

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОДКАНАЛОВ В СЕТЯХ ТЕХНОЛОГИИ WIMAX

Гаркуша С.В., к.т.н, Ахмед Х. Абед

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, г. Харьков, Украина.

На основе проведенного анализа известных решений по распределению поднесущих в широкополосных беспроводных сетях стандарта IEEE 802.16 сформулированы требования, выдвигаемые к математическим моделям для решения данного класса задач. Предложена математическая модель частотного планирования, удовлетворяющая сформулированным требованиям. Проведен анализ получаемых решений при использовании различных критериев оптимальности.

MATHEMATICAL MODELING OF SUBCHANNEL ALLOCATION IN NETWORKS WIMAX TECHNOLOGY

Garkusha S., Ahmed H. Abed

Based on the analysis of known solutions for the distribution of sub-carriers in the broadband wireless standard IEEE 802.16 formulated demands made to the mathematical models for solving this class of problems. A mathematical model of frequency planning, satisfying the requirements generated. The analysis of the solutions obtained by using different optimality criteria.

Несмотря на достаточно широкий частотный диапазон в широкополосных сетях, необходимо его эффективное распределение между операторами связи с целью удовлетворения требований пользователей, а также обеспечения приемлемого уровня доходов для поставщиков услуг [1]. Проведены исследования направленные на решение задачи управления частотным ресурсом OFDMA в беспроводной широкополосной сети технологии WiMAX с целью повышения ее производительности.

Как показал проведенный анализ, большинство известных решений управления частотным ресурсом в беспроводных сетях стандарта IEEE 802.16 выполняет распределение поднесущих между пользовательскими станциями для обеспечения передачи данных. При этом количество поднесущих, выделяемых одной пользовательской станции, произвольно. Однако в стандарте IEEE 802.16 указано [2], что поднесущие закреплены за отдельными подканалами, количество которых ограничено. В результате этого решаемая задача должна сводиться к задаче распределения подканалов между пользовательскими станциями. Также необходимо заметить, что количество подканалов и поднесущих в них зависит от ширины канала.

Анализ известных решений позволил определить следующие требования к перспективным решениям в этой области: ориентация на решение задачи распределения подканалов; инвариантность к рассматриваемой топологии широкополосной беспроводной сети; ориентация на преимущественно динамический характер решения задачи распределения подканалов; учет типа и характера циркулирующего в беспроводной сети трафика; ориентация на максимизацию производительности беспроводной сети в целом и на улучшение других показателей качества обслуживания; учет технологических особенностей беспроводной сети, которые определяют количество подканалов в одном частотном канале, количество поднесущих в подканале и т.п.

На основании сформулированных требований предложена математическая модель, представленная рядом линейных условий-ограничений. Новизна модели состоит в формулировке задачи распределения частотного ресурса как задачи распределения подканалов с жестко закрепленным числом поднесущих в каждом из них. Кроме того, в ходе распределения подканалов гарантируется требуемая скорость передачи данных для каждой из пользовательских станций, путем выделения необходимого количества подканалов.

В предлагаемой модели предполагаются известными следующие исходные данные:

- 1) N – общее число пользовательских станций в сети;

- 2) L – количество подканалов в частотном канале;
- 3) $R_{mp\delta}^n$ – требуемая скорость передачи для обслуживания n -го пользователя (Мбит/с).

В рамках предлагаемой модели, в ходе решения задачи распределения подканалов, пользовательским станциям сети необходимо обеспечить расчет булевой переменной

$$x_n^l = \begin{cases} 1, & \text{если } l\text{-й подканал выделен } n\text{-му пользователю;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (1)$$

Общее количество переменных (1), которые определяют порядок распределения подканалов, зависит от количества пользовательских станций в сети, используемых подканалов и, соответственно, будет определяться выражением $N \times L$. Результатом расчета переменных (1) должно быть закрепление подканалов за пользовательскими станциями, по которым будут передаваться данные в нисходящем направлении от БС. В связи с этим, при расчете искомым переменных x_n^l необходимо выполнить ряд важных условий-ограничений:

- 1) Условие того, что l -й подканал выделен только одной пользовательской станции:

$$\sum_{n=1}^N x_n^l \leq 1 \quad (l = \overline{1, L}). \quad (2)$$

- 2) Условие того, что n -й пользовательской станции будет гарантирована требуемая скорость обслуживания:

$$R_c k_b K_s \Delta f \sum_{l=1}^L x_n^l \geq R_{mp\delta}^n, \quad (3)$$

где R_c – скорость кода используемого при кодировании сигнала (например, для модуляции 16-QAM 1/2 параметр $R_c=1/2$); k_b – уровень модуляции (битовая загрузка символа); K_s – число поднесущих для передачи данных в одном подканале; $\Delta f \approx 11,16$ КГц – частотный разнос между поднесущими.

Также был проведен анализ решений оптимизационной задачи распределения подканалов в рамках предложенной модели (1), (2), (3) при использовании двух критериев оптимальности: максимума выделяемых подканалов пользовательским станциям и минимума выделяемых подканалов пользовательским станциям. В ходе анализа было установлено, что использование первого критерия оптимальности позволяет максимизировать общую производительность беспроводной сети, однако для сбалансированного решения задачи распределения подканалов необходимо использовать дополнительное условие балансировки. Использование второго критерия оптимальности позволяет выполнить требования, выдвигаемые к скорости передачи пользовательских станций, а также произвести экономию частотного ресурса, путем устранения нежелательной избыточности. Избыточность решения заключается в выделении количества подканалов превышающего их необходимое число для обеспечения требуемой скорости передачи. Также использование второго критерия оптимальности позволяет улучшить сигнально-помеховую обстановку в используемом диапазоне частот в зоне действия беспроводной сети.

Сформулированная задача с математической точки зрения является задачей целочисленного линейного программирования – ILP (Integer Linear Programming). В модели искомым переменные x_n^l (1) являются булевыми, переменная, используемая в критериях оптимальности, является целочисленной, а ограничения (2) и (3) на искомым переменные носят линейный характер.

Литература

1. Mehrjoo M. Resource Allocation in OFDM-Based WiMAX / M. Mehrjoo, M.K. Awad, X.S. Shen // CRC Press, Wireless Networks and Mobile Communications: WiMAX network planning and optimization. – 2009. – P. 113 - 131.
2. “IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks Part 16 and Amendment 2,” IEEE, Tech. rep. 802.16e, Feb. 2006.