

УДК 621.391 : 519.872

Ш.С. Мукімов, В.В. БойкоДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Красноармійськ
кафедра автоматики та телекомунікацій
shahbozjon-90@mail.ru, glorytown@ukr.net**РОЗРАХУНОК ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ КАНАЛІВ ЗВ'ЯЗКУ
ДЛЯ КОРПОРАТИВНИХ МЕРЕЖ**

В роботі розглядається проблема розрахунку найменшої припустимої пропускної здатності каналів зв'язку для мережі зіркоподібної топології, коли трафік створюється обмеженою кількістю споживачів послуг. Наводиться порівняння запропонованої методики розрахунку з найбільш поширеною, але досить грубою методикою. Ставиться задача розрахунку показників якості транспорту пакетів для прийняття обґрунтованого рішення. В роботі враховується відмінність характеристик потоку пакетів різних послуг. Методику призначено для практичних розрахунків, вона доступна для застосування проектувальниками мереж і не потребує поглиблених математичних знань, може бути легко реалізована у вигляді програми.

Ключові слова: мережа, пропускна, здатність, показники, якість, розрахунок, навантаження.

Загальний опис проблеми. Бурхливий розвиток телекомунікаційної галузі втягує в цей вид діяльності значні матеріальні та людські ресурси. Різко збільшуються обсяги послуг, що надаються споживачам, підвищуються вимоги до якості транспортування даних. Робота великих розподілених корпорацій, таких, як наприклад, банки, торговельні мережі, страхові компанії та інших, неможлива без надійних та якісних мереж передачі та обробки даних.

В той же час у зв'язку зі збільшенням кількості та різноманітності надаваних послуг різко підвищуються вимоги до обсягу та кількості транспорту даних, що часто призводить до необґрунтованих великих витрат на побудову мереж. При побудові мереж великих корпорацій необхідно враховувати різноманітні джерела трафіку – такі, як бази даних, файловий документообіг, IP-телефонію, IP-відеозв'язок тощо. Кожний вид трафіку висуває свої вимоги до якості транспорту та показників пропускної здатності. В той же час для практичного розрахунку широко застосовується примітивний метод, заснований на простому арифметичному підсумовування потоків даних від різних джерел з урахуванням емпіричного “коефіцієнту вибухоподібності трафіку” [1]. В саму методику не закладено показників якості обслуговування, що не дає жодної можливості для оптимізації з метою економії вартості мережі. Є інші роботи, в яких розглянуто проектування мереж з урахування показників якості, наприклад, [2], але в них не наводиться конкретних способів розрахунку, орієнтованих на різноманітний трафік. Взагалі, більшість робіт, присвячених питанням проектування мереж, детально розглядають організацію фізичних ліній, але взагалі не розглядають розрахунки пропускної здатності, наприклад [7].

У цій статті розглядається спрощений спосіб визначення пропускної здатності при проектуванні корпоративних мереж передачі даних на підставі теорії телетрафіка, який дозволяє знайти компроміс між вартістю мережі та якістю послуг, що надаються.

Поставлення задачі розрахунку пропускної здатності каналів зв'язку. Розглянемо завдання об'єднання декількох каналів в один на прикладі ділянки корпоративної мережі комерційного банку, який працює на території Таджикистану. Розрахунки виконуються для регіональної мережі міста Куляб і прилеглих до нього районів, на підставі топології транспортної мережі Таджиктелеком, побудованої, як звичайна зірка (див. рис. 1). В даній роботі

розглядається мережа, яка складається з регіональної філії «Куляб» та підключених до неї відділень, розташованих в населених пунктах, в тому числі й відділення «Куляб», яке розташовано там же, де й регіональна філія, і додає свій трафік до загального потоку даних.



Рисунок 1 – Регіональний вузол розподілу «Куляб»

Логіка проектування містить в собі такі етапи. Задаються параметри абонентського навантаження – розмір групи, показники трафіку для кожного виду послуги, а також потрібні показники якості. Потім у будь-який спосіб розраховується перше наближення для пропускної здатності каналу зв'язку. Після цього розраховуються показники якості – довжина черги та час затримки пакетів даних. Потім у будь-який доступний спосіб проектувальник домагається найменшої пропускної спроможності, при якій показники якості ще лишаються в межах вимог. При розрахунку передбачається, що всі послуги поділяються на кілька класів за вимогами до якості обслуговування – наприклад, до класу VoIP висуваються інтерактивні вимоги, до класу WEB – передачі даних, для класу обміну з базою даних – так само, як і для класу файлових завантажень. При цьому для кожного класу на комунікаційному устаткуванні створюється своя черга обслуговування пакетів і призначаються пріоритети. Кожному з відділень у населених пунктах надаються мережні послуги які наведено в таблиці 1. На підставі цих параметрів, та з урахуванням кількості абонентів, розраховується трафік для кожного з відділень у населених пунктах та загальний трафік регіональної філії [1].

Таблиця 1 – Параметри абонентського навантаження для класів послуг

Послуга	Максимальна швидк.(Кб/с)	Тривалість сеансу зв'язку (с)	Кількість викл./год	Пачечність	Навантаж. (Ерл)	Затримка мс
VoIP	95,2	150	3	1	0,13	50
Інтернет	1024	60	10	8	0,17	500
База даних	512	15	20	5	0,08	500
Файловий обмін	2048	30	3	10	0,03	500

Показники абонентського навантаження визначаються за чинними нормативними документами, наприклад, [3], або емпірично, якщо цих норм немає в документах. Основний показник якості – транспортна затримка, яка визначається на підставі нормативного документа [8]. Оскільки в роботі розглядається тільки один бік транспортної системи (наприклад, відправника пакетів), то затримка береться рівною половині той, що визначається нормативом. Виходячи з цих розрахунків, визначається пропускна здатність ліній зв'язку; всі ці цифри наведено в таблиці 2. Трафік кожного відділення розраховується арифметичним підсумовуван-

ням за всіма послугами, які надаються абонентам цього відділення, а загальний трафік всього вузла розподілу – підсумовуванням необхідної пропускної здатності всіх відділень. Також враховується показник “пачечності” – на нього ділиться пропускна здатність. Отримана цифра є першим наближенням до потрібної пропускної здатності.

Таблиця 2 – Трафік відділень та сумарний трафік

Назва об'єкту	Кількість абонентів	Пропускна здатність для відділення, Кб/с				Трафік відділення	Загальний трафік	Навантаження групи абонентів, Ерл			
		VoIP	Інтернет	База даних	Файловий обмін			VoIP	Інтернет	База даних	Файловий обмін
Куляб	27	329	576	236	138	1279	10420	3,00	3,86	2,07	0,66
Дангара	26	317	555	227	133	1232		2,89	3,72	1,99	0,63
Балджувон	24	292	512	210	123	1137		2,67	3,43	1,84	0,59
Фархор	24	292	512	210	123	1137		2,67	3,43	1,84	0,59
Восеъ	23	280	491	201	118	1090		2,56	3,29	1,76	0,56
Муъмінобод	22	268	469	192	113	1042		2,44	3,15	1,69	0,54
Хоросон	22	268	469	192	113	1042		2,44	3,15	1,69	0,54
Джомі	26	317	555	227	133	1232		2,89	3,72	1,99	0,63
Шуробод	26	317	555	227	133	1232		2,89	3,72	1,99	0,63

Але такий спосіб обчислення не враховує кількох важливих показників, що може призвести до помилки в розрахунках як в більший бік, так і в менший. По-перше, більша кількість абонентів створює більш рівномірний трафік, оскільки малоімовірно, щоб велика кількість абонентів водночас вимагали обслуговування з максимальною швидкістю. По-друге, пакети від великої кількості абонентів можуть накопичуватися в черзі на передачу, таким чином, трафік вирівнюється ще більше – особливо цей ефект виражений, коли передається регулярний трафік, такий, як відео або голосові пакети. З іншого боку, стояння в черзі викликає затримку передачі пакетів, що погіршує показники якості транспорту. Щодо показника “пачечності”, то його використання – це дуже грубе наближення, воно зовсім не враховує якості обслуговування, а лише коригує цифру загального трафіку. Отже, регулюючи співвідношення між сумарним трафіком всіх відділень і пропускною здатністю об'єднаного каналу від регіональної філії до ядра, можна впливати на показники якості та вартості каналу, які пропорційні пропускній здатності. Таким чином, ставиться наступна задача: запропонувати методику розрахунку, виходячи з довжини черги, так, щоб час стояння пакетів у черзі не перебільшував нормативного, а пропускна здатність була найменшою.

Розрахунок показників якості транспорту пакетів. Наступним кроком необхідно розрахувати показники якості – а саме, затримку, обумовлену стоянням пакету у черзі та часом, витраченим на передачу. Оскільки для обслуговування пакетів IP-телефонії та інших послуг звичайно використовуються різні черги, то розрахунок будемо вести окремо, виходячи з типового розміру пакета для кожного різновиду послуг. Нижче наведено детальний розрахунок для відділення м. Куляб, а для інших відділень результати зведено в таблицю 5.

Для телефонії реальний розмір пакета $b_{\text{реальн}} = 1904$ біти (корисне навантаження плюс заголовки). Ці дані взято з власних практичних спостережень, за умов використання стандартного кодека G.711, який дає бітову швидкість потоку 64 кб/с, при тривалості семпла 20 мс. Потрібна пропускна здатність каналу для групи $B_{\text{каналу}} = 0,857$ Мбіт/с. Таку цифру було визначено, виходячи з навантаження 3 Ерл, за допомогою стандартної методики, яка використовується в каналній телефонії [6]. Час T_S , потрібний для передавання 1 пакета, буде:

$$T_s = \frac{b_{\text{реальн}}}{B_{\text{каналу}}} = \frac{1904}{0,857} = 2,22 \text{ мс.} \quad (1)$$

Оскільки розрахункове навантаження абонентської групи $Y_{gp}=3$ Ерл, а інтервал передачі пакетів кожним абонентом (тривалість семпла) $t_s=20$ мс, то інтенсивність передачі пакетів λ від всієї групи буде розраховано так:

$$\lambda = \frac{Y_{gp}}{t_s} = \frac{3}{20 \cdot 10^{-3}} = 150 \text{ пак/с.} \quad (2)$$

З цього визначаємо коефіцієнт утилізації ρ – показник завантаженості каналу зв'язку, який впливає на час очікування у черзі:

$$\rho = \lambda \cdot T_s = 150 \cdot 2,22 \cdot 10^{-3}. \quad (3)$$

З цього, згідно [4], враховуючи той факт, що всі пакети телефонії мають однаковий розмір, визначаємо показники якості. Загальна кількість пакетів r , які знаходяться у системі:

$$r = \frac{\rho^2}{2 \cdot (1 - \rho)} + \rho = \frac{0,333^2}{2(1 - 0,333)} + 0,333 = 0,417. \quad (4)$$

З них у черзі на обслуговування чекають w пакетів:

$$w = \frac{\rho^2}{2 \cdot (1 - \rho)} = \frac{0,333^2}{2 \cdot (1 - 0,333)} = 0,0833. \quad (5)$$

Розрахована кількість пакетів у черзі на обслуговування – це корисна інформація, її можна використовувати під час налагодження параметрів апаратури. В налаштуванні дисципліни обслуговування черг комунікаційним обладнанням довжина черги може розглядатися, наприклад, як параметр для прийняття рішення про відкидання зайвих пакетів. В даному конкретному випадку в системі менше 1 пакета; це означає, що вона працює з великим запасом за продуктивністю. Але під час подальшої мінімізації кількість елементів у черзі може бути значно більшою. Виходячи з коефіцієнту утилізації, можна також розрахувати час очікування у черзі T_w :

$$T_w = \frac{\rho \cdot T_s}{2 \cdot (1 - \rho)} = \frac{0,333 \cdot 2,22}{2 \cdot (1 - 0,333)} = 0,556 \text{ мс.} \quad (6)$$

А також повний час знаходження пакета в системі T_r , в тому числі обслуговування та очікування в черзі:

$$T_r = \frac{T_s \cdot (2 - \rho)}{2 \cdot (1 - \rho)} = \frac{2,22 \cdot (2 - 0,333)}{2 \cdot (1 - 0,333)} = 2,778 \text{ мс.} \quad (7)$$

Як можна побачити, цей час значно менший, ніж потрібний для телефонії показник затримки 50 мс. Отже, можна зменшити пропускну здатність та заощадити витрати на канал зв'язку без істотного погіршення якості послуги.

Розрахунок показників якості для послуги обміну з інтернет виконується в подібний спосіб з невеликими відмінностями. Середня пропускну здатність для послуги визначена емпірично, на підставі практичного досвіду – 1024 Кб/с, середній розмір пакета – так само, 750 байт (6000 біт). Із цих даних визначається середній інтервал передачі пакетів від одного абонента – за очевидною формулою:

$$t_s = \frac{b_{\text{реальн}}}{V_{\text{абон}}} = \frac{6000}{1024} = 5,859 \text{ мс.}$$

Для пропускання навантаження 3,86 Ерл потрібно 10 каналів (згідно таблиці 2), що дає в сумі пропускну здатність за формулою (8). Зрозуміло, що застосовувати підхід першої формули Ерланга до трафіка інтернет не зовсім коректне, але ж в даному випадку розраховується не проектна цифра, а лише перше наближення, яке буде потім коригуватися.

$$V_{\text{послуги}} = V_{\text{абонента}} \cdot V = 1024 \cdot 10 = 10240 \text{ Кбіт/с.} \quad (8)$$

Далі розраховується час обслуговування одного пакета за формулою (1):

$$T_s = \frac{6000}{10240} = 0,5859 \text{ мс,}$$

так само інтенсивність передачі пакетів від всієї групи за формулою (2):

$$\lambda = \frac{3,86}{5,859 \cdot 10^{-3}} = 659 \text{ пак/с,}$$

і коефіцієнт утилізації – за формулою (3):

$$\rho = 659 \cdot 0,586 \cdot 10^{-3} = 0,386.$$

Після цього можна розраховувати показники якості; але, на відміну від телефонії пакети мають не однаковий розмір. В першому наближенні можна вважати, що розмір пакетів підкоряється експоненційному закону розподілу (хоча це не зовсім так.) Для розрахунку показників якості при експоненційному законі розподілу використовуються такі формули [4,5]. Кількість пакетів у системі:

$$r = \frac{\rho}{1 - \rho} = \frac{0,386}{1 - 0,386} = 0,6297, \quad (9)$$

кількість пакетів у черзі:

$$w = \frac{\rho^2}{1 - \rho} = \frac{0,386^2}{1 - 0,386} = 0,243. \quad (10)$$

Час очікування пакетів у черзі:

$$T_w = \frac{\rho \cdot T_S}{1 - \rho} = \frac{0.386^2 \cdot 0.586}{1 - 0.386} = 0.369 \text{ мс.} \quad (11)$$

Повний час знаходження пакетів у системі – час обслуговування та час очікування:

$$T_r = \frac{T_S}{1 - \rho} = \frac{0.586}{1 - 0.386} = 0.955 \text{ мс.} \quad (12)$$

Можна побачити, що час знаходження пакета обміну з інтернет в системі набагато менший, ніж для телефонних пакетів, хоча вимоги до якості транспорту телефонії набагато вищі, ніж транспорту інтернет. Резервів для заощадження тут набагато більше. У такий самий спосіб розраховуються показники для обміну інформацією з базою даних та файловим обміном. Результати показані у таблиці 3.

Таблиця 3 – Розрахунок показників якості для окремих послуг

Вид показника	Телефонія	Інтернет	База даних	Файловий обмін	Розмірність
1) середня пропускна здатність для послуги	321,3	4617	1147	1382	Кбіт/с
2) загальне навантаження групи	3	3,86	2,07	0,66	Ерл
3) середня інтенсивність передачі пакетів	150	659,4	264,9	198,3	пак/с
4) кількість каналів за 1 формулою Ерланга	9	10	7	4	шт.
5) потрібна пропускна здатність для групи	856,8	10240	3584	8192	Кбіт/с
6) час обслуговування пакетів	2,22	0,586	1,116	0,83	Мсек
7) коефіцієнт утилізації	0,333	0,386	0,296	0,165	
8) кількість пакетів у системі	0,417	0,6297	0,42	0,197	шт.
9) кількість пакетів у черзі	0,083	0,2433	0,124	0,032	шт.
10) час перебування пакета в системі	2,778	0,955	1,584	0,994	мс
11) час очікування у черзі	0,556	0,369	0,468	0,164	мс

Оптимізація пропускної здатності каналу. Можна зменшити потрібну здатність до величини, при якій затримка в системі буде сягати найбільшого припустимого значення [6]. В нормативних документах наводяться показники припустимої транспортної затримки [8]. Не вдаючись у деталі, візьмемо за основу половину припустимої за нормативом затримки – виходячи з того, що половину часу буде витрачено на боці відправника, половину – на боці одержувача пакетів. Для телефонії це – 50 мс, для послуг інтернет, бази даних та файлового обміну – 500 мс. Розрахунки за наведеною методикою показують, що пропускну здатність для послуги телефонія можна зменшити з 857 до 306 Кбіт/с, при цьому затримка буде не більше 50 мс. Відповідно для послуги інтернет – з 10240 до 3970, при розрахунковому показнику затримки 444 мс. Так само для послуги база даних – з 3584 до 1068 при затримці не більше 468 мс, а для файлового обміну – з 8192 до 1363 при затримці 475 мс. Результати, з урахуванням затримки, наведено в таблиці 4. Оптиміальні показники – це рядок № 5, потрібна пропускна здатність для групи.

Таблиця 4 – Розрахунок мінімальної пропускної здатності м. Куляб

Вид показника	Телефонія	Інтернет	База даних	Файловий обмін	Розмірність
1) середня пропуск. здатність для послуги	285,6	3956	1147	1382	Кбіт/с
2) загальне навантаження групи	3	3,86	2,07	0,66	Ерл
3) середня інтенсивність передачі пакетів	150	659,4	264,9	198,3	пак/с
4) кількість каналів за 1 формулою Ерланга	9	10	7	4	шт.
5) потрібна пропускна здатність для групи	306	3970	1068	1363	Кбіт/с
6) час обслуговування пакетів	6,22	1,511	3,745	4,989	мсек
7) коефіцієнт утилізації	0,933	0,997	0,992	0,989	
8) кількість пакетів у системі	7,467	292,7	124	94,2	шт.
9) кількість пакетів у черзі	6,533	291,7	123	93,2	шт.
10) час перебування пакета в системі	49,78	443,9	468,2	475	мс
11) час очікування у черзі	43,56	442,4	464,5	470	мс

Звернімо увагу, що оптимальні цифри близькі до першого з показників – середньої пропускної здатності, розрахованої методом простого арифметичного підсумовування без урахування пачечності, але не тотожні їм. В деяких випадках вони більші, а в деяких – менші за них. Головний результат, якого немає при арифметичному підсумовуванні – це дані про затримку, вони отримуються, як показник обмеження знизу. А також дані про довжину черги, які використовуються в процесі налагодження мережного обладнання.

Цікаво також простежити подібні розрахунки для сумарного трафіку, який складається зо всіх потоків відділень. У таблиці 5 наведено оптимальні показники пропускної здатності для всіх відділень, які входять до регіональної філії Куляб.

Таблиця 5 – Потрібна пропускна здатність для відділень

Назва об'єкту	Кількість абонентів	Потрібна пропускна здатність для послуги, Кб/с				Трафік відділення	Сумарний трафік філії
		Телефонія	Інтернет	База даних	Файловий обмін		
Куляб	27	306	3970	1068	1363	6707	54690
Дангара	26	296	3822	1029	1313	6460	
Балджувон	24	275	3529	950	1213	5967	
Фархор	24	275	3529	950	1213	5967	
Восеь	23	264	3383	911	1163	5721	
Муьмінобод	22	254	3236	872	1113	5475	
Хоросон	22	254	3236	872	1113	5475	
Джомі	26	296	3822	1029	1313	6460	
Шуробод	26	296	3822	1029	1313	6460	

Для оцінки результатів розрахунків за пропонованою методикою цікаво порівняти в одній таблиці підсумкові цифри необхідної пропускної здатності, отримані за різними методами. Дані, підсумовані та зведені до однакових одиниць, показані у таблиці 6.

Таблиця 6 – Зведені розрахунки пропускної здатності

Назва об'єкту	Кількість абонентів	Пропускна здатність, Кбіт/с			
		Метод підсумовування		Метод мінімізації	
Куляб	27	1279	10420	6707	54240
Дангара	26	1233		6460	
Балджувон	24	1137		5967	
Фархор	24	1137		5967	
Восеъ	23	1090		5721	
Муъмінобод	22	1042		5475	
Хоросон	22	1042		5475	
Джомі	26	1232		6460	
Шуробод	26	1232		6460	

Висновки.

1. Запропоновано спрощений метод розрахунку пропускної здатності, заснований на моделі обслуговування потоку пакетів, прийнятий в теорії телетрафіку. Метод може використовуватися як для пакетів одного розміру, наприклад, у телефонії, так і різного розміру – наприклад, WEB-послуг або баз даних.

2. Результатами розрахунку є пропускна здатність, показник затримки та кількість пакетів у черзі комунікаційного обладнання, яка використовується для його налагодження.

3. Розрахована затримка є об'єктивним показником якості, який визначає межі для мінімізації пропускної здатності з метою зменшення витрат на організацію каналів зв'язку.

4. Метод доступний для практичного використання проектувальниками, не потребує спеціальної математичної підготовки або підвищеної кваліфікації.

Список використаної літератури

1. Назаров А.Н. Модели и методы расчета структурно-сетевых параметров сетей АТМ / А.Н. Назаров. – М.: Горячая линия-Телеком, 2002. – 256 с.
2. Вишнеvский В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей / В.М. Вишнеvский/. – М.: Техносфера, 2003. – 506 с.
3. Нормы технологического проектирования: городские и сельские телефонные сети: РД 45.120-2000: НТП 112-2000. – [Действительны от 2000-10-26]. – СПб.: ЛОНИИС; ОАО «Гипросвязь СПб», 2000. – 128 с.
4. Столлингс В. Современные компьютерные сети / В. Столлингс. – 2-е изд. – СПб.: Питер, 2003. – 783 с.
5. Крылов В.В. Теория телетрафика и ее приложения / В.В. Крылов, С.С. Самохвалова. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 288 с.
6. Воропаева В.Я. Теория телетрафика: [навч. посіб.] / В.Я Воропаева, В.І Бессараб, В.В. Турупалов [та ін.]. – Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2011. – 202 с.
7. Балашов В.О. Проективання, будівництво та експлуатація мереж широкосмугового доступу / В.О. Балашов, І.Б. Барба, В.І. Корнійчук [та ін.]. – Одеса: РВЦ ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2012. – 240 с.
8. Требования к организационно-техническому обеспечению устойчивого функционирования сети связи общего пользования: Регистрационный № 10380. – [Действительны от 2007-09-27]. – М.: Министерство информационных технологий и связи Российской Федерации. – 9 с.
9. Чабан К.О. Методика розрахунку пропускної здатності цифрового кільця міської телефонної мережі. / К.О. Чабан // Збірник наукових праць ІПМЕ ім. Г.С. Пухова НАН України, Серія «Моделювання та інформаційні технології». – К., 2009. – Вип. 50. – С. 206-211.

10. Нестеренко С.А. Аналитическая модель расчета пропускной способности сквозного канала гетерогенного сегмента сети / С.А. Нестеренко, Л.В. Иванова // *Електротехнічні та комп'ютерні системи*. – 2013. – № 9. – С. 137-141.

References

1. Nazarov A.N. (2002), *Modeli i metody rascheta strukturno-setevykh parametrov setej ATM* [Models and methods for calculating structural and network settings ATM networks], Horjachaja Linija-Telecom, Moscow, Russia.
2. Vishnevskij V.M. (2003), *Teoreticheskiye osnovy proektirovanija komp'juternykh setej* [Theoretical bases of designing of computer networks], Tehnosfera, Moscow, Russia.
3. Russian Federation Ministry of Communications and Informatization (2000), *RD 45.120-2000: NTP 112-2000, Normy tehnologicheskogo proektirovanija: gorodskie i sel'skie telefonnye seti*. [RD 45.120-2000: NTP 112-2000 Norms of technological design: urban and rural telephone networks], LONIIS and JSC “Giprosvjaz St.Pb”, S.Petersburg, Russia.
4. Stallings W. (2003) *Sovremennye komp'juternye seti* [High-speed networks and internets] 2nd ed., Piter, S.Petersburg, Russia.
5. Krylov V.V. (2005) *Teorija teletrafika i ejo prilozhenija* [Teletraffic Theory and its applications], BHV, S.Petersburg, Russia.
6. Voropajeva V.Ja. Bessarab V.I., Turupalov V.V., etc. (2011), *Teorija teletrafika* [Teletraffic Theory], Don NTU, Donetsk, Ukraine.
7. Balashov V.O., Barba I.B., Kornijchuk V.I., etc. (2012), *Proektuvannja, budivnictvo ta ekspluatacija merezh shirokosmugovogo dostupu* [Design, construction and operation of broadband], RVC ONAZ, Odessa, Ukraine.
8. Ministry of Information Technologies and Communications of the Russian Federation (2007), Reg. No 10380, *Trebovanija k organizacionno-tehnicheskomu obespečeniju ustojchivogo funkcionirovanija seti svjazi obshhego naznachenija* (2007) [Requirements for the organizational and technical support for sustainable functioning, of the public telecommunications network], Regulation of federal executive bodies, Moscow, Russia.
9. Chaban K.O. (2009), “Methods of calculating bandwidth digital ring city telephone network”, *Modeljuvannja ta informacijni tehnologiji*, issue 50, pp. 206-211.
10. Nesterenko S.A. (2013), “An analytical model for calculating bandwidth through channel heterogeneous network segment”, *Elektrotehnichni ta komp'juterni systemy*, no. 9, pp. 137-141.

Надійшла до редакції:
30.04.2015

Рецензент:
д-р техн. наук, проф. А.А. Зорі

Ш.С.Мукимов, В.В.Бойко

ДВНЗ «Донецкий национальный технический университет»

Расчет пропускной способности каналов связи для корпоративных сетей

В работе рассматривается проблема расчета наименьшей допустимой пропускной способности каналов связи для сети звездообразной топологии, когда трафик создается ограниченным количеством потребителей услуг. Приводится сравнение предлагаемой методики расчета с самой распространенной, но достаточно грубой методикой. Ставится задача расчета показателей качества транспорта пакетов для принятия обоснованного решения. При решении задачи учитываются отличия характеристик потока пакетов различных услуг. Методика предназначена для практических расчетов, она доступна для применения проектировщиками сетей и не требует углубленных математических знаний, может быть легко реализована в виде программы.

Ключевые слова: сеть, пропускная, способность, показатели, качество, расчет, нагрузка.

Sh.S.Moukimov, V.V.Boyko

Donetsk National Technical University

Calculation of network bandwidth for corporate networks

This paper considers the problem of calculating the minimum allowable bandwidth of the communication channels for the star-like topology network, where the traffic is made by a limited number of users of standard office network services. The comparison of the proposed method of calculation which is the most common nowadays, with a rather crude method made. The task of calculating the index quality of transport packages is set. It is offered by the logic of sequential steps to make an informed decision on sufficient amount of the bandwidth to meet the quality requirements. While solving the problem it is taken into account that there are differences between the characteristics of the flow of packets of different services. The problem is considered for the case when the packages with different quality requirements and bandwidth are serviced by independent queues. The method of calculation is considered as an example for the territorial area network real Corporation, features user traffic, topology, technology. Some other parameters are taken from the regulations and practices. The logical methodology is divided into 3 stages – the definition of the initial approximation, the calculation of indicators of quality and minimization. The basic calculation formulas, which come from the conventional laws of teletraffic, are adapted for this task. In accordance with the formulas some examples of calculations and their results are presented in tabular form. A comparison of different methods to the conclusions about the validity of the calculated indicators is given. The main condition of the requirement is to minimize the delay of packet delivery, which is calculated as the queueing time. As the further result of calculation changes the ratio required when setting up the equipment, the average queue length of the packets in a communication device is suggested. In this paper, along with the calculation of a user group a summation traffic hub is considered, which illustrates the difference between the total capacity of the arithmetic sum of the individual capacities of the terms. The method is designed for practical calculations, it is available for use by designers of networks and does not require in-depth knowledge of mathematics. Also, it can be easily implemented as a program.

Keywords: network, bandwidth, index, quality, calculating, loading.



Мукімов Шахбоз Собірджонович, Таджикистан, закінчив Донецький національний технічний університет, магістр технічних наук, інженер відділу мережних технологій Телекомунікаційної компанії Babilon-T (вул. Дехлаві 4, м. Душанбе, 734000, Таджикистан). Основний напрямок наукової діяльності: розрахунки та проектування корпоративних мереж з гарантією показників якості та пропускну здатності.



Бойко Віталій Вікторович, Україна, закінчив Донецький національний технічний університет, викладач кафедри Автоматики та телекомунікацій. ДВУЗ «Донецький національний технічний університет» (пл. Шибанкова, 2, м. Красноармійськ, 85300, Україна). Основний напрямок наукової діяльності – розробка, розрахунки та адміністрування мереж надання цифрових послуг, роботи пов'язані з забезпеченням пропускну здатності та якості транспорту мереж.