ISSN 0002-306X. Изв. НАН РА и ГИУА. Сер. ТН. 2002. Т. LV, № 2.

УДК 681.325.5

АВТОМАТИЗАЦИЯ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

А.А. СТЕПАНЯН

МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ МОБИЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Разработана модель взаимодействия мобильного терминала с базовой станцией в мобильной беспроводной ATM системе (сети), которая основана на аналитических методах теории массового обслуживания и марковских процессов. Получена оценка производительности фрагмента беспроводной ATM сети с учетом "затенения" в сценарии взаимодействия мобильного терминала и его случайных перемещений в границах действия базовых станций.

Ключевые слова: мобильный терминал, базовая станция (BS), ATM (режим асинхронной передачи) сеть, теория массового обслуживания, марковские процессы.

Введение. Естественный процесс эволюции компьютерных сетей ведет к внедрению высокоскоростных информационных технологий, к числу которых относятся наземные беспроводные и мобильные ATM сети. Для обеспечения устойчивой беспроводной связи требуется оценить возможности взаимодействия мобильного терминала с высокоскоростной сетью, основываясь на методах аналитического моделирования.

Рассмотрим модель взаимодействия мобильного терминала (MT) с базовой станцией (BS) наземной беспроводной ATM сети. Для этого произведем оценку показателей производительности с учетом того, что сценарий взаимодействия пользователя через MT происходит в условиях случайных перемещений MT в зоне действия BS при наличии определенных помех, в частности, эффекта "затенения". Заметим, что BS в современном понимании представляют собой комплекс средств, обеспечивающих взаимодействие MT с узлами сети и фиксированной частью ATM сети, причем каждая BS управляет определенной "сотовой" областью беспроводной сети, а с помощью ATM-узлов реализуется связь и обмен данными с IP/ATM сетью. В данной модели будут рассматриваться ATM-узлы двух типов:

- LE - узлы, которые обеспечивают обмен сообщениями и их хранение в буферной памяти;
- PN- узлы, которые обладают также переключающими возможностями и обеспечивают создание виртуальных путей и виртуальных соединений для передаваемых сообщений.

В общем случае принято считать, что ATM-узел беспроводной сети должен иметь способность поддерживать мобильность и, как следствие, состоять из стандартного ATM переключателя и сервера мобильности (mobility server), а BS являются интерфейсными точками между фиксированной и беспроводной частями ATM сети, то есть своеобразными центрами сбора для всего траффика, генерируемого заданным числом мобильных терминалов (см. рис.).

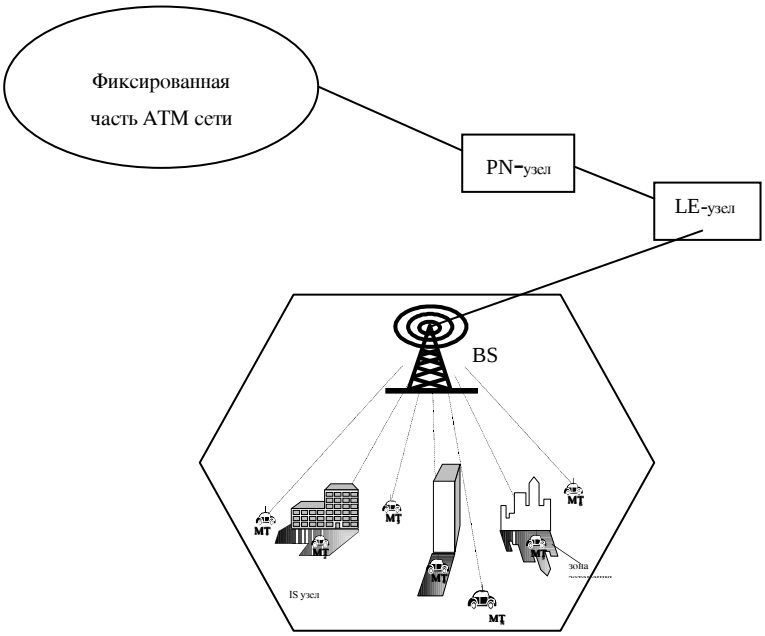

Рис.

Математический аппарат. Возникновение заявок от МТ, перемещающихся в зоне обслуживания BS, представляет собой случайный процесс, который описывается конечной цепью Маркова с экспоненциальным распределением промежутков времени между возникновением заявок и экспоненциальной длительностью обслуживания.

В данной модели обслуживающей средой являются BS и ATM-узел, которые обеспечивают пользователя сетевыми ресурсами, а множество МТ конечно и представляет собой некий IS-узел (бесконечно линейный с единичным быстродействием каждого прибора), аппроксимирующий многолинейную сеть массового обслуживания (СеМО) без мест ожидания и с такой малой вероятностью потери заявки из-за отсутствия свободных приборов в узле, что ею можно пренебречь, приняв, что обслуживание заявок начинается без ожидания (свободный прибор выделяется по первому требованию).

В ATM сетях передаваемые заявки представляют собой пакеты фиксированной длины в 53 байта, посылаемые адресату. Пусть время обслуживания соответствует времени передачи пакета и равно L/C, где L - длина пакета [*бит*]; C - пропускная способность линии [$бит/с$] в установившемся режиме. Интенсивность поступлений и уходов заявок из обслуживающей среды равна C. Обозначим через T_1 случайную величину, равную интервалу времени работы МТ без привлечения ресурсов BS, а через T_2 -

время ответа, равное интервалу времени с момента выработки заявки (требования) пользователем (MT) до момента завершения ее выполнения BS средой. Очевидно, что сумма времен T_1 и T_2 определяет цикл одного взаимодействия пользователя с обслуживающей средой.

Известно [1], что в установившемся режиме среднее значение цикла одного взаимодействия равно $\overline{T}_1 + \overline{T}_2 = N/C$. Данное соотношение имеет место при любой дисциплине обслуживания, в частности, FCFS ("первый пришел – первый обслужен"), применяемой и в ATM сетях.

Перемещение MT в границах зоны действия BS происходит в условиях наличия или отсутствия связи. Связь может быть нарушена по многим причинам, к числу которых относятся погодные условия, помехи и др., однако в большинстве случаев принято учитывать эффект ”затенения", когда высотные здания и другие конструкции мешают распространению радиоволн, создавая временное нарушение связи. Этот эффект известен из практики сотовой подвижной связи. В рассматриваемой задаче эффект “затенения" принимается нами как вероятность простоя обслуживающего устройства (BS), т.к. оно работоспособно, однако связь с MT нарушена в силу того, что последний находится в зоне "затенения". С учетом вероятности простоя BS в установившемся режиме и средней длительности обслуживания одного запроса пропускная способность (число запросов в единицу времени) BS определяется из следующего выражения:

$$\tilde{N} = (1 - R_0)/\overline{\theta}, \qquad (1)$$

где R_0 - вероятность простоя BS; $\overline{\theta}$ - средняя длительность обслуживания.

С точки зрения обеспечения высокой производительности фрагмента беспроводной IP/ATM сети существенно, чтобы она не простаивала при наличии необслуженных заявок, иначе величины $\overline{\theta}$ будут зависеть от дисциплины обслуживания. Работоспособное состояние BS определится посредством величины среднего времени ответа на запрос от MT:

$$\overline{T}_2 = N\overline{\theta}/(1 - R_0) - \overline{T}_1. \qquad (2)$$

Обозначим через $\mu = 1/\overline{\theta}$ - интенсивность обслуживания; $\lambda = 1/\overline{T}_1$ - интенсивность возникновения запроса от MT и $k = \mu/\lambda = \overline{T}_1/\overline{\theta}$ [2, 3]. Тогда нормированное среднее время ответа $(\overline{T}_2/\overline{\theta})$ будет равно

$$\mu\overline{T}_2 = N/(1 - R_0) - k. \qquad (3)$$

В соотношениях (2) и (3) T_1 и T_2 могут быть произвольными, а дисциплина обслуживания не должна допускать простоев BS при наличии необслуженных заявок.

Средняя длина очереди [1] в установившемся режиме равна $\overline{\mathcal{N}} = C\overline{T}_2$, или

$$\overline{\mathcal{N}} = N - (1 - R_0)k. \qquad (4)$$

Пусть случайные величины независимы, распределены по экспоненциальному закону с дисциплиной обслуживания FCFS. Тогда длина

очереди $\mathcal{N}(t)$ с учетом обслуживающего запроса в момент времени $t > 0$ описывается марковским процессом рождения и гибели [2], состояние которого суть целые числа отрезка $[0, N]$. В состоянии n интенсивность рождения равна $(N-n)\lambda$, а интенсивность гибели постоянна и равна - $\mu_n = \mu, n \geq 1$. Пусть $R_n(t) = R\{\mathcal{N}(t) = n\}$ -вероятность того, что процесс $\mathcal{N}(t)$ находится в состоянии n в момент времени t. Стационарное распределение длины очереди R_n [1], которое представляет собой не зависящее от t распределение вероятностей $R_0, R_1, \ldots, R_n$, определяется из выражения

$$R_n = \lim_{t\to\infty} R\{\mathcal{N}(t) = n\}$$

и имеет вид

$$R_n = \frac{N!}{(N-n)!\,k^n} R_0(N), \quad 0 \leq n \leq N. \tag{5}$$

С учетом условия нормировки $\sum_{n=0}^{N} R_n = 1$ получим

$$\frac{1}{R_0(N)} = \sum_{n=0}^{N} \frac{N!}{(N-n)!\,k^n}. \tag{6}$$

Таким образом, из представленных соотношений для нормированного среднего времени ответа и средней длины очереди соответственно получим

$$\tau(N) = \frac{N}{1 - R_0(N)} - k, \tag{7}$$

$$\ell(N) = N - (1 - R_0(N))k. \tag{8}$$

Введем обозначение: $\mathcal{A}(N) = \dfrac{1}{R_0(N)}$. Тогда $\mathcal{A}(N)$ можно вычислить с помощью рекуррентной формулы

$$\mathcal{A}(N) = 1 + \frac{N}{k}\mathcal{A}(N-1), \quad N \geq 1, \text{ причем } \mathcal{A}(0) = 1,$$

а нормированное время ответа:

$$\tau(N) = N - \frac{k(N-1)}{\tau(N-1) + k}, \quad \text{откуда очевидно, что } \tau(1) = 1.$$

Полученные формулы позволяют оценить показатель производительности фрагмента беспроводной IP/ATM сети для случая диалогового режима работы MT с учетом использования как ресурсов сети, так и собственного ресурса мобильного терминала. При оценке производительности учитывается также эффект “затенения" в процессе взаимодействия MT и BS.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Авен О.И. и др.** Оценка качества и оптимизация вычислительных систем. - М.: Наука, 1982. - 470 с.
2. **Королюк В.С.** Стохастические модели систем. –Киев: Наукова Думка, 1989. -208 с.
3. Performance Analysis of ATM Networks, Edited by **Demetres Kouvatsos**, Kluwer Academic Publishers; Boston; Dordrecht; London; 2000. – 564 p.

ГИУА. Материал поступил в редакцию 10.09.2001.

Ա.Ա. ՍՏԵՓԱՆՅԱՆ

ԱՎՏՈՄԱՏԱՑՎԱԾ ՇԱՐԺԱԿԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏՈՒԹՅԱՆ ՑՈՒՑԱՆԻՇՆԵՐԻ ԳՆԱՀԱՏՄԱՆ ՄՈԴԵԼ

Մշակվել է անհաղորդալար ATM (ասինխրոն հաղորդման ռեժիմ) ցանցում հենակետային կայանի հետ շարժական տերմինալի փոխգործողության մոդել՝ հիմնված զանգվածային սպասարկման վերլուծական մեթոդների և մարկովյան գործընթացների վրա: Ստացվել է անհաղորդալար ATM ցանցի դրվագի գնահատում՝ հաշվի առնելով «ստվերացման»էֆեկտը շարժական տերմինալի փոխգործողության սցենարում և տերմինալի պատահական տեղափոխությունները հենակետային կայանների գործողության սահմաններում:

A.A. STEPANYAN

INDEX EVALUATION MODEL OF AUTOMATIC MOBILE SYSTEM PRODUCTIVITY

A model of mobile terminal interaction with the base station in wireless ATM network is worked out, the network being based on analytical methods of the queuing theory and Markov processes. The fragment productivity evaluation of the wireless ATM network is obtained, taking into consideration “shadowing” in the mobile terminal interaction scenario and its random displacements in the boundaries of base station action.