20 раз в час) для быстрого детектирования сбоя SBC (эти регистрации выполняются без обращения в ядро

NGN и состоят из $N_{SIP} = 2$ сообщения SIP-протокола на интерфейсе DSLAM – SBC).

Суммарный сигнальный трафик определяется из трафика сессий и регистраций [1]:

$$V_{сигн} = V_{сес} + V_{рег}. \quad (1.11)$$

1.1.5. Расчет суммарного трафика услуг ШПД

Трафик VoD и IPTV будем считать входящим, а трафики IP-телефонии (VoIP) и Интернет-трафик дуплексным.

Суммарный входящий трафик рассчитывается по формуле:

$$V_{вх} = V_{инт(вх)} + V_{VoIP} + V_{IPTV} + V_{VoD} + V_{сигн}. \quad (1.12)$$

Суммарный исходящий трафик услуг ШПД [1]:

$$V_{исх} = V_{инт(исх)} + V_{VoIP} + V_{сигн}. \quad (1.13)$$

2. Практическое занятие №6 «Проектирование мультисервисного абонентского концентратора»

Оконечными абонентами ТФОП являются:

- абоненты, имеющие доступ по аналоговой АЛ;
- абоненты, имеющие базовый доступ (BRA) ISDN;
- УАТС, подключаемые с использованием первичного доступа (PRA) ISDN;
- абоненты, использующие терминалы, предназначенные для работы в пакетных сетях (SIP, H.323 – терминалы).

Решение задачи подключения, т. е. развитие сети ТФОП, или переключение конечных пользователей в рамках технологии NGN связано с внедрением оборудования ядра NGN (это может быть Softswitch, гибкий коммутатор, ядро IMS, CSCF и т. д.) и оборудования абонентских шлюзов доступа (мультисервисный абонентский концентратор, МАК, MSAN, AGW, AG и т. д.). При этом аналоговые абоненты и абоненты базового доступа BRA, IP-УАТС, УПАТС, абонентские выносы подключаются к пакетной сети через оборудование абонентских шлюзов доступа AGW (Access Gateway).

В абонентском шлюзе доступа AGW реализованы функции транспортного шлюза (MG – media gateway) и сигнального шлюза

- Исходными данными проектирования являются:
- количество источников нагрузки различных типов;
 - удельные нагрузки источников вызова;
 - удельные параметры передачи терминального оборудования пакетных сетей;
 - тип кодеков в оборудовании шлюзов.
- Задача проектирования:
- определение числа шлюзов и емкостных показателей подключения;
 - определение транспортного ресурса подключения шлюза доступа к пакетной сети;
 - определение количества и типов интерфейса подключения оборудования шлюза к пакетной сети;
 - расчет параметров ядра NGN [1].

2.1. Расчет оборудования шлюзов

Число шлюзов определяется исходя из параметров критичности длины абонентской линии (АЛ), топологии первичной пакетной сети, технических показателей типов оборудования.

Исходя из критичности длины АЛ, зона обслуживания шлюза доступа (МАК, АГ, MSAN и др.) не должна превышать 3–4 км.

Если шлюз доступа является универсальным, то нагрузка, поступающая на него, будет:

$$Y_{AG_USER} = 0,1 \cdot N_{ТФОН} + 0,2N_{ISDN} + 0,8 \cdot \left(\sum_{j=1}^J N_{j-DSN} + \sum_{k=1}^K N_{k-YATC} \right), (2.1)$$

где: $N_{ТФОН}$ – количество аналоговых абонентов;

N_{ISDN} – количество цифровых абонентов с доступов ВРА;

N_{K-YATC} – число каналов в интерфейсе подключения УАТС;

k – номер УАТС;

K – количество УАТС;

N_{j-DSL} – количество каналов подключения модема xDSL;

Y_{ISDN} – удельная нагрузка от абонента ISDN с базовым доступом в ЧНН, $Y_{ISDN} = 0,2$ Эрл;

Y_{K-YATC} – удельная нагрузка канала первичного доступа ISDN (PRA), $Y_{K-YATC} = 0,8$ Эрл.

Далее, находится расчетное значение Y_{pacAG} и по первой формуле Эрланга рассчитывается количество каналов K_{AG} .

Транспортный ресурс, который должен быть выделен для передачи трафика пользователя в пакетную сеть, поступающий на шлюз, при условии использования кодека типа m определяется формулой:

$$V_{AG_USER} = K_{рез} \cdot V_{cod.m} \cdot K_{AG}, \quad (2.2)$$

где: $V_{cod.m}$ – скорость передачи кодека типа m при обслуживании вызова;

$K_{рез}$ – коэффициент использования ресурса, коэффициент резервирования полосы пропускания $K_{рез} = 1,25$;

K_{AG} – количество каналов.

Если использовать кодек G.711, то $V_{cod.711} = 95,2$ кбит/с.

Если в оборудовании шлюза доступа реализована возможность подключения пользователей, использующих терминал SIP/H.323, либо локальные сети подключения данных пользователей, то требуемый транспортный ресурс подключения должен быть увеличен.

Доля увеличения транспортного ресурса за счет предоставления базовой услуги телефонии таким пользователям может быть определена в зависимости от используемых кодеков и числа пользователей.

В случае если терминалы SIP и H.323 используются для предоставления услуг мультимедиа, доля увеличения транспортного ресурса определяется исходя из параметров трафика услуг.

Транспортный ресурс шлюза доступа должен рассчитываться на передачу помимо пользовательской V_{AG_USER} и сигнальной информации.

Для расчета транспортного ресурса шлюзов доступа необходимого для передачи сигнальной информации с целью обслуживания вызовов различных типов учитывать данные используемых протоколов сигнализации.

Оборудование шлюзов доступа поддерживает следующие протоколы:

– в направлении к ядру NGN либо контроллера абонентских шлюзов (AGC) для передачи информации, связанной с обслуживанием вызова:

1) протокол MEGACO/H.248 – при подключении абонентов использующих сигнализацию по аналоговой абонентской линии;

2) протокол IUA – при подключении абонентов, использующих базовый и первичный доступ ISDN;

3) протокол V5UA – при подключении оборудования сети доступа;

4) протокол H.248, MGCP – для передачи сигнальной информации управления шлюзами.

Набор протоколов SIGTRAN (Signalling Transport) M3UA, M2UA, IUA, V5UA применяется при транспортировке сигнальной информации через Интернет;

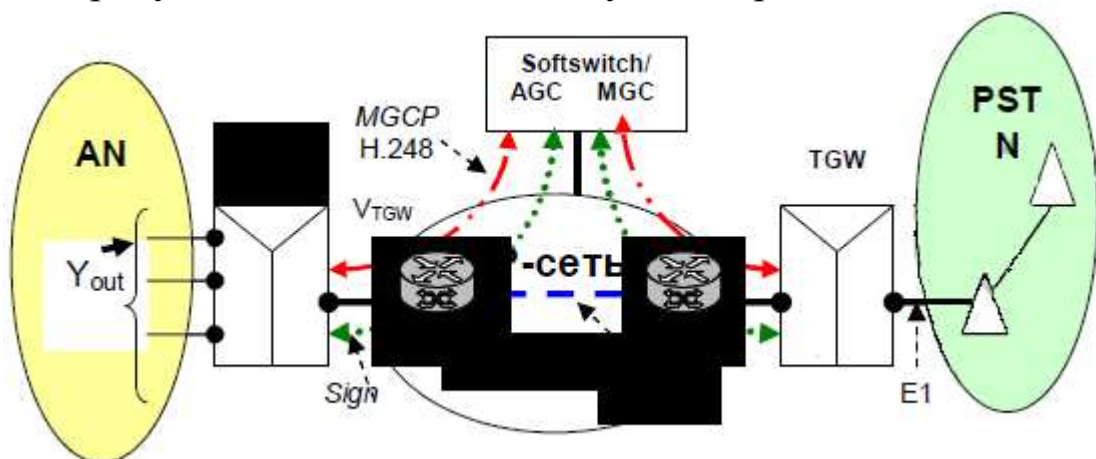
– в направлении к другим шлюзам и терминальному оборудованию пакетной сети: протокол RTP/RTCP;

– в направлении к ТФОП: сигнализацию по аналоговым АЛ, сигнализацию базового доступа ISDN, сигнализацию по интерфейсу V5.

Оборудование шлюзов поддерживает интерфейсы:

– шлюзы доступа в направлении ТФОП поддерживают интерфейс по аналоговым абонентским линиям, интерфейс базового доступа ISDN, интерфейс первичного доступа для подключения УАТС, интерфейс PDH (E1), а в направлении пакетной сети – интерфейсы семейства Ethernet от 10 Base до Gigabit Ethernet.

На рисунке 3 показаны используемые протоколы.



Рисунке 3 – Протоколы взаимодействия элементов сети NGN

Объем полосы пропускания для передачи сигнального трафика определяется по формуле:

$$V_{AG-sig} = \left[\frac{(P_{TФОН} \cdot N_{TФОН} \cdot L_{H.248} \cdot N_{H.248})}{90} + \frac{(P_{ISDN} \cdot N_{ISDN} \cdot L_{IUA} \cdot N_{IUA})}{90} + \frac{(P_{УАТС} \cdot N_{УАТС} \cdot L_{IUA} \cdot N_{IUA})}{90} \right], (2.3)$$

где: $P_{TФОН}$ – интенсивность вызовов от абонентов, использующих доступ по аналоговой АЛ от каждого абонента, $P_{TФОН} = 5$ выз/ЧНН;

$N_{TФОН}$ – число абонентов, использующих подключение по аналоговой АЛ;

$L_{H.248}$ – средняя длина сообщений протокола MEGACO/H.248, используемых при передачи информации сигнализации от абонента, $L_{H.248} = 400$ байт;

$N_{H.248}$ – количество сообщений при обслуживании вызова, $N_{H.248} = 14$ сообщений;

P_{ISDN} – интенсивность вызовов от абонентов базового доступа ISDN, $P_{ISDN} = 10$ выз/ЧНН;

N_{ISDN} – количество абонентов с базовым доступом BRA;

L_{IUA} , N_{IUA} – средняя длина и среднее количество сообщений протокола IUA при обслуживании вызова;

$P_{УАТС}$ – интенсивность вызовов от УАТС, приведенная к одному каналу интерфейса, $P_{УАТС} = 40$ выз/ЧНН;

$N_{УАТС}$ – число пользовательских каналов в интерфейсе подключения УАТС;

$1/90$ – результат приведения размерностей «байт в час» к «бит в секунду».

Значение $1/90$ получается при использовании сиг $K_{сиг}=5$ – коэффициента использования транспортного ресурса при передаче сигнальной информации. Значение $K_{сиг} = 5$ соответствует удельной нагрузке на один сигнальный канал ОКС №7 $U_{ОКС№7}=0,2$ Эрл.

$$\text{Таким образом, } \frac{1 \text{ байт} \cdot K_{сиг}}{\text{час}} = \frac{8 \cdot K_{сиг}}{3600} = \frac{K_{сиг}}{450} = \frac{5}{450} = \frac{1}{90} \text{ бит/с}$$

Кроме того, в шлюзе должен быть предусмотрен транспортный ресурс для обмена сообщениями протокола MGCP (либо протокола MEGACO/H.248) используемые для управления шлюзом, который определяется формулой:

$$V_{MGCP} = \left[\frac{(P_{TФОН} \cdot N_{TФОН} + P_{ISDN} \cdot N_{ISDN} + P_{УАТС} \cdot N_{УАТС}) \cdot L_{MGCP} \cdot N_{MGCP}}{90} \right]. (2.4)$$

Аналогичная формула и для протоколов MEGACO/H.248.

В таблице 1 приведены данные о количестве сообщений N и длине сообщений L для различных протоколов.

Таблица 1 – Данные N,L протоколов

Протокол	Количество сообщений N	Длина сообщений L, байт
MGCP	16	142
H.248	14	400
SIP	14	1000
M2UA	8	114
IUA	10	120

Общий транспортный ресурс подключения шлюза доступа к пакетной сети может быть определен как сумма всех необходимых составляющих:

$$V_{AG} = V_{AG_USER} + V_{AG_сигн} + V_{MGCP} + V_{H.248}. \quad (2.5)$$

Определяем количество и тип интерфейсов, которыми оборудование шлюза доступа будет подключаться к пакетной сети. Количество интерфейсов должно быть:

$$N_{инт-AG} = \frac{V_{AG}}{V_{инт}}, \quad (2.6)$$

где: $V_{инт}$ – полезный транспортный ресурс одного интерфейса.

Полезный транспортный ресурс интерфейса для передачи трафика реального времени составляет 40 % от общей пропускной способности.

Если используются разнородные интерфейсы, то общий транспортный ресурс определяется по формуле:

$$V_{AG} = \sum_{i=1}^I (N_{i-INT} \cdot V_{i-INT}), \quad (2.7)$$

где : I – число типов интерфейсов;

N_{i-INT} – количество интерфейсов типа i;

V_{i-INT} – полезный транспортный ресурс интерфейса типа I [1].

2.2. Расчет параметров ядра NGN

Основной задачей ядра NGN при построении распределенного абонентского концентратора является обработка сигнальной информации обслуживания вызова и управление установлением соединений.

Поскольку к сети NGN могут подключаться пользователи различных типов, то для обслуживания вызовов могут использоваться различные протоколы сигнализации [1].

2.2.1. Расчет производительности

Общая интенсивность вызовов, поступающих на ядро NGN от источников всех типов, равна

$$P_{CALL} = P_{TFOH} \left(\sum_{l=1}^L N_{l-TFOH} + \sum_{l=1}^L N_{l-SHM} \right) + P_{ISDN} \sum_{l=1}^L N_{l-ISDN}, \quad (2.8)$$

где : N_{l-SHM} – число абонентов с терминалом SIP/Н.323/MGCP, использующих подключение по Ethernet-интерфейсу на уровне маршрутизатора шлюза доступа;

L – число шлюзов доступа, обслуживаемых ядром NGN.

Следует отметить, что производительность коммутационного оборудования может отличаться в зависимости от типа обслуживаемого вызова, т.е. производительность при обслуживании ТФОП и ISDN может быть различной. При определении требований к производительности можно ввести поправочные коэффициенты, которые характеризуются возможности системы по обслуживанию данного типа вызова относительно «идеального типа». Тогда нижний предел производительности ядра NGN по обслуживанию потоков вызова с интенсивностью P_{CALL} определяется по формуле

$$P_{ядра} = K_{TFOH} \cdot P_{TFOH} \cdot N_{TFOH} + K_{ISDN} \cdot P_{ISDN} \cdot N_{ISDN} + K_{YATC} \cdot P_{YATC} \cdot N_{YATC} + K_{SHM} \cdot P_{SHM} \cdot N_{SHM} \quad (2.9)$$

Если принять поправочные коэффициенты $K_{TFOH}=K_{ISDN}=K_{YATC}=K_{SHM}=1$ и с учетом интенсивностей вызовов: $P_{TFOH} = 5$ выз/ЧНН, $P_{ISDN} = 10$ выз/ЧНН, $P_{YATC} = 40$ выз/ЧНН,

$P_{SHM}=5$ выз/ЧНН, то производительность ядра будет определяться по формуле [1]:

$$P_{ядра} = 5(N_{ТФОН} + 2N_{ISDN} + 8N_{УАТС} + N_{SHM}). \quad (2.10)$$

2.2.2. Расчет параметров интерфейса подключения к пакетной сети

Транспортный ресурс, необходимый для передачи сигнальной информации в сторону контроллера абонентского шлюза (NGN ядра) при использовании протокола H.248, определяется формулой:

$$V_{ядро-H.248} = \frac{K_{сиг} \cdot L_{H.248} \cdot N_{H.248} \cdot P_{ядра}}{450} \cdot 2, \quad (2.11)$$

где : $K_{сиг} = 5$;

$L_{H.248} \cdot N_{H.248}$ – данные в табл. 2.1.

Аналогично рассчитывается транспортный ресурс сигнальной информации протокола MGCP, если он используется для управления шлюзом доступа.

Транспортный ресурс для передачи сигнальной информации от пользователей базового и первичного доступа ISDN определяется по формуле

$$V_{ядро-IUA} = \frac{K_{сиг} \cdot L_{IUA} \cdot N_{IUA} \cdot P_{ядра}}{450} \cdot 2, \quad (2.12)$$

где : L_{IUA} – длина сообщений протокола IUA;

N_{IUA} – число сообщений протокола IUA.

Интенсивность сигнального трафика требуется умножить на два, поскольку при обслуживании одного вызова ядро NGN одновременно работает с двумя шлюзами и трафик от ядра к каждому шлюзу проходит через один и тот же интерфейс ядра NGN.

Можно записать общую формулу транспортного ресурса сигнальной информации передаваемой в сторону контроллера абонентского шлюза (NGN ядра), как показано на рис. 2.2, в виде

$$V_{ядро(AGC)} = \frac{2 \cdot K_{сиг} \cdot P_{ядра}}{450} (L_{H.248} \cdot N_{H.248} + L_{IUA} \cdot N_{IUA}). \quad (2.13)$$

Для трафика с гарантированной полосой пропускания режима относительного времени, каким является трафик протоколов сигнализации, полезный транспортный ресурс одного интерфейса сигнализации составляет 75 % от полной пропускной способности.

Исходя из этого, необходимое количество интерфейсов ядра рассчитывается по формуле:

$$N_{\text{инт.ядра}} = \left\lceil \frac{V_{\text{ядра}}}{V_{\text{инт}}} \right\rceil + 1, \quad (2.14)$$

где : $V_{\text{инт}}$ – полезный транспортный ресурс одного интерфейса.

Дополнительный интерфейс предусматривается с целью организации резервирования по схеме (N+1)[1].

3. Практическое занятие №7 «Проектирование распределенного транзитного коммутатора сети»

Оборудование ТФОП подключается к сети NGN посредством мультимедийного шлюза MGW.

Для расчета числа потоков E1, соединяющих узлы ГТС со шлюзом MGW, необходимо учесть все исходящие и входящие тракты межстанционного взаимодействия, рассчитанные в разд. 4.

Следует учитывать типы каналов одностороннего или двухстороннего действия, которые используются при расчете числа первичных потоков E1.

Будем считать, что MGW реализует функции как транспортного, так и сигнального шлюза. Поэтому в шлюзе должен быть предусмотрен транспортный ресурс для обмена сообщениями протокола сигнализации с ядром NGN (Sign) и протокола MGCP, H.248 с контроллером управления шлюзом MGC.

Исходными данными проектирования являются:

- количество потоков E1, используемых для взаимодействия источников нагрузки различных типов с оборудованием шлюзов MGW. К источникам нагрузки относятся РАТС, УВС, УТС (методика расчета приведена в разд. 4);

- удельная нагрузка на канал, поступающая от ТФОП на медиа-шлюз MGW;

- типы кодеков, используемые в оборудовании MGW.

Задачи проектирования:

- определение числа медиа-шлюзов MGW и емкостных показателей подключения;
- определение транспортного ресурса шлюза MG для передачи трафика пользователей ТФОП в пакетную сеть;
- определение транспортного ресурса шлюза MG для передачи сигнального трафика в пакетную сеть;
- определение количества и типа интерфейса Ethernet;
- расчет параметров ядра NGN;
- расчет оборудования транспортной пакетной сети [1].

3.1. Расчет параметров медиа-шлюза MGW

Определение числа шлюзов MGW производится исходя из расчетного значения предполагаемой нагрузки, топологии первичной сети, наличие помещений для установки, технологических показателей типов оборудования. Как правило, шлюзы устанавливаются на существующих объектах сети с учетом ее структуры, осуществляя подключение территориально близко расположенных станций ТФОП. Емкостные показатели шлюза определяются, исходя из нагрузки, поступающей от станций.

Медиа-шлюзы устанавливаются для преобразования трафика телефонной сети в пакетный. Нагрузка, поступающая на медиа-шлюз MG, определяется по формуле:

$$Y_{MG} = N_{E1} \cdot 30 \cdot Y_{E1}, \quad (3.1)$$

где : N_{E1} – число потоков E1, осуществляющих подключение станций сети ТФОП к мультимедийному шлюзу MGW;

Y_{E1} – удельная нагрузка одного канала 64 Кбит/с в составе E1, $Y_{E1} = 0,8$ Эрл;

30 – число каналов по 64 кбит/с в E1.

Далее рассчитываем $Y_{MG\text{расч}}$ по формуле (1.6) и по первой формуле Эрланга определяем количество голосовых каналов – K.

Нагрузка, поступающая от шлюза в пакетную сеть, зависит от применяемых в шлюзе типов кодеков. Рекомендуется использовать кодек G.711, скорость передачи на выходе которого равна 64 кбит/с.

В пакетной телефонии один отсчет кодека G.711 оцифровывает 10 мс речи и формирует 80 байт закодированной информации. Для сохранения задержки оцифровки и пакетизации в

допустимых пределах, в один пакет протокола реального времени помещают два отсчета кодека G.711, что составляет 160 байт полезной нагрузки протокола RTP. Скорость передачи пакетов RTP составляет 50 пакетов/с. С учетом избыточности, добавляемой протоколами RTP, UDP, IP на канальном и физическом уровне Ethernet, размер пакета, поступающего в среду передачи, составляет 238 байт. Результирующая скорость информационного потока $V_{\text{инф-пот}}$ на физическом уровне от одного голосового канала равна $V_{\text{инф-пот}} \text{ G.711} = 95,2$ кбит/с.

Транспортный ресурс физического уровня, необходимый для передачи трафика в пакетную сеть, поступающего на шлюз MGW, равен:

$$V_{\text{USER}} = V_{\text{инф-пот}} \cdot K, \quad (3.2)$$

где : K – количество голосовых каналов.

Интенсивность вызовов, поступающих на медиа-шлюз MG рассчитывается по формуле

$$P_{\text{MG}} = N_{\text{E1}} \cdot 30 \cdot P_{\text{1K}}, \quad (3.3)$$

где : P_{1K} – интенсивность вызовов, обслуживаемых одним каналом, $P_{\text{1K}} = 40$ вызв/ЧНН.

Поскольку средняя продолжительность одного соединения 1,5 мин, то в течение 1 ч возможно обслужить 40 вызовов одним каналом.

Помимо пользовательской информации, на транспортный шлюз MG поступают сигнальные сообщения протокола MGCP либо MEGACO/H.248.

Взаимодействие мультимедийного шлюза MGW с ядром NGN происходит по протоколу MGCP, либо MEGACO/Y.248 для управления вызовами при использовании транспортной технологии IP. При взаимодействии шлюза MGW в направлении к сети ТФОП используется протокол M2UA (либо M3UA в зависимости от реализации) для передачи информации всей «вышестоящей» уровня МТР 2 ОКС № 7 в направлении ядра NGN.

При обслуживании телефонного соединения число передаваемых сигнальных сообщений протокола M2UA будет $N_{\text{M2UA}} = 8$ сообщений при средней длине пакетов на физическом уровне $L_{\text{M2UA}} = 114$ байт. В процессе установления соединения и

завершения вызова между ядром NGN и MGW шлюзом передаются $N_{MGCP} = 16$ сообщений MGCP со средней длиной пакета $L_{MGCP} = 142$ байта, а если используется протокол H.248, то передаются $N_{H.248} = 14$ сообщений со средней длиной $L_{H.248} = 400$ байт на физическом уровне Ethernet. На рисунке 4 приведена схема взаимодействия контроллера медиа-шлюза MGC с MG (с функциями TGW и SGW).

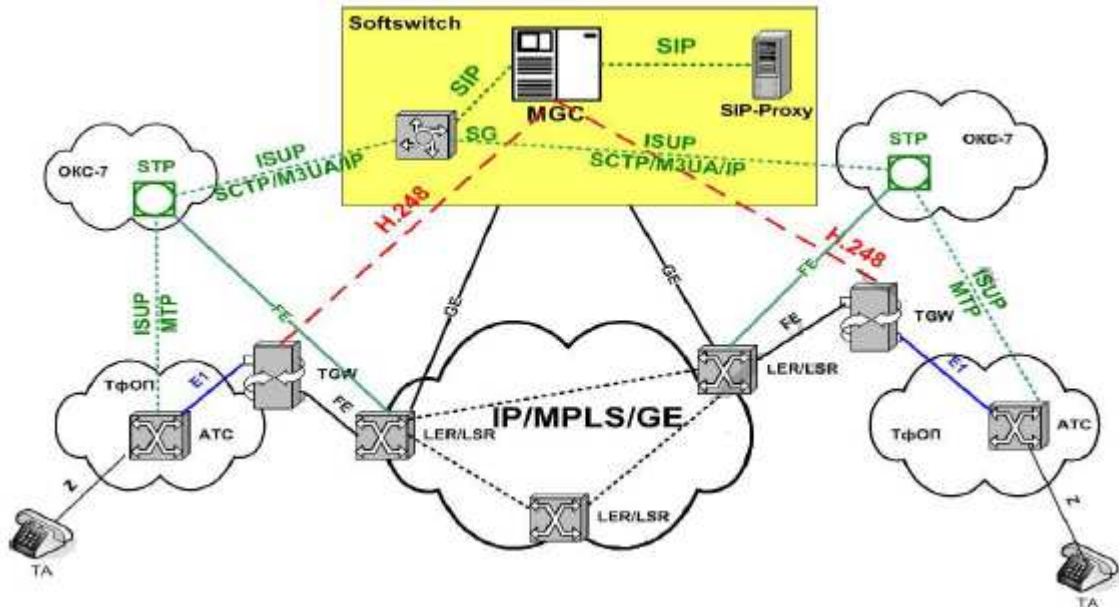


Рисунок 4 – Схема взаимодействия контроллера медиа-шлюза MGC с MG

Транспортный ресурс для сообщений сигнализации протоколов MGCP и M2UA рассчитывается по формуле:

$$V_{MG\text{-сигн}} = \frac{K \cdot P_{MG} (L_{MGCP} \cdot N_{MGCP} + L_{M2UA} \cdot N_{M2UA})}{450}, \quad (3.4)$$

где : P_{MG} – интенсивность вызовов, поступающих на мультимедийный шлюз MGW;

$\frac{1}{450}$ – результат приведения размерностей «байт в час» к «бит в секунду»;

K – коэффициент избыточности при передаче сообщений протокола сигнализации и MGCP, $K = 5$.

Аналогичная формула будет при использовании протокола H.248.

Общий транспортный ресурс для шлюза MG будет:

$$V_{MG} = V_{USER} + V_{MG\text{-сигн}}. \quad (3.5)$$

На основе полученных результатов следует выбрать тип интерфейса Ethernet.

Предположим, что интерфейсы TGW с пакетной сетью относятся к одному типу, например FE (Fast Ethernet), как показано на рисунке 5.

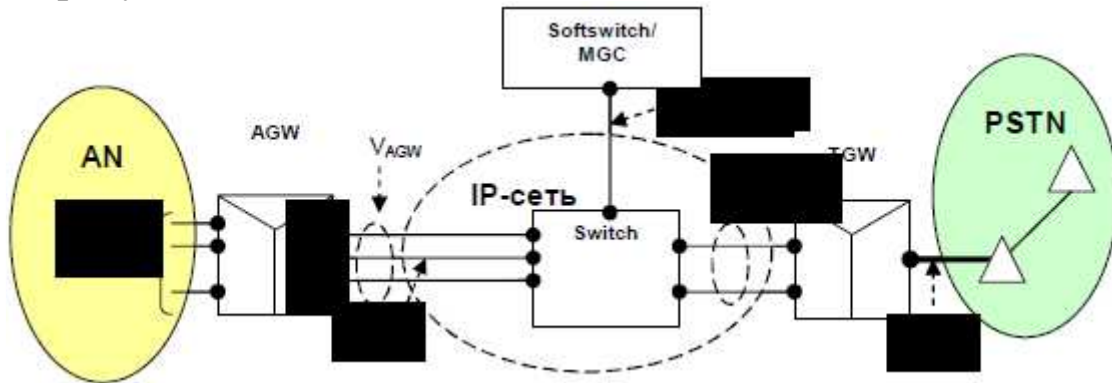


Рисунок 5 – Подключение AGW, TGW к транспортной сети с помощью интерфейсов FE

Количество интерфейсов определяется по формуле:

$$N_{\text{инт-MG}} = \left[\frac{V_{\text{MG}}}{V_{\text{инт}}} \right] + 1, \quad (3.6)$$

где : $V_{\text{инт}}$ – полезный транспортный ресурс.

Полезный транспортный ресурс интерфейса для передачи трафика реального времени составляет 40 % от общей пропускной способности.

Если транспортный ресурс шлюза превышает возможности одного интерфейса, следует выбрать достаточное количество интерфейсов, работающих в режиме разделения нагрузки. Следует также предусмотреть один дополнительный интерфейс для организации резервирования по схеме $(N + 1)$. Результаты расчета для проектируемых MGW свести в таблицу [1].

3.2. Расчет параметров ядра NGN

Расчет производительности ядра NGN – это интенсивность вызовов $P_{\text{ядра}}$, поступающих на ядро, рассчитывается по формуле:

$$P_{\text{ядра}} = \frac{\sum_{\varepsilon=1}^n P_{\text{MG}}}{2}, \quad (3.7)$$

где: n – число медиа-шлюзов на проектируемой сети;

P_{MG} – интенсивность вызовов, поступающих на шлюз MGW.

Следует учитывать, что вызов, поступивший от сети ТФОП на один из шлюзов MG вызывающего абонента, обязательно завершается на каком-то другом MG, связанном с вызываемым абонентом. Поэтому суммарное число вызовов в ЧНН (P_{MG}) при расчете интенсивности вызовов делится пополам.

Расчет параметров интерфейсов подключения к пакетной сети.

Транспортный ресурс ядра NGN, необходимый для передачи сообщений протокола M2UA:

$$V_{\text{ядро-M2UA}} = \frac{K \cdot L_{M2UA} \cdot N_{M2UA} \cdot P_{\text{ядра}}}{450} \cdot 2. \quad (3.8)$$

Аналогично транспортный ресурс ядра NGN, необходимый для передачи протокола MGCP:

$$V_{\text{ядро-MGCP}} = \frac{K \cdot L_{MGCP} \cdot N_{MGCP} \cdot P_{\text{ядра}}}{450} \cdot 2. \quad (3.9)$$

Аналогичная формула и для протокола H.248, если он применяется.

Интенсивность сигнального трафика требуется умножить на два, поскольку ядро NGN при обслуживании одного вызова работает одновременно с двумя шлюзами (вызывающего и вызываемого абонентов) и трафик от ядра NGN к каждому шлюзу идет через один и тот же интерфейс ядра.

Суммарный минимальный полезный транспортный ресурс ядра NGN, требуемый для обслуживания вызовов, составляет

$$V_{\text{ядра}} = V_{\text{ядро-M2UA}} + V_{\text{ядро-MGCP}}. \quad (3.10)$$

Для трафика с гарантированной полосой пропускания режима относительного времени, каким является трафик протоколов сигнализации, полезный транспортный ресурс одного интерфейса составляет 75 % от полной пропускной способности. Исходя из этого, необходимое число интерфейсов ядра NGN рассчитывается по формуле

$$N_{\text{инт-MG}} = \left\lceil \frac{V_{\text{ядра}}}{V_{\text{инт}}} \right\rceil + 1, \quad (3.11)$$

где $V_{\text{инт}}$ – полезный транспортный ресурс.

Дополнительный интерфейс предусматривается с целью организации резервирования по схеме (N+1).

На основании проведенных расчетов составить схему сети NGN с указанием всех рассчитанных параметров [1].

3.3. Расчет оборудования транспортной пакетной сети

Число коммутаторов пакетной сети и ее топологии определяется исходя из существующей топологии первичной сети, показателей производительности оборудования, требования по обеспечению надежности и живучести пакетной сети.

Суммарная производительность коммутаторов пакетной сети определяется суммарной нагрузкой, поступающей от всех мультимедийных шлюзов MGW, а также нагрузкой, создаваемой сообщениями сигнализации и рассчитывается по формуле

$$P_{\Sigma} = \left[\frac{\sum_{l=1}^L V_{l-MG} (1 - M_{MG}) + V_{\text{ядра}}}{L_{IP}} \right], \quad (3.12)$$

где : M_{MG} – доля потока пользовательской информации, замыкающаяся на уровне шлюза;

$(1 - M_{MG})$ – доля потока пользовательской информации, поступающей в пакетную сеть;

L_{IP} – средняя длина пакета IP, используемого при передаче информации (как пользовательской, так и сигнальной) внутри пакетной сети, $L_{IP} = 65$ кбайт;

V_{l-MG} – общий транспортный ресурс шлюза MGW, рассчитывается по формуле (3.5), l – номер шлюза;

$V_{\text{ядра}}$ – суммарный транспортный ресурс ядра NGN, рассчитывается по формуле (3.10).

Емкостные параметры коммутаторов пакетной сети определяются исходя из топологии пакетной сети, типов интерфейсов подключения шлюзов и ядра NGN [1].

4. Список использованных источников:

- 1) Чаклова, М.И. Проектирование сетей связи: учеб.-метод. пособие / М.И.Чаклова. – Минск : БГУИР, 2012. – 95 с.