

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ И РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЯ ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ ПРОЦЕДУРЫ ВЕРТИКАЛЬНОГО ХЭНДОВЕРА

Гришаева А.Д., студентка; В.Я. Воропаева, доц., к.т.н

(ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, Украина)

Актуальность тематики исследования вытекает из тенденций развития рынка телекоммуникаций, который характеризуется, прежде всего, экспоненциальным возрастанием трафика данных в сетях мобильной связи: по прогнозам фирмы Ericsson к 2017 году ожидается 15-кратное увеличение объемов трафика до отметки 8000 петабайт ежемесячно по всему миру, в основном, за счет видеосервисов. При этом повышаются требования пользователей к набору и качеству инфокоммуникационных услуг, доступ к которым должен обеспечиваться в любое время и в любом месте (так называемая концепция ABC – «Always Best Connected»). Многообразие беспроводных технологий доступа (уровней WLAN, WMAN, WWAN) и увеличение количества мультистандартных терминальных устройств позволяет более эффективно использовать сетевой ресурс. С целью увеличения пропускной способности и расширения покрытия сети выгодно объединять ресурсы разнородных сетей, возможно, принадлежащих различным операторам, в единую гетерогенную беспроводную сеть. Такая концепция рассматривается как возможный сценарий развития для сетей связи пятого поколения (5G).

В такой сети ключевой задачей является обеспечение мобильности и прозрачности перемещения пользователей. Хэндовер (англ. - handover, handoff) является ключевым механизмом, позволяющим бесшовно передвигаться по мобильной сети. Это процесс передачи управления соединением от одной точки доступа / базовой станции к другой. Хэндовер между соседними сотами сети одной технологии называется горизонтальным, хэндовер между различными типами сетей – вертикальным (Vertical HandOver, VHO) и имеет место в неоднородных (гетерогенных) сетях, построенных из сегментов различных беспроводных технологий. Традиционный механизм горизонтального хэндовера базируется на оценке RSS: хэндовер запускается, когда уровень RSS обслуживающей БС становится ниже порогового значения. Но в гетерогенной беспроводной среде параметры различных типов сетей не могут сравниваться непосредственно, поэтому RSS не является достаточным критерием для эффективного и интеллектуального хэндовера.

Относительно процедуры вертикального хэндовера были попытки стандартизации со стороны Института инженеров электротехники и электроники (IEEE) в виде стандарта 802.21 «Хэндовер, не зависящий от среды передачи» ("Media Independent Handover"). Однако стандарт 802.21 является общим описанием принципов построения системы и не содержит конкретной аппаратной или алгоритмической реализации: все тонкости внедрения, включая алгоритм принятия решения и осуществления хэндовера, остаются на усмотрение инженеров-разработчиков.

Выделяют три этапа вертикального хэндовера: 1) сбор информации; 2) принятие решения о хэндовере и 3) собственно осуществление хэндовера [1].

На этапе сбора информации мобильный узел (МУ) с множественными сетевыми интерфейсами обнаруживает доступные беспроводные сети. Также необходимо собрать информацию о состоянии МУ, требованиях пользователя и других параметрах, входящих в критерий принятия решения о хэндовере. Входными параметрами для алгоритма VHO могут быть следующие: параметры пользователя (предпочтения, бюджет, профиль, скорость передвижения, местонахождение), QoS требования приложений, класс трафика (разговорный, потоковый, интерактивный, фоновый), параметры сети (QoS, загруженность, безопасность, стоимость обслуживания), параметры канала связи (RSS, соотношение сигнал-шум SNR, уровень битовых ошибок BER, задержка и джиттер), параметры МУ (уровень

заряда аккумулятора, потребляемая мощность).

Хэндовер может запускаться при следующих условиях: выходе из зоны покрытия сети, возможности улучшения показателей качества или стоимости сети для определенных приложений пользователя, при изменении предпочтений пользователя.

На этапе принятия решения определяется, когда осуществить хэндовер и в какую из доступных сетей. Эта фаза является наиболее критичной, поскольку от ее результата зависит качество предоставления услуг. Она включает в себя выбор входных параметров, их обработку и агрегацию в критерий выбора сети назначения.

На этапе осуществления хэндовера происходит непосредственная передача текущего сеанса выбранной на предыдущем этапе сети доступа, что аппаратно можно реализовать на базе SDR (Software-Defined Radio) технологии.

Способ обработки входных данных в алгоритме VHO может быть математический или вычислительный (интеллектуальный). В математических алгоритмах обработки формируется общая стоимостная оценка сети в виде функции (1) или (2), которая затем минимизируется:

- кумулятивная форма критерия:

$$f_n = \sum_s \sum_i w_{s,i} \cdot p_{n,s,i} \rightarrow \min; \quad (1)$$

- мультипликативная форма критерия:

$$f_n = \prod_{i,s} p_{n,s,i}^{w_{s,i}} \rightarrow \min, \quad (2)$$

где p_n – это стоимость i -го параметра услуги s в сети n ; $w_{s,i}$ – это взвешивающий коэффициент, определяющий важность i -го параметра, при этом должно выполняться условие нормировки:

$$\sum w_s = 1. \quad (3)$$

В интеллектуальных методах обработки параметров могут применяться аппарат фаззи-логики, нейронных сетей, генетических алгоритмов и даже элементы теории игр. Методы, основанные на фаззи-логике, позволяют моделировать качественные аспекты экспертных знаний человека и его рассуждения, а также позволяют работать с неточными измерениями, что адекватно подходит для беспроводной связи [2]. Нейронные сети при использовании полного набора входных параметров и желаемых выходных, могут быть натренированы для оптимального осуществления процедуры вертикального хэндовера. И наконец, может использоваться комбинация фаззи-логики с нейросетями или генетическими алгоритмами для организации адаптивных механизмов вертикального хэндовера. Но если количество «перекрывающихся» участков сетей незначительно, то такое усложнение системы нерационально в силу значительных вычислительных затрат.

Определение оптимального решения может осуществляться по многокритериальным алгоритмам - MCDM (Multiple Criteria Decision-Making). Наиболее распространенными среди них являются следующие:

- а) SAW (Simple Additive Weighting) – взвешенное суммирование;
- б) MWE (Multiplicative Weighting Exponent) – взвешенное умножение;
- в) TOPSIS (Techniques for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) – определение приближенности к «идеальному» решению;
- г) АНР (Analytic Hierarchy Process) – метод декомпозиции задачи;
- д) GRA (Grey Relational Analysis) – теория «серого анализа» и др [3].

Сравнительный анализ этих методов [4] показывает, что для голосового трафика больше подходят алгоритмы SAW и TOPSIS, а для трафика данных – GRA и MEW. Во многом эффективность работы этих алгоритмов зависит от уровней приоритетов (весовых коэффициентов) каждого их критериев, что объясняется различной чувствительностью определенных типов трафика к разным параметрам качества. Установить весовые

коэффициенты позволяет метод аналитического иерархического процесса (АНР), который построен на попарном компаративном анализе значимости параметров.

В рамках данного исследования для формирования критерия VHO выбраны параметры: RSS, параметры QoS сети, тип трафика, стоимость обслуживания, безопасность и загруженность сети, а также скорость перемещения МУ как ограничивающий фактор при сравнении технологий. Для более эффективной процедуры хэндовера в условиях динамического изменения параметров сетей при высокой скорости передвижения абонента можно использовать прогнозирование уровня сигнала (RSS), например, по алгоритму GPT, который использует метод регрессионного анализа – метод наименьших квадратов.

Обработка (нормирование) и агрегирование параметров осуществляется с применением аппарата фаззи-логики, который позволяет оценивать каждый из параметров некоторыми лингвистическими переменными - «низкий», «средний», «высокий». Каждая из этих переменных представляет собой нечеткое множество, функции принадлежности к которому задаются на основании экспертных знаний и опыта пользователей. Для большинства выбранных параметров функции принадлежности имеют трапецеидальный вид и рассчитываются по формуле:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, \text{ якщо } x < l \text{ або } x > u \\ \frac{x-l}{x-\frac{w}{2}-l}, \text{ якщо } l < x < c - \frac{w}{2} \\ \frac{u-x}{u-\frac{w}{2}-c}, \text{ якщо } c + \frac{w}{2} < x < u \\ 1, \text{ якщо } c - \frac{w}{2} < x < c + \frac{w}{2} \end{cases} \quad (4)$$

где l , u – это соответственно нижняя и верхняя границы области определения, c – центр и w – ширина верхней стороны симметричной трапеции.

Фаззи-регуляторы оперируют нечеткими условными (if - then) правилами, заложенными в базу знаний, для преобразования нечетких входных данных в необходимые управляющие влияния, которые также носят нечеткий характер.

Выбранные параметры обрабатываются параллельно в фаззи-регуляторах (Fuzzy Logic Controller - FLC), которые определяют, насколько каждая из доступных сетей подходит для определенного типа трафика. Выход системы нечеткой логики после дефаззификации и является критерием запуска хэндовера. А выбор сети назначения хэндовера осуществляется согласно MCDM-алгоритму TOPSIS:

$$A_{TOPSIS} = - \arg \max_i c_i, i \in M \quad (5)$$

где c_i - это приближенность i -й сети-кандидата к идеальному решению, M – число доступных сетей.

Перечень ссылок

1. Marquez-Barja / An overview of vertical handover techniques: Algorithms, protocols and tools / Carlos T. Calafate, Juan-Carlos Cano, Pietro Manzoni / Computer Communications – 2011 – № 34. — с.985-997.
2. Штовба С.Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику / С.Д.Штовба. - Винница: Издательство Винницкого государственного технического университета, 2001. – 198с.
3. Mariem Zekri / A review on mobility management and vertical handover solutions over heterogeneous wireless networks / Mariem Zekri, Badii Jouaber, Djamal Zeghlache/ Computer Communications – 2012 – № 35. — с.2055-2068.
4. E. Stevens-Navarro and V. W. S. Wong, "Comparison between vertical handoff decision algorithms for heterogeneous wireless networks," in Vehicular Technology Conference, 2006. VTC 2006-Spring. IEEE 63rd, 2006, pp. 947-951.