

ПОТОКОВАЯ МОДЕЛЬ МАРШРУТИЗАЦИИ В MESH-СЕТИ

Гоголева М.А., Качан Н.В.

Харьковский национальный университет радиозлектроники
61166, Харьков, пр. Ленина, каф. ТКС, тел. (057) 702-13-06, E-mail: Justice_ua@mail.ru

In paper it is offered flow-based model of multipath routing for Ad Hoc networks. At the given stage the model is developed for MESH-networks - Ad Hoc networks where knots are motionless and have invariable geographical position. The purpose of the given model of routing is maintenance of delivery of the traffic from knot-sender to knot-addressee.

Введение

В настоящее время все большее значение приобретает беспроводная мобильная связь, развивающаяся как технологически, так и по уровню распространенности и использования. Одной из открывающихся в связи с этим возможностей является создание Ad-Нос сетей, которые характеризуются отсутствием фиксированной топологии, универсальностью функций сетевых узлов (маршрутизаторов/хостов) и преимущественно децентрализацией осуществляемого в подобных сетях управления. Одним из наиболее распространенных подклассом Ad-Нос сетей являются MESH-сети. Преимуществом данных сетей является возможность самовосстановления, т.е. в случае неисправности узла или потери подключения сеть все равно будет функционировать. В результате такой организации сети получается достаточно надежная сетевая инфраструктура [1].

Высокие заявленные потенциальные возможности MESH-сетей обеспечиваются, с одной стороны, результативными решениями физического и канального уровня эталонной модели взаимодействия открытых систем, представленными технологиями IEEE 802.11/15/16/20 [1], а с другой стороны, выдвигают жесткие требования к эффективности средств управления ресурсами сети и, в частности, к протоколам управления трафиком и маршрутизации. В сетях беспроводной связи проблема маршрутизации пакетов между произвольной парой узлов стоит намного сложнее, чем в сетях проводной связи. Причиной тому является то, что наряду с общими требованиями, касающихся поддержки качества обслуживания и балансировки нагрузки, в протоколах маршрутизации MESH-сетей необходимо учитывать ограниченный энергетический потенциал сетевых узлов (адаптеров), а также связанный с этим случайный характер топологии динамически создаваемых радиоканалов. В этой связи, актуальной представляется задача, сопряженная с разработкой математических моделей и методов маршрутизации, которые могли бы быть положены в основу перспективных протоколов маршрутизации в MESH-сетях.

Анализ известных решений

Необходимо отметить, что, несмотря на то, что концепции по созданию Ad-Нос сетей и MESH-сетей предложены сравнительно недавно, наукой и практикой предложен достаточно широкий спектр протоколов, алгоритмов и методов маршрутизации (FSR, OLSR, AODV и др.) [2], основанных преимущественно на моделях поиска кратчайшего пути на графовом представлении сети. Эти модели, как правило, не учитывают возможность перегрузки радиоканала, доступность полосы пропускания, ограниченность энергетического ресурса сетевого узла.

Результаты сравнительного анализа показывают, что наиболее эффективными для использования в MESH-сетях являются реактивные протоколы, которые инициируют запрос о формировании (расчета) маршрута по требованию. Такие протоколы не требуют периодических обновлений таблиц маршрутизации, сохраняя пропускную способность беспроводной среды и экономя запас энергии батарей мобильных терминалов. С другой стороны в русле обеспечения качества обслуживания заслуживает внимания подход, основанный на реализации принципов многопутевой (multipath routing) и потоково-ориентированной маршрутизации (flow-based routing).

Потоковая модель многопутевой маршрутизации в MESH-сетях

В структуре математической модели маршрутизации традиционно должны присутствовать условия сохранения потока в сетевых узлах и в сети в целом (условия отсутствия потерь пакетов), условия отсутствия перегрузки каналов связи, условия реализации одно- или многопутевой маршрутизации, а также при возможности (необходимости) – условия обеспечения качества обслуживания [3,4]. С учетом специфики реализации выше указанных принципов именно в MESH-сетях условие сохранения потока принимает вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j:(i,j)} x_{i,j}^k - \sum_{j:(j,i)} x_{j,i}^k = 1 \quad - \text{ для узла - отправителя;} \\ \sum_{j:(i,j)} x_{i,j}^k - \sum_{j:(j,i)} x_{j,i}^k = 0 \quad - \text{ для транзитного узла;} \\ \sum_{j:(i,j)} x_{i,j}^k - \sum_{j:(j,i)} x_{j,i}^k = -1 \quad - \text{ для узла - получателя.} \end{array} \right. \quad (1)$$

где $x_{i,j}^k$ - доля k -го трафика, передаваемого от i -го узла к j -му узлу.

С точки зрения управления буферным ресурсом выполнение данного условия (1) также гарантирует предотвращение перегрузки очередей и, в конечном итоге, отсутствие потерь пакетов на сетевых узлах. Другими словами, интенсивность трафика на входе в сеть и на выходе из сети должна оставаться неизменной. Это же касается входа и выхода каждого транзитного сетевого узла.

С учетом ограниченности энергетического ресурса сетевых узлов в структуре предлагаемой модели необходимо ввести следующее условие:

$$\sum_j P_{i,j} \leq P_i \quad (i, j = \overline{1, m}; i \neq j), \quad (2)$$

где P_i - мощность передатчика беспроводного адаптера i -ого узла; $P_{i,j}$ - мощность излучения от i -го узла к j -му узлу.

Для придания согласованности решений задач маршрутизации и управления каналным ресурсом предлагаемая модель маршрутизации содержит также дополнительные условия отсутствия перегрузки беспроводных каналов связи:

$$\sum_k \lambda_k \cdot x_{i,j}^k \leq c_{i,j}(P_{i,j}, R_{i,j}) \quad (i, j = \overline{1, m}; i \neq j), \quad (3)$$

где λ_k - интенсивность k -го трафика на входе сети ($1/c$); $c_{i,j}(P_{i,j}, R_{i,j})$ - пропускная способность радиоканала связи, образованного между i -м и j -м узлами, $R_{i,j}$ - расстояние между i -м и j -м узлами.

В рамках рассматриваемой модели величины $x_{i,j}^k$ и $P_{i,j}$ являются управляющими переменными, а λ_k и $R_{i,j}$ - исходными данными. При этом, как видно из выражения (3) пропускная способность радиоканала является функцией от расстояния между узлами MESH-сети и мощности беспроводного адаптера, выделенной для создания данного радиоканала. Модель пропускной способности радиоканала полностью определяется используемой технологий беспроводной связи физического/канального уровня. Отсут-

ствие в структуре графовых моделей маршрутизации подобных ограничений на практике зачастую приводило в перегрузке беспроводных каналов связи, образующих т.н. «кратчайший путь» в выбранной метрике.

В качестве критерия оптимальности выбора того или иного пути (мультипути) в сети целесообразно выбрать минимум линейной функции

$$E(x) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m f_{i,j} x_{i,j}, \quad (4)$$

характеризующей стоимость создания радиоканалов и реализации многопутевой маршрутизации в MESH-сети, при этом $f_{i,j}$ - удельная стоимость создания и использования радиоканала между i -м и j -м узлами.

Выводы

Исследование предложенной модели (1)-(4) показали, что в ее рамках фактически осуществляется фактически совместное решение задач структурного и функционального синтеза, связанное с определением оптимальной топологии MESH-сети, расчета необходимой пропускной способности создаваемых радиоканала и распределения мощности сетевых адаптеров с учетом ряда ограничений на используемый информационный и энергетический ресурс. В ходе исследования установлено, что данная модель обеспечивает адаптивную маршрутизацию без перегрузок радиоканалов, отсутствия контуров и с последовательным включением путей при увеличении интенсивности трафика.

Предложенная потоковая модель многопутевой маршрутизации может быть использована при разработке перспективных потоково-ориентированных протоколов маршрутизации в MESH-сетях. Ее развитие видится в учете мобильности сетевых узлов, а также уменьшении во времени мощности сетевых адаптеров, связанное с разрядкой батарей. Это предполагает дальнейшее усложнение математического описания сети, вероятнее всего сопряженное с переходом от статических к динамическим моделям, позволяющих описать процесс маршрутизации во времени.

Список литературы:

1. Йоганн. Ш. Мобильные коммуникации.: Пер. с.англ. — М.: Издательский дом Вильямс, 2002. — 384 с
2. Das S. R., Perkins C. E., and Royer E. Performance comparison of two on-demand routing protocols for Ad Hoc networks. Proceedings of the IEEE Conference on Computer Communications, pages 3-12, March 2000.
3. Поповский В.В., Лемешко А.В., Мельникова Л.И., Андрушко Д.В. Обзор и сравнительный анализ основных моделей и алгоритмов многопутевой маршрутизации в мультисервисных телекоммуникационных сетях // Прикладная радиоэлектроника. 2005. Том.4. Вып. № 4. С. 372-382.
4. Лемешко А.В., Гоголева М.А. Потоково-ориентированная модель многопутевой маршрутизации в телекоммуникационной сети // Вісник Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій. – 2008. – Том 6 (2). – С. 162-170.