

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕХАНИЗМА ФАЗЗИ-ЛОГИКИ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТОКОВ ТРАФИКА В ГЕТЕРОГЕННОЙ МУЛЬТИОПЕРАТОРСКОЙ СРЕДЕ

**Гришаева А.Д., студентка; Алтухов Д.С., студент; Дегтяренко И.В., доц., к.т.н.**  
(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)

В современных условиях интенсификации обмена данными между мобильными устройствами и возрастания требований абонентов к качеству и спектру услуг возникает необходимость перехода к технологиям новых поколений, которые способны удовлетворить эти требования. Другим достоинством перехода на высокоскоростные беспроводные технологии является возможность решить проблемы обеспечения доступа к телекоммуникационным услугам в сельской местности, на железной дороге и автомагистралях. Однако отдельный мобильный оператор не способен быстро развернуть сеть нового поколения в национальных масштабах, что связано с нехваткой денежных средств, радиоресурсов, проблематичностью получения лицензии. Поэтому возникает необходимость в объединении усилий операторов с целью уменьшения капитальных и операционных затрат, а также увеличения совместного частотного ресурса для развертки сетей нового поколения. Примером такого объединения может стать создание компании - виртуального оператора, который будет использовать ресурсы всех объединенных операторов, но предоставлять свои услуги.

В результате объединения инфраструктур операторов будет получена мультиоператорская гетерогенная беспроводная сеть (МГБС), в которой каждый абонент (групповой или индивидуальный) сможет поддерживать множественные активные соединения, т.е. мультихоуминг. Если абонент перемещается в такой сети, то для поддержания неразрывного соединения возникает необходимость передачи управления от одной сети к другой, т.е. хэндовера. Причем если соседние сети относятся к одной технологии, то хэндовер называется горизонтальным и является процедурой стандартизованной. А хэндовер между сетями доступа различных технологий (вертикальный) является сложным и мало исследованным процессом.

Таким образом, целью данной работы является повышение качества обслуживания абонентов в МГБС за счет разработки механизмов динамического распределения потоков запросов.

Среди существующих алгоритмов распределения нагрузки наиболее часто используемым является критерий наименьшей загрузки. Его недостатком является то, что он не учитывает параметры качества сети, её стоимость, тип обслуживаемого трафика. Также известен критерий, основанный на так называемых функциях полезности, которые представляют собой зависимости количественной нормированной оценки от определенного параметра канала связи и определяются предельными значениями каждого из параметров и чувствительностью определенного типа трафика к изменению параметра [1]:

$$K_{ij} = [U(QoS)]^{w_1} \cdot [U(C)]^{w_2} = [U(b) \cdot U(\tau) \cdot U(\Delta\tau) \cdot U(L)]^{w_1} \cdot [U(C)]^{w_2} \quad (1)$$

где  $U(x)$  – функция полезности параметра  $x$ ,  $x \in \{b, \tau, \Delta\tau, L, C\}$ ;  $i$  – номер сети-кандидата;  $j$  – тип трафика;  $b$  – пропускная способность сети;  $\tau$  – задержка в сети;  $\Delta\tau$  – джиттер в сети;  $L$  – потеря пакетов;  $C$  – стоимость единицы данных в сети;  $w_1$  и  $w_2$  –

вес, соответственно, параметров QoS и стоимости, определяемый политикой операторов (по умолчанию  $w_1 = w_2 = 1$ ).

Сложность формирования критерия (1) заключается в определении параметров функций полезности. Пользователи сети оценивают качество услуг, опираясь не на численные значения параметров QoS, а на субъективные оценки. Поэтому предлагается использовать при формировании критерия аппарат фаззи-логики [3], который позволяет оценивать каждый из параметров QoS 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 (QoE, «метод эмпирических оценок»). Значение критерия - выход системы нечеткой логики, показывает насколько та или иная сеть подходит для данного типа трафика.

Вычисление критерия, основанное на фаззи-логике, представлено на рис. 1. Блок фаззификации преобразует четкие величины, полученные из блока сбора информации, в нечеткие величины, которые описаны лингвистическими переменными в базе знаний.

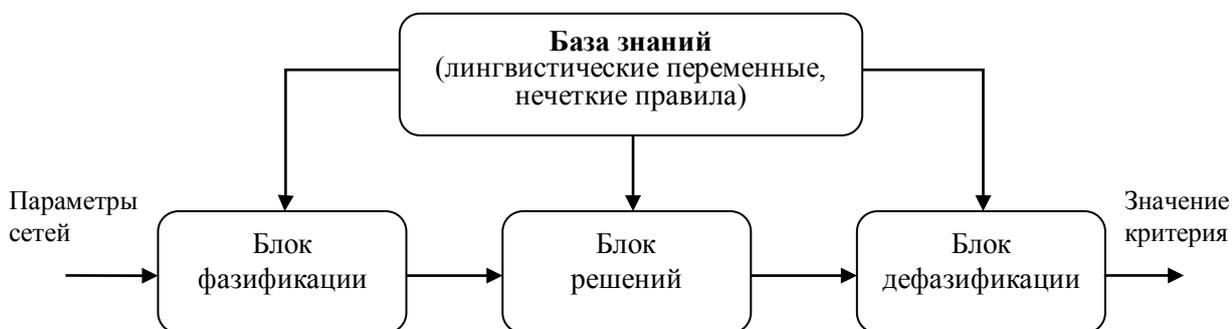


Рисунок 1 - Схема вычисления критерия

Блок решений использует нечеткие условные (if - then) правила, заложенные в базу знаний, для преобразования нечетких входных данных в необходимые управляющие влияния, которые также носят нечеткий характер [2]. Блок дефаззификации превращает нечеткие данные с выхода блока решений в четкую величину, которая используется для управления объектом.

Для оценки эффективности предложенного критерия была разработана имитационная модель в пакете MATLAB (см. рис. 2). Модель включает в себя три элемента: генератор трафика, генератор параметров сетей и блок, реализующий алгоритм принятия решений.

Генератор трафика имитирует поведение группы из 36 абонентов, пользующихся услугами VoIP, IPTV и Internet( $\bar{A}$ ). Предполагается, что абоненты находятся в поезде, движущемся со скоростью 90 км/ч. Генератор параметров сетей рассчитывает покрытие пяти различных мобильных сетей ( $\bar{N}_1 \dots \bar{N}_5$ ) на основании моделей затухания радиосигнала COST231-Хата и SUI [3]. Кроме того, этот блок определяет параметры QoS (задержка, вероятность потерь, пропускная способность) для каждой сети в конкретной точке пространства. Блок принятия решений осуществляет распределение потоков трафика по различным сетям на основании описанных выше критериев. Результаты моделирования ( $\bar{Q}$ ) представлены на рис. 3.



Рисунок 2 - Схема имитационной модели

Таким образом, предложенный критерий на основе фаззи-логики позволяет более рационально использовать ресурсы оператора, снижать затраты абонентов на 30-40% и повышать качество услуг на 16-20% в условиях МГБС по сравнению с применяемым критерием наименьшей загрузки и на 8-10% улучшает эти же параметры по сравнению с критерием на функциях полезности.

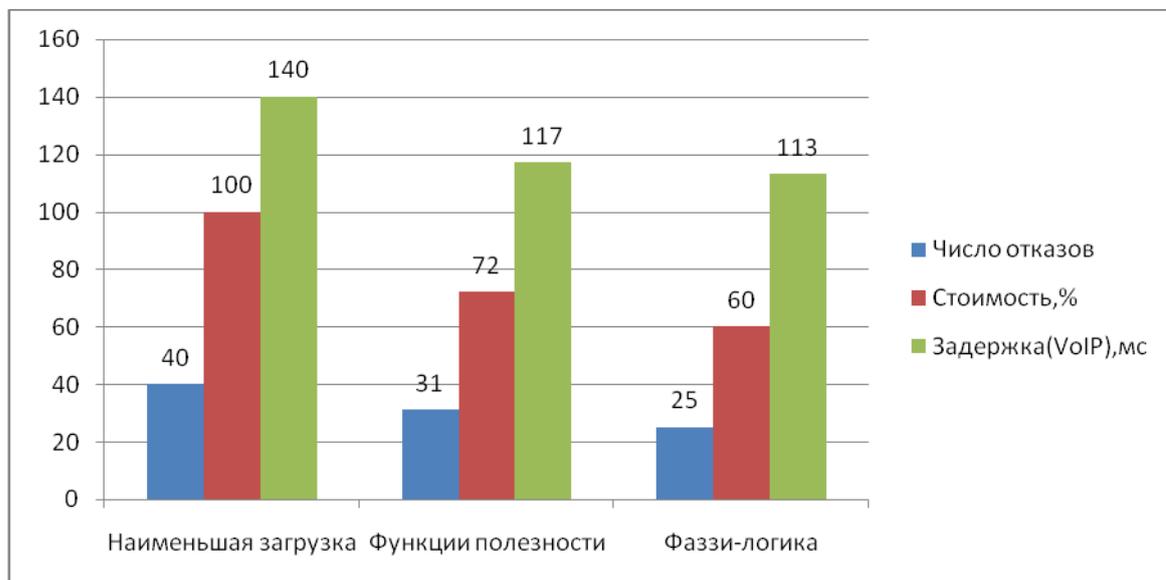


Рисунок 3 - Результаты работы алгоритма

#### Перечень ссылок

1. Cao Z., Zegura E. UtilityMax-Min: An Application-Oriented Bandwidth Allocation Scheme, // Proc. IEEE INFOCOM'99, March - 1999.

2. Штовба С.Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику. Винница: Издательство винницкого государственного технического университета, 2001. – 198 с

3. Wassell I.J., Crosby D., Sellars M.P., Brown M.G. Comparison of Empirical Propagation Path Loss Models for Wireless Access Systems //