

УДК 621.391

Аношков В.М., к.т.н.; Ружинський В.Г., к.т.н. (ПАТ «Укртелеком»)

ОПТИМІЗАЦІЯ ЧАСУ ЗАЙНЯТТЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ КАНАЛІВ ПРИ ОЧІКУВАННІ ВІДПОВІДІ ВХІДНОГО АБОНЕНТА У МЕРЕЖІ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ

Аношков В.М., Ружинський В.Г. Оптимізація часу зайняття інформаційних каналів при очікуванні відповіді вхідного абонента у мережі мобільного зв'язку. У статті наведено розрахунок мінімально допустимої тривалості таймеру очікування відповіді абонента, якого викликають, у мережі мобільного зв'язку. Наведено результати розрахунку тривалості цього таймеру в залежності від кількості інформаційних каналів між абонентським терміналом і базовою станцією. Застосування результатів розрахунку забезпечить ефективне використання інформаційних каналів при заданому рівні якості обслуговування.

Ключові слова: МЕРЕЖА МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ, ЯКІСТЬ ОБСЛУГОВУВАННЯ, ТАЙМЕР ВІДПОВІДІ

Аношков В.М., Ружинский В.Г.. Оптимизация времени занятия информационных каналов при ожидании ответа входного абонента в сети мобильной связи. В статье приведен расчет минимально допустимой длительности таймера ответа вызываемого абонента сети мобильной связи. Приведены результаты расчета длительности этого таймера в зависимости от количества информационных каналов между абонентским терминалом и базовой станцией. Применение результатов расчета обеспечит эффективное использование информационных каналов при заданном уровне качества обслуживания.

Ключевые слова: СЕТЬ МОБІЛЬНОЇ СВ'ЯЗИ, КАЧЕСТВО ОБСЛУЖИВАННЯ, ТАЙМЕР ОТВЕТА

Anoshkov V.M., Ruzhynskiy V.H. Optimization of information channels holding time while waiting answer of incoming subscriber in mobile networks. Calculations of minimum admissible called subscriber's answer timer duration in mobile network are proposed in the article. Results of calculations of this timer duration depending on quantity of information channels between subscriber's terminal and base station are proposed. Results of calculations applying will have provided effective use of information channels with given quality of service.

Keywords: MOBILE NETWORK QUALITY of SERVICE, ANSWER TIMER

Постановка задачі. Одним з основних ресурсів мережі мобільного зв'язку є інформаційні канали між абонентськими терміналами та базовими станціями. Для ефективного використання інформаційних каналів необхідно мінімізувати тривалість їх непродуктивного зайняття. Одна з причин непродуктивного зайняття каналів – очікування відповіді абонента, якого викликають. Вирішення задачі оптимізації тривалості таймеру очікування відповіді абонента, якого викликають, у телефонній мережі фіксованого зв'язку висвітлено в [1]. Тривалість таймеру очікування відповіді T , згідно [2], може встановлюватись у межах від 60 до 180 с. Однак, згідно [3] для абонентів мережі мобільного зв'язку тривалість цього таймеру регламентується у межах від 10 до 40 с. Отже, задача заключається в визначенні мінімально допустимої тривалості таймеру T , яка забезпечить необхідну якість обслуговування та ефективне використання інформаційних каналів.

Розрахунок мінімально допустимої тривалості очікування відповіді. Мінімально допустиму тривалість таймеру T визначимо як мінімальну тривалість, при якій імовірність того, що абонент, якого викликають, не відповість протягом інтервалу часу від 0 до T не більше ймовірності того, що за цей інтервал часу надійде хоча б один виклик при всіх зайнятих інформаційних каналах між абонентськими терміналами та базовою станцією.

Імовірність того, що абонент, якого викликають, не відповість протягом інтервалу часу від 0 до T визначається так [2]:

$$P(T > t) = e^{-t/T_{oc}}, \quad (1)$$

де T_{oc} – середня тривалість очікування відповіді, яка, за результатами експериментальних досліджень, становить 11 с для абонентів мережі мобільного зв'язку.

Результати розрахунків згідно формули (1) для різних значень T наведено в табл. 1.

За даними табл. 1 максимальне значення таймеру T доцільно обмежувати величиною 110 с.

Табл. 1

T, c	15	20	25	30	35	40	45	50
$P(T>t)$	0,2557	0,1623	0,1030	0,0654	0,0415	0,0263	0,0167	0,0106
T, c	55	60	65	70	75	80	85	90
$P(T>t)$	0,0067	0,0043	0,0027	0,0017	0,0011	0,0007	0,0004	0,0003
T, c	95	100	105	≥ 110				
$P(T>t)$	0,0002	0,0001	0,0001	0				

Імовірність того, що в момент часу t в повнодоступному пучку ємністю ν каналів, який працює в режимі з втратами та обслуговує навантаження інтенсивністю Y , зайняті всі канали визначається за формулою Ерланга [4]:

$$p_\nu = \frac{Y^\nu / \nu!}{\sum_{j=0}^{\nu} (Y^j / j!)} \quad (2)$$

Результати розрахунків згідно формули (2) для різних значень Y і ν наведено в табл. 2.

Табл. 2

Імовірність p_ν					
ν	$Y/\nu, \text{ Ерл}$				
	$\leq 0,1$	0,2	0,4	0,6	0,8
8	0	0,0002	0,0112	0,0609	0,1444
16	0	0	0,0006	0,0172	0,0806
24	0	0	0	0,0057	0,0527
32	0	0	0	0,0020	0,0369
40	0	0	0	0,0007	0,0268
48	0	0	0	0,0003	0,0200
56	0	0	0	0,0001	0,0152
64	0	0	0	0	0,0117
72	0	0	0	0	0,0091
80	0	0	0	0	0,0072
88	0	0	0	0	0,0056
96	0	0	0	0	0,0045
104	0	0	0	0	0,0036
112	0	0	0	0	0,0028
120	0	0	0	0	0,0023
128	0	0	0	0	0,0018

За даними табл. 2 при інтенсивності навантаження одного інформаційного каналу $Y/\nu \leq 0,1$ Ерл $p_\nu = 0$. Імовірність того, що за інтервал часу від 0 до T надійде хоча б один виклик, за умови найпростішого потоку викликів, визначається так [1]:

$$p_{i \geq 1}(T) = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{(YT/T_3)^i}{i!} e^{-\frac{YT}{T_3}} = 1 - e^{-\frac{YT}{T_3}}, \quad (3)$$

де Y – інтенсивність навантаження інформаційних каналів; T_3 – середня тривалість зайняття інформаційного каналу при обслуговуванні одного виклику, яка, за результатами експериментальних досліджень, становить 66 с для абонентів мережі мобільного зв'язку.

Результати розрахунків згідно формули (3) для різних значень T і Y наведені в табл. 3...5.

Табл. 3

Імовірність $p_{i \geq 1}$							
$Y, \text{ Ерл}$	T, c						
	15	20	25	30	35	40	45
1,6	0,3049	0,3842	0,4545	0,5168	0,5719	0,6208	0,6641
3,2	0,5168	0,6208	0,7024	0,7665	0,8168	0,8562	0,8872
4,8	0,6641	0,7665	0,8377	0,8872	0,9216	0,9455	0,9621
6,4	0,7665	0,8562	0,9115	0,9455	0,9664	0,9793	0,9873
9,6	0,8872	0,9455	0,9737	0,9873	0,9938	0,9970	0,9986
10,8	0,9141	0,9621	0,9833	0,9926	0,9967	0,9986	0,9994
12,8	0,9455	0,9793	0,9922	0,9970	0,9989	0,9996	0,9998
14,4	0,9621	0,9873	0,9957	0,9986	0,9995	0,9998	0,9999
19,2	0,9873	0,9970	0,9993	0,9998	1	1	1
24,0	0,9957	0,9993	0,9999	1	1	1	1
25,6	0,9970	0,9996	0,9999	1	1	1	1
28,8	0,9986	0,9998	1	1	1	1	1
32,0	0,9993	0,9999	1	1	1	1	1
33,6	0,9995	1	1	1	1	1	1
38,4	0,9998	1	1	1	1	1	1
$\geq 44,8$	1	1	1	1	1	1	1

Табл. 4

Y, Ерл	Імовірність $p_{i \geq 1}$						
	T, c						
	50	55	60	65	70	75	80
1,6	0,7024	0,7364	0,7665	0,7931	0,8168	0,8377	0,8562
3,2	0,9115	0,9305	0,9455	0,9572	0,9664	0,9737	0,9793
4,8	0,9737	0,9817	0,9873	0,9911	0,9938	0,9957	0,9970
6,4	0,9922	0,9952	0,9970	0,9982	0,9989	0,9993	0,9996
9,6	0,9993	0,9997	0,9998	0,9999	1	1	1
10,8	0,9997	0,9999	0,9999	1	1	1	1
12,8	0,9999	1	1	1	1	1	1
$\geq 14,4$	1	1	1	1	1	1	1

Табл. 5

Y, Ерл	Імовірність $p_{i \geq 1}$					
	T, c					
	85	90	95	100	105	110
1,6	0,8726	0,8872	0,9000	0,9115	0,9216	0,9305
3,2	0,9838	0,9873	0,9900	0,9922	0,9938	0,9952
4,8	0,9979	0,9986	0,9990	0,9993	0,9995	0,9997
6,4	0,9997	0,9998	0,9999	0,9999	1	1
$\geq 9,6$	1	1	1	1	1	1

За даними табл. 3...5 при $Y \geq 44,8$ Ерл $p_{i \geq 1} = 1$ і не залежить від значення таймеру T .

Імовірність того, що за інтервал часу від 0 до T надійде хоча б один виклик при всіх зайнятих інформаційних каналах визначається так:

$$p = p_{i \geq 1}(T) p_v. \quad (6)$$

Результати розрахунків згідно формули (6), з урахуванням даних табл. 2 – 5, наведено в табл. 6...8.

Табл. 6

Y/v, Ерл	Імовірність p						
	T, c						
	15	20	25	30	35	40	45
$v=8$							
$\leq 0,1$	0	0	0	0	0	0	0
0,2	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
0,4	0,0058	0,0070	0,0079	0,0086	0,0091	0,0096	0,0099
0,6	0,0404	0,0467	0,0510	0,0540	0,0561	0,0576	0,0586
0,8	0,1107	0,1236	0,1316	0,1365	0,1395	0,1414	0,1426
$v=16$							
$\leq 0,2$	0	0	0	0	0	0	0
0,4	0,0005	0,0005	0,0005	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
0,6	0,0153	0,0163	0,0167	0,0170	0,0171	0,0171	0,0172
0,8	0,0764	0,0791	0,0802	0,0804	0,0805	0,0806	0,0806
$v=24$							
$\leq 0,4$	0	0	0	0	0	0	0
0,6	0,0055	0,0056	0,0057	0,0057	0,0057	0,0057	0,0057
0,8	0,0520	0,0525	0,0527	0,0527	0,0527	0,0527	0,0527
$v=32$							
$\leq 0,4$	0	0	0	0	0	0	0
0,6	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020
0,8	0,0368	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369	0,0369

Табл. 7

Імовірність p								
Y/v , Ерл	T, c							
	50	55	60	65	70	75	80	≥ 85
$v=8$								
$\leq 0,1$	0	0	0	0	0	0	0	0
0,2	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
0,4	0,0102	0,0104	0,0106	0,0107	0,0108	0,0109	0,0110	0,0112
0,6	0,0593	0,0598	0,0601	0,0601	0,0605	0,0606	0,0607	0,0609
0,8	0,1433	0,1437	0,1440	0,1441	0,1442	0,1443	0,1443	0,1444

Табл. 8

Імовірність p					
Y/v , Ерл	T, c ≥ 50	Y/v , Ерл	T, c ≥ 15	Y/v , Ерл	T, c ≥ 15
$\leq 0,2$	0	$\leq 0,4$	0	$\leq 0,6$	0
0,4	0,0006	0,6	0,0003	0,8	0,0056
0,6	0,0172	0,8	0,0200	$v=96$	
0,8	0,0806	$v=56$		$\leq 0,6$	0
$v=24$		0,6	0,0001	0,8	0,0045
$\leq 0,4$	0	0,8	0,0152	$v=104$	
0,6	0,0057	$v=64$		$\leq 0,6$	0
0,8	0,0527	$\leq 0,6$	0,8	0,0036	
$v=32$		0,8	0,0117	$v=112$	
$\leq 0,4$	0	$v=72$		$\leq 0,6$	0
0,6	0,0020	$\leq 0,6$	0	0,8	0,0028
0,8	0,0369	0,8	0,0091	$v=120$	
$v=40$		$v=80$		$\leq 0,6$	0
$\leq 0,4$	0	$\leq 0,6$	0	0,8	0,0023
0,6	0,0007	0,8	0,0072	$v=128$	
0,8	0,0268			$\leq 0,6$	0
				0,8	0,0018

Табл. 9

Мінімально допустимі значення таймеру T за результатами порівняння даних табл. 1 і 6 – 8 наведено в табл. 9.

Висновки. За результатами теоретичних розрахунків визначено мінімально допустиму тривалість таймеру очікування відповіді абонента, якого викликають (див. табл. 9), у мережі мобільного зв'язку. Отримані теоретичні результати можуть використовуватись операторами телекомунікацій для підвищення ефективності використання інформаційних каналів мобільної мережі.

v	T, c				
	Y/v , Ерл				
	$\leq 0,1$	0,2	0,4	0,6	0,8
8		95	55	35	25
16			85	45	30
24				60	35
32				70	40
40				80	40
48				90	45
56				100	50
64	110	110	110		50
72					55
80					55
88					60
96					60
104					65
112					65
120					70
128					70

Література

1. Аношков В.М. Оптимізація часу зайняття інформаційних каналів при очікуванні відповіді вхідного абонента у телефонній мережі / В.М. Аношков, В.Г. Ружинський // Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку. – 2013. – №1(25). – С. 31-34.
2. Abnormal conditions – Special release arrangements // Recommendation ITU-T Q.118. – Geneva, 1997. – 8 с.
3. Технічна специфікація ETSI TS 101 441.
4. Лившиц Б.С. Теория телетрафика / Б.С. Лившиц, А.П. Пшеничников, А.Д. Харкевич. – М.: Связь, 1979. – 240 с.

УДК 621.391

Корецький О.В., асп. (Одеська національна академія зв'язку ім. О. С. Попова)

Климаш М.М., д.т.н. (Національний університет “Львівська політехніка”)

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ОПТИЧНИХ ТРАНСПОРТНИХ МЕРЕЖ

Корецький О.В., Климаш М.М. Методика розрахунку та прогнозування параметрів оптичних транспортних мереж. Запропоновано моделі розрахунку ймовірності блокування в оптичних мережах зі спектральним ущільненням. Дані моделі дозволяють підвищити ефективність оптичних транспортних систем за рахунок вибору оптимального набору хвильових каналів для заданого рівня ймовірності блокування з урахуванням розміру мережі.

Ключові слова: ЙМОВІРНІСТЬ БЛОКУВАННЯ, СПЕКТРАЛЬНЕ УЩІЛЬНЕННЯ, КОЕФІЦІЄНТ ВИКОРИСТАННЯ КАНАЛУ, СПІВВІДНОШЕННЯ “СИГНАЛ/ШУМ”

Корецький А.В., Климаш М.Н. Методика расчета и прогнозирования параметров оптических транспортных сетей. Предложены модели расчета вероятности блокировки в оптических сетях со спектральным уплотнением. Данные модели позволяют повысить эффективность оптических транспортных систем за счет выбора оптимального набора волновых каналов для заданного уровня вероятности блокировки с учетом размера сети.

Ключевые слова: ВЕРОЯТНОСТЬ БЛОКИРОВКИ, СПЕКТРАЛЬНОЕ УПЛОТНЕНИЕ, КОЭФФИЦИЕНТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАНАЛА, СООТНОШЕНИЕ “СИГНАЛ / ШУМ”

Koretskyi O.V., Klymash M.M. Technique of optical transport networks parameters calculation and prediction. The models of the optimal set of wave channels determining in an optical network proposed in this paper. Proposed models taking into account the size of the network and its utilization current status while providing the necessary requirements for efficiency and improve the efficiency of optical transport systems with wavelength division multiplexing by maximizing signal/noise ratio for a single wave channel, taking into account the necessary blocking probability.

Keywords: BLOCKING PROBABILITY, WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING, CHANNEL UTILIZATION, SIGNAL NOISE RATIO

Вступ. В останні роки розвиток оптоволоконних систем настільки стрімкий, що навіть в мережах доступу впроваджуються рішення які донедавна використовувались лише в транспортних мережах. Одним з перспективних напрямків який розвивається в даний час в мережах доступу є сімейство технологій FTTx (Fiber To The “x”) яке включає в себе різноманітні види архітектур [1]:

- FTTN (Fiber to the Node) – волокно до мережевого вузла;
- FTTC (Fiber to the Curb) – волокно до мікрорайону;
- FTTB (Fiber to the Building) – волокно до будівлі;
- FTTH (Fiber to the Home) – волокно в дім.