

УДК 621.391.18

ОПТИМИЗАЦИЯ МЕХАНИЗМА ТАРИФИКАЦИИ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ В WLAN/UMTS-СЕТЯХ

Ю. Л. Сенченко,¹

аспирант

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Рассматривается механизм тарификации абонентов WLAN/UMTS-сетей в режиме реального времени на основе протокола Diameter, формулируется и решается задача выбора оптимальных параметров процесса тарификации.

Ключевые слова — WLAN/UMTS-сеть, тарификация в режиме реального времени, оптимизация.

Введение

Значительная часть абонентов современных сетей связи пользуется услугами на основе предоплаты, что требует контроля средств абонентов в биллинговой системе в режиме реального времени. Можно выделить два подхода к контролю средств: периодическая проверка остатка на счете в процессе предоставления услуги и резервирование необходимой суммы до начала предоставления услуги.

Первый подход рассмотрен на примере системы тарификации голосовых вызовов в сети мобильной связи, построенной по принципу узла услуг [1]. Целью этого исследования является поиск решения следующей задачи оптимизации. В силу того, что стоимость биллинговой системы зависит от ее производительности, увеличение периодичности обращений к ней для достижения более высокой точности тарификации приведет к росту лицензионной стоимости. Уменьшение периодичности обращений снизит требования к производительности системы, но вместе с тем уменьшится и точность тарификации. Это, в свою очередь, приведет к росту потерь оператора, связанных с перерасходом абонентами предоплаченной суммы средств. Предложенный [1] математический аппарат позволяет выбрать оптимальную частоту обращений

¹ Научный руководитель — доктор техн. наук, профессор, заведующий кафедрой систем коммутации и распределения информации Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича *В. С. Гольдштейн*.

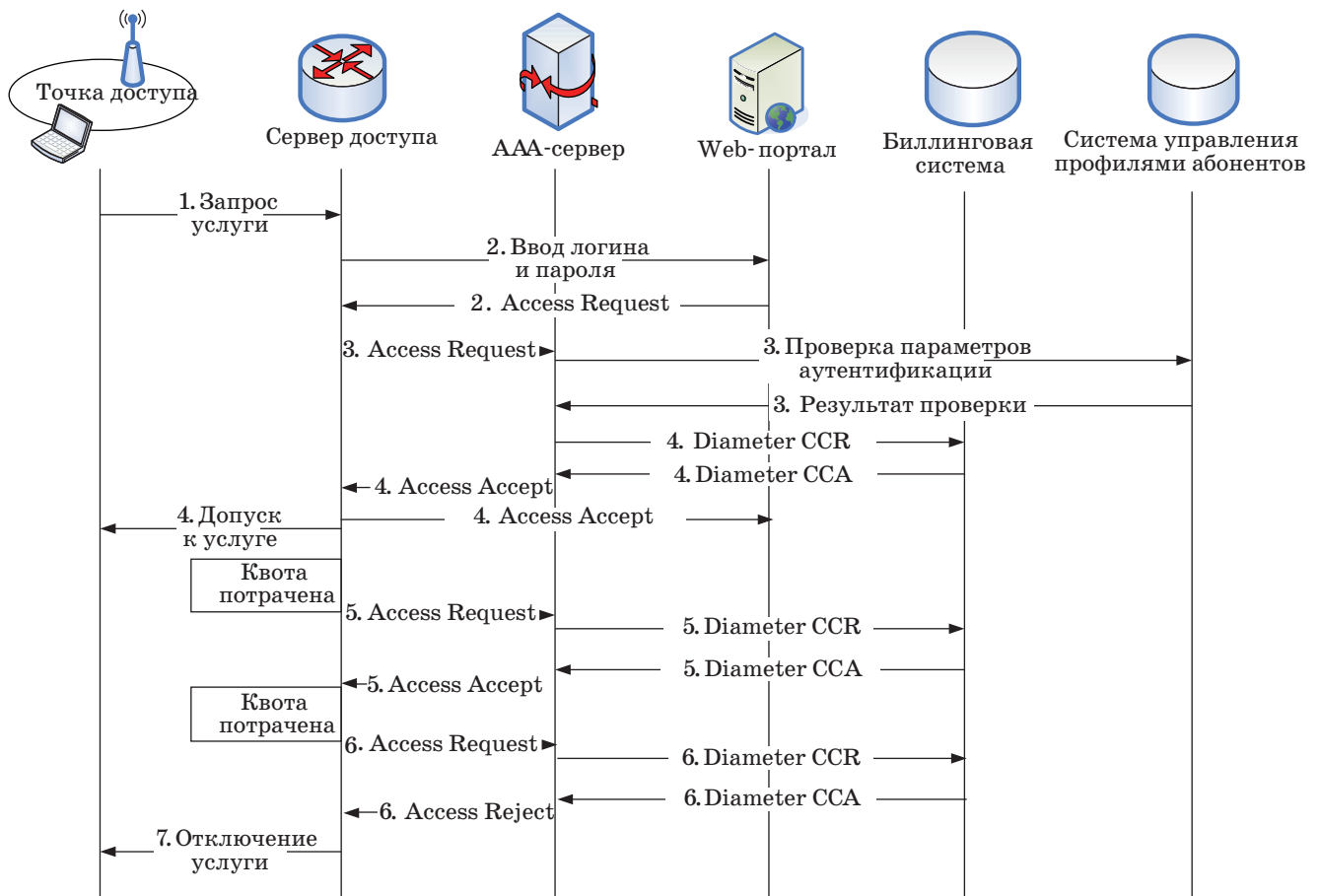
в биллинговую систему, при которой издержки оператора на предоставление услуги достигают минимального значения.

Примером использования второго подхода может служить механизм тарификации в WLAN-домене конвергентной WLAN/UMTS-сети, построенный по принципу резервирования средств на основе протокола Diameter CCA. Применительно к данной системе может быть сформулирована аналогичная задача оптимизации, однако результаты, полученные в работе [1], подходят для ее решения лишь отчасти в силу существенных отличий, описанных ниже.

Определение оптимизируемых параметров

В отличие от периодических проверок, выполняемых узлом услуг, тарификация по протоколу Diameter CCA подразумевает предварительное резервирование средств на счете в биллинговой системе. Как только зарезервированная сумма тратится абонентом, происходит повторное резервирование, и предоставление услуги продолжается. Если сумма на счете становится недостаточной для резервирования, предоставление услуги приостанавливается (рис. 1).

Не рассматривая экономические причины появления WLAN/UMTS-сетей, отметим, что присоединение WLAN-домена осуществляется GSM/UMTS-операторами в целях предоставления абонентам высокоскоростного доступа в Интернет по технологиям Wi-Fi или WiMAX. Таким образом, основной услугой в WLAN-домене конвергентной



■ Рис. 1. Тарификация по протоколу Diameter CCA при доступе через WLAN-домен

сети является интернет-сессия, тарификация которой в большинстве случаев выполняется на основе количества информации, полученной абонентом из сети или переданной в сеть. Согласно работе [2], количество информации, передаваемой в рамках интернет-сессии, распределено по логнормальному закону

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\ln(x) - \mu)^2}{2\sigma^2}\right), \quad (1)$$

в отличие от длительности голосовых вызовов, имеющих эрланговское распределение.

Третьим отличием является различная природа потерь оператора в результате снижения периодичности обращений к биллинговой системе. Потери в сети узла услуг — это сумма, которую абоненту удалось потратить сверх предоплаченного лимита в результате низкой точности тарификации. В WLAN/UMTS-сети потери формирует сумма, которая является недостаточной для резервирования и остается на счете абонента на следующий отчетный период.

Сформулируем задачу оптимизации для системы тарификации WLAN/UMTS-сети.

Пусть на предоставление абоненту услуги за отчетный период оператор тратит сумму, равную C . В соответствии с приведенными рассуждениями ее можно определить как

$$C = N(B, I)\varphi + R(I), \quad (2)$$

где $N(B, I)$ — количество обращений в биллинговую систему за отчетный период; B — сумма средств, расходуемая абонентом за отчетный период; I — объем квоты, резервируемой при одном обращении в биллинговую систему; φ — стоимость одного обращения; $R(I)$ — потери оператора из-за невозможности резервирования квоты меньшей, чем I .

Требуется определить такой размер квоты I , при котором затраты оператора на предоставление услуги C будут минимальны.

Поиск оптимальных значений

Определим количество обращений $N(B, I)$ в биллинговую систему при обслуживании абонента за отчетный период. Рассмотрим процесс

тарификации интернет-сессий, воспользовавшись основными результатами работы [1]. Пусть за время одной сессии сервер ААА выполняет n резервирований квот. Стоимость сессии примем x . Если стоимость сессии не превышает объема резервируемых за один раз ресурсов I , то очевидно, что сервер ААА выполнит только одно резервирование средств в биллинговой системе. Если стоимость сессии превысит I , но не будет превышать $2I$, то потребуются два резервирования средств. Таким образом, математическое ожидание количества обращений в биллинговую систему, с учетом (1), можно записать в виде

$$E(n) = \sum_{j=1}^{\infty} \int_{(j-1)I}^{jI} jf(x)dx.$$

Определим далее математическое ожидание количества сессий, доступных абоненту с суммой средств B на счете. Пусть y_n — суммарная стоимость n интернет-сессий. Плотность вероятности величины y_n может быть найдена путем свертки плотностей вероятности величин x_1, x_2, \dots, x_n . Плотность вероятности суммы независимых случайных величин, распределенных по логнормальному закону, не может быть выражена посредством элементарных функций. Плотность вероятности такой суммы предлагается аппроксимировать другим логнормальным распределением с параметрами, вычисленными на основе параметров исходных распределений [3]:

$$f(y_n) = \frac{1}{y_n \Sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left(\frac{-(\ln(y_n) - M)^2}{2\Sigma^2}\right),$$

где

$$\Sigma = \sqrt{\ln\left(\frac{\left(e^{2\mu_{исх}} e^{\frac{\sigma_{исх}^2}{2}} (e^{\frac{\sigma_{исх}^2}{2}} - 1)n\right)^2}{\left(e^{2\mu_{исх}} e^{\frac{\sigma_{исх}^2}{2}}\right)^2} + 1\right)};$$

$$M = \ln\left(e^{2\mu_{исх}} e^{\frac{\sigma_{исх}^2}{2}}\right) - \frac{\ln\left(\frac{\left(e^{2\mu_{исх}} e^{\frac{\sigma_{исх}^2}{2}} (e^{\frac{\sigma_{исх}^2}{2}} - 1)n\right)^2}{\left(e^{2\mu_{исх}} e^{\frac{\sigma_{исх}^2}{2}}\right)^2} + 1\right)}{2}.$$

Поскольку объемы ресурсов, потребляемых в рамках интернет-сессий, являются независимыми одинаково распределенными случайными величинами, для определения количества сессий можно воспользоваться формулой теории восстановления [4]

$$E(K) = \sum_{n=1}^{\infty} \int_0^B f(y_n) dy_n.$$

Перемножив $E(K)$ и $E(n)$, по тождеству Вальда, получим величину $N(B, I)$. На рис. 2 представлена зависимость $N(B, I)$ от размера резервируемой квоты при $\mu = 3, \sigma = 1/2$.

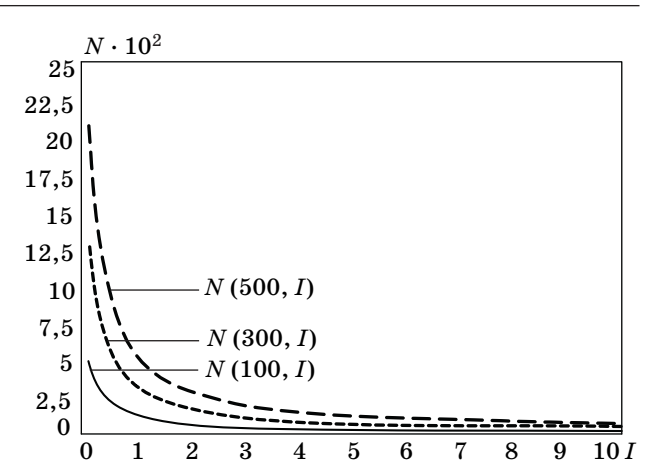
Определим выражение для второго слагаемого $R(I)$ формулы стоимости (2). Рассмотрим процесс расходования средств абонентом за отчетный период. Существуют две взаимоисключающие ситуации, при которых на счете абонента заканчиваются средства и дальнейшее пользование услугой невозможно.

Ситуация 1. Абонент заканчивает потребление услуги, когда остаток средств на его счете меньше, чем величина $B - I$. Если он попытается воспользоваться услугой в дальнейшем, не пополнив средства на счете, он получит отказ, так как сервер аутентификации, авторизации и учета не сможет зарезервировать сумму I , требуемую для начала предоставления услуги, в биллинговой системе.

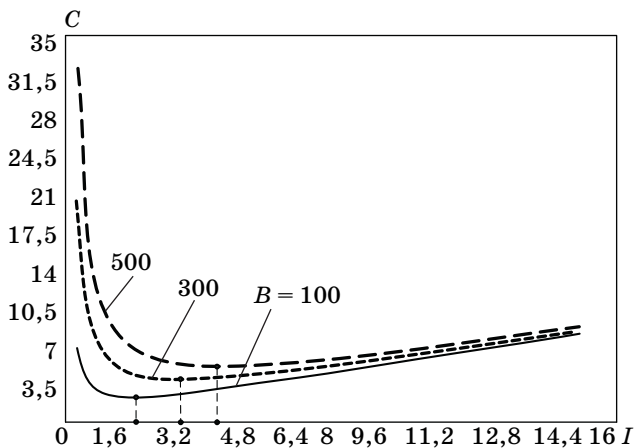
Ситуация 2. Абонент потребляет услугу, и в процессе потребления остаток средств на счете становится меньше, чем величина $B - I$. В этом случае система принудительно остановит процесс оказания услуги, так как сервер аутентификации, авторизации и учета не сможет зарезервировать сумму I , требуемую для продолжения пользования услугой, в биллинговой системе. Обозначим математическое ожидание остатка средств на счете при возникновении ситуаций 1 и 2 как $R_1(I)$ и $R_2(I)$ соответственно:

$$R(I) = R_1(I) + R_2(I),$$

где



■ Рис. 2. Математическое ожидание количества обращений в биллинговую систему в зависимости от размера резервируемой квоты



■ Рис. 3. Определение оптимального объема резервируемых ресурсов за одно обращение к биллинговой системе

$$R_1(I) = \int_{B-I}^{([B/I]-1)I} (B-x)f(x)dx + \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{l=1}^{[B/I]-2} \int_{(l-1)I}^{lI} \int_{B-I-x}^{B-lI} (B-y_n-x)f(x)f(y_n)dx dy_n + \sum_{n=1}^{\infty} \int_{([B/I]-2)I}^{([B/I]-1)I} \int_0^{B-([B/I]-1)I} (B-y_n-x)f(x)f(y_n);$$

$$R_2(I) = \int_{([B/I]-1)I}^{\infty} (B-([B/I]-1)I)f(x)dx + \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{l=1}^{[B/I]-2} \int_{lI}^{\infty} \int_{B-I-lI}^{B-lI} (B-y_n-lI)f(x)f(y_n)dx dy_n + \sum_{n=1}^{\infty} \int_{([B/I]-1)I}^{\infty} \int_0^{B-([B/I]-1)I} (B-y_n-x)f(x)f(y_n)dx dy_n.$$

Выражения $R_1(I)$ и $R_2(I)$ состоят из трех слагаемых, первое из которых определяет ситуацию, когда абонент расходует все средства со счета за одну интернет-сессию. Второе слагаемое определяет остаток на счете в случае, когда абонент расходует средства за n интернет-сессий, причем во время последней сессии система совершает l за-

просов на резервирование. Третье слагаемое определяет остаток на счете, когда стоимость суммы всех сессий, кроме последней, находится в интервале $(0, B - ([B/I] - 1)I)$.

На основе выражений для слагаемых функции стоимости C на рис. 3 построен ее график и найдено оптимальное значение объема резервируемых за одно обращение ресурсов для средств 100, 300 и 500 единиц, расходуемых за отчетный период.

По графикам видно, что функция потерь имеет один минимум на всем наборе аргументов, т. е. относится к классу унимодальных функций. Так как функция потерь является достаточно сложной для дифференцирования, поиск минимума может выполняться такими методами, как метод «золотого сечения» или метод Фибоначчи.

Заключение

В статье рассмотрен процесс тарификации абонентов в режиме реального времени в WLAN/UMTS-сетях. Предложена математическая модель данного процесса. Сформулирована и решена задача выбора оптимальной величины квоты, резервируемой в биллинговой системе за одно обращение, по критерию издержек оператора на предоставление услуги интернет-доступа через WLAN-домен сети.

Литература

1. Chang M-F., Lin Y-B., Yang W-Z. Performance of Service-Node-Based Mobile Prepaid Service // IEEE Transactions on vehicular technology. 2002. Vol. 51. N 3. P. 597-612.
2. Downey A. B. Lognormal and Pareto distributions in the Internet // Computer Communications. 2005. Vol. 28. Issue 7. P. 790-801.
3. Fenton L. F. The sum of Log-Normal probability distributions in scatter transmission systems // IRE transactions on communications systems. 1960. Vol. 8. Issue 1. P. 57-67.
4. Боровков А. А. Теория вероятностей. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Наука, 1986. — 432 с.