

Таким чином, одним з варіантів модернізації 9-го вузла, як структурної одиниці ТфЗК м. Донецька, є організація на його базі транспортного вузла мережі NGN, що забезпечує підключення по цифрових каналах типу xDSL до транспортної мережі абонентів усіх категорій для зони, що обслуговується.

#### Перелік посилань

1. Уолрэнд Дж. Телекоммуникационные и компьютерные сети. - М.: Постмаркет, 2001.- 408с.
2. Лебединский А.К., Павловский А.А., Юркан В.В. Системы телефонной коммуникации. - М.: Маршрут, 2003. - 496с.
3. <http://depesha.dc.donetsk.ua/> №4(608)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ ЗАДЕРЖЕК В ПРОТОКОЛАХ ПЕРЕДАЧИ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ

Стафутин В.А., группа ТКС-00

Руководитель: к.т.н. Бессараб В.И.

Целью работы является исследование временных задержек при передаче сигнала через спутниковые каналы связи. В зависимости от того, какой протокол передачи будет выбран, можно делать выводы о возможности нормального функционирования определенных приложений в рассматриваемой корпоративной сети.

### 1. Передача сигнала в физической среде

Для расчета задержки в среде передачи необходимо знать расстояние  $r$  (дальность связи) между земной станцией с координатами  $\psi$  (широта) и  $\varphi$  (долгота) и ГСР с точкой стояния на долготе  $\varphi_p$  :

$$r = (r_3 + h) \sqrt{1 + \left(\frac{r_3}{r_3 + h}\right)^2 - 2 \frac{r_3}{r_3 + h} \cos \psi \cos(\varphi - \varphi_p)} \cong$$

$$\cong 42250 \sqrt{1.023 - 0.3 \cos \psi \cos(\varphi - \varphi_p)} \quad (1.1)$$

где  $r_3=6375$  км – радиус Земли,  $h=35875$  км – высота ГО.

Задержка в среде передачи составит:

$$\tau_p = r/c, \quad (1.2)$$

где  $c=3 \cdot 10^8$  м/с – скорость света.

## 2. Протоколы множественного доступа в спутниковых каналах связи.

### Протоколы фиксированного доступа

Сравним задержки при ВРК и ЧРК. Пусть многопакетные сообщения имеют фиксированный объем  $V$ , кратный объему слота  $V = lV_C$ , где  $l$  — число кадров, необходимое для передачи сообщения при ВРК. Тогда для обоих методов фиксированного доступа справедливо:  $\bar{\theta} = \frac{nV}{C}$ ,  $\lambda \bar{\theta} = \frac{\lambda nV}{C} = \rho$ ,  $\bar{\theta}^2 = (\bar{\theta})^2$ , а для ВРК, дополнительно,  $T_k = \theta/l$  [1].

$$\begin{cases} \bar{\tau}_{ВРК} = \frac{nV}{C} \left[ \frac{2 - \rho + \frac{1}{l} \left(1 - \frac{\rho^2}{2} + \frac{\rho(1 - \rho)}{3l}\right)}{\left(2 + \frac{\rho}{l}\right)(1 - \rho)} - \frac{n-1}{nl} \right] \\ \bar{\tau}_{ЧРК} = \frac{nV}{C} \cdot \frac{2 - \rho}{2(1 - \rho)} \end{cases} \quad (2.1)$$

Из (2.1) следует, что различия в средней задержки при ЧРК и ВРК в наибольшей степени проявляются при передаче однопакетных сообщений ( $l = 1$ ). С ростом  $l$  эти различия уменьшаются, а при  $l \rightarrow \infty$  ЧРК и ВРК обеспечивают одинаковую задержку.

Рассмотрим зависимость отношения  $\frac{\tau_{ЧРК}}{\tau_{ВРК}} = w(\rho, n, l)$  от загрузки канала связи  $\rho$  при  $l=1$  (рисунок 2.1). Из построенных графиков видно, что в зависимости от числа каналов  $n$   $\tau_{ЧРК}$  может отличаться от  $\tau_{ВРК}$  как в большую, так и в меньшую сторону. При  $n=1$  ВРК обеспечивает большие задержки, при  $n=2$  характеристики обоих способов передачи практически совпадают во всем

диапазоне изменения загрузки, а при  $n > 2$  лучшую оперативность передачи сообщений обеспечивает ВРК.

$$w(\rho, n, l) = \frac{\frac{2 - \rho}{2(1 - \rho)}}{2 - \rho + \frac{1}{l} \left(1 - \frac{\rho^2}{2} + \frac{\rho(1 - \rho)}{3l}\right) - \frac{n - 1}{nl}} \quad (2.2)$$

По оперативности передачи различие характеристик ЧРК и ВРК в большей степени проявляется при малых загрузках канала  $\rho$ , при  $\rho \rightarrow 0$  в зависимости от числа каналов ВРК может обеспечивать большую в 1,5 раза среднюю задержку при  $n=1$ , или меньшую в 2 раза при больших  $n$ . С увеличением загрузки канала  $\rho$  характеристики ЧРК и ВРК сближаются.

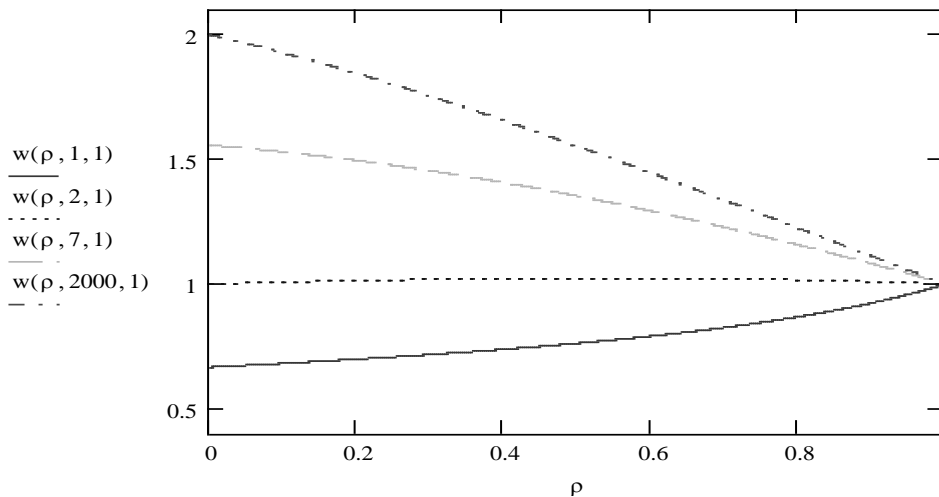


Рисунок 2.1 – Сравнительная характеристика задержек при ВРК и ЧРК ( $l=1$ )

Рассмотрим зависимость  $\frac{\tau_{\text{ЧРК}}}{\tau_{\text{ВРК}}} = w(\rho, n, l)$  от числа пакетов в сообщении  $l$  при фиксированной загрузке канала  $\rho$  (рисунок 2.2). Из построенных характеристик видно, что различие по оперативности передачи между ЧРК и ВРК быстро уменьшается с ростом  $l$ . При  $l \geq 4$  ВРК уже незначительно превосходит ЧРК по оперативности.

Таким образом, фиксированный доступ с ВРК и ЧРК обеспечивают близкие значения оперативности передачи сообщений, но все же ВРК имеет немного лучшие характеристики относительно ЧРК.

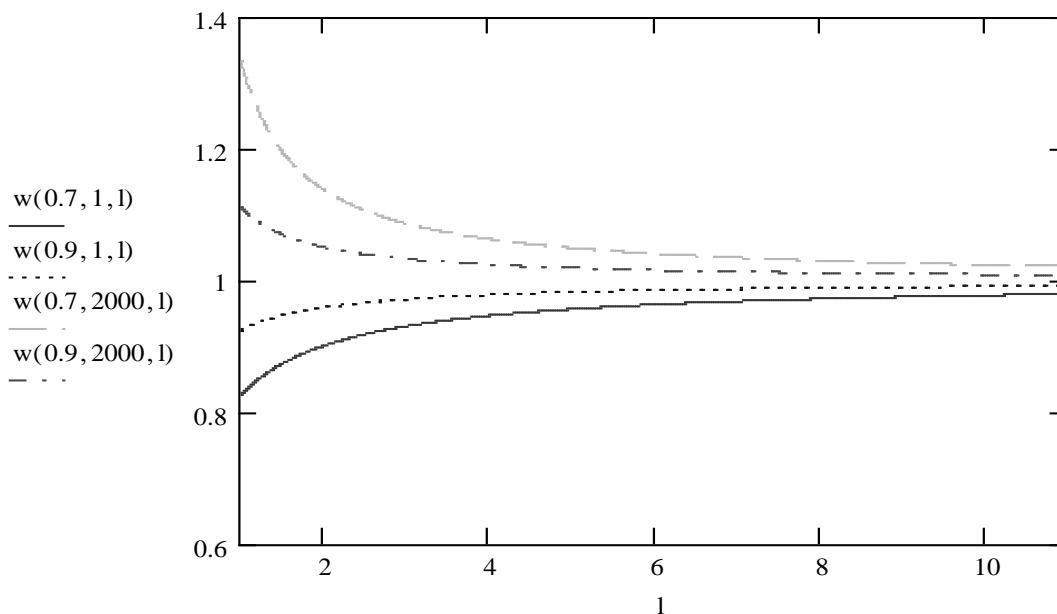


Рисунок 2.2 – Сравнительная характеристика задержек при ВРК и ЧРК

### Протоколы случайного многостанционного доступа

Рассмотрим значения средней задержки для протоколов P-Aloha  $\tau_1(\lambda)$  и для S-Aloha  $\tau_2(\lambda)$  от  $\lambda t$ . Для сравнения примем величину  $\tau_p = 0.27c$  - задержка распространения в физической среде,  $t = \frac{V_u}{C} = \frac{2,125}{64} = 33,2 \text{ мс}$  - длительность сообщения.

$$\tau_1(\lambda) = (\tau_p + t)e^{2\lambda t} + 7.5t(e^{2\lambda t} - 1) \quad (2.3)$$

$$\tau_2(\lambda) = (\tau_p + t)e^{\lambda t} + 7.5t(e^{\lambda t} - 1) + \frac{t}{2} \quad (2.4)$$

Из рисунка 2.3 видно, что при малых нагрузках канала связи протокол P-Aloha по оперативности немного превосходит S-Aloha, однако уже при небольшом увеличении загрузки ситуация меняется на противоположную.

### Протоколы предоставления каналов по требованию

В протоколах с резервированием общая задержка складывается из задержки в запросном и информационном каналах, соотношение между которыми зависит от распределения суммарной пропускной способности канала ( $C$ ) между запросным ( $C_3$ ) и информационным ( $C_{и}$ ) [1]:

$$\bar{\tau} = \tau_3(C_3) + \tau_{II}(C_{II}), \quad (2.5)$$

причем существует оптимальное значение  $(C_3)$ , минимизирующее суммарную среднюю задержку.

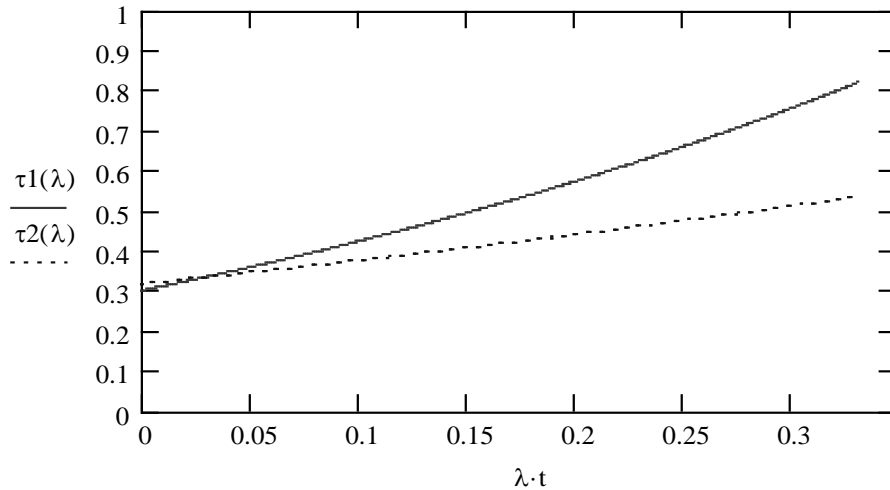


Рисунок 2.3 – Зависимость среднего времени задержки от загрузки при случайном доступе

Оптимальное значение  $C_3$  слабо зависит от интенсивности входного трафика, однако при увеличении загрузки оптимум становится все более ярко выраженным и неправильное распределение пропускной способности может привести к насыщению одного из каналов. Аналогичные зависимости наблюдаются и при использовании в запросном канале протокола S-Aloha.

Зависимости для протоколов с резервированием будут иметь характеристики, схожие с характеристиками протоколов без резервирования. Отличие заключается наличием задержки в запросном канале, следовательно зависимости, показанные на рисунке 2.3 будут иметь такую же форму, но сдвинутся в правую сторону.

#### Перечень ссылок

1. Спутниковые сети связи: Учеб. пособие / В.Е. Камнев, В.В. Черкасов, Г.В. Чечин. – М.: «Альпина Паблишер», 2004. – 536 с.