

## МОДЕЛЬ ПЛАНИРОВАНИЯ ЧАСТОТНО-ВРЕМЕННОГО РЕСУРСА В НИСХОДЯЩЕМ КАНАЛЕ СВЯЗИ ТЕХНОЛОГИИ LTE

**Гаркуша С.В., Аль-Дулайми А.М.Х., Ал-Джанаби Х.Д.К.**

*Полтавский университет экономики и торговли, Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова*

*E-mail: sv.garkusha@mail.ru, aymenaldulaimi@yahoo.com, danyal\_for\_ever@mail.com*

### **Planning model time-frequency resources in a downlink of LTE**

A comparative analysis of the proposed model of distribution time-frequency resource of LTE technology with the existing methods in terms of the overall performance of the downlink, the degree of balancing capacity, as well as the probability of user stations isolation the desired baud rate.

В технологии LTE (Long-Term Evolution), разработанной 3GPP (3rd Generation Partnership Project), одним из эффективных путей повышения производительности и улучшения основных показателей качества обслуживания (Quality of Service, QoS) является усовершенствование сетевых протоколов и механизмов, отвечающих за планирование доступных сетевых ресурсов. К подобного рода ресурсам, прежде всего, относятся временной ресурс – OFDM-символы и частотный ресурс – частотные поднесущие [1, 2].

Проанализированы методы распределения частотного и временного ресурсов, использующие алгоритм Round Robin Scheduler, Max C/I Ratio и Proportional Fair Scheduling. Проведенный анализ показал, что использование указанных методов направлено на применение для интерактивного "best effort" класса данных. Использование указанного класса обслуживания (Class of Service, CoS) обеспечивает доставку данных пользовательским станциям (User Equipment, UE) по мере возможностей без гарантий скорости передачи данных. Повышение качества обслуживания при планировании частотно-временного ресурса каждой UE должно быть направлено на обеспечение гарантированной скорости передачи с возможностью доступа к дополнительной (не гарантируемой) полосе пропускания.

В связи с этим в [1, 2] предложена математическая модель планирования частотно-временного ресурса в нисходящем канале связи технологии LTE, сформулированная как задача распределения блоков планирования (Scheduling Block, SB), для обеспечения гарантированной скорости передачи UE.

**Математическая модель.** Предложенная математическая модель направлена на применение в беспроводных сетях технологии LTE, использующих временное и частотное разделение каналов. В ходе решения задачи распределения блоков планирования в рамках предложенной модели необходимо выполнить ряд важных условий-ограничений: условие закрепления каждого SB нисходящего канала связи на протяжении передачи каждого

подкадра не более чем за одной UE; условие выделения UE блоков планирования только нисходящего канала; условие закрепления за каждой UE количества SB, обеспечивающего необходимую скорость передачи в нисходящем канале связи при используемой схеме модуляции и кодирования (Modulation and Coding Scheme, MCS); условие объединения SB в группы ресурсных блоков (resource block groups, RBG), удовлетворяющих ширине используемого частотного канала. Задача распределения SB решается с использованием критерия оптимальности, направленного на максимизацию общей производительности нисходящего канала связи.

В качестве примера получено решение сформулированной в работе оптимизационной задачи с использованием системы MatLab R2012b. При этом в была задействована программа `minlpAssign` пакета оптимизации TOMLAB. Как показали результаты моделирования общая производительность нисходящего канала связи при использовании известных методов на протяжении всего интервала измерения не изменялась и составила для метода Round Robin – 0,9622 Мбит/с, метода Proportional Fair – 1,2377 Мбит/с, а для метода Max C/I Ratio – 1,4192 Мбит/с. Общая производительность нисходящего канала связи при использовании предложенной модели на участке  $R_{\text{трб}}^n = 0 \div 0,15$  Мбит/с имела максимальное значение, соответствующее методу Max C/I Ratio и составляла 1,4192 Мбит/с. На интервале  $R_{\text{трб}}^n = 0,15 \div 0,26$  Мбит/с общая производительность уменьшилась на 3 % до значения 1,3641 Мбит/с.

На рис. 1 приведены результаты моделирования отображающие динамику изменения степени балансировки пропускной способности нисходящего канала между UE, которая определялась в соответствии с выражением

$$F^i = 1 - (\max_n R_n^i - \min_n R_n^i) / \sum_{n=1}^N R_n^i,$$

где  $R_n^i$  – скорость передачи  $n$ -й UE на  $i$ -м интервале измерения,  $n = \overline{1, N}$ ,  $N$  – количество UE.

Как показали результаты моделирования (рис. 1) степень балансировки пропускной способности нисходящего канала при использовании известных методов на протяжении всего интервала измерения не изменялась и составила для метода Round Robin – 0,9421, для метода Proportional Fair – 0,9163, а для метода Max C/I Ratio – 0,8214. Степень балансировки пропускной способности нисходящего канала связи при использовании предложенной модели на участке  $R_{\text{мпб}}^n = 0 \div 0,15$  Мбит/с имела минимальное значение, соответствующее методу Max C/I Ratio и составляла 0,8214, а на интервале  $R_{\text{мпб}}^n = 0,15 \div 0,26$  Мбит/с увеличилась до значения 0,9859.

На рис. 2 приведены результаты расчета вероятности выполнения требований по скорости передачи, выделяемой всем UE, которая на  $i$ -м интервале измерения определялась из выражения

$$P^i = \sum_{n=1}^N Q_n^i / N,$$

где  $\sum_{n=1}^N Q_n^i$  – количество UE, которым выделена требуемая скорость передачи на

$$i\text{-м интервале измерения, т.е. } Q_n^i = \begin{cases} 0, & \text{если } R_n^i < R_{\text{трб}}^i; \\ 1, & \text{если } R_n^i \geq R_{\text{трб}}^i. \end{cases}$$

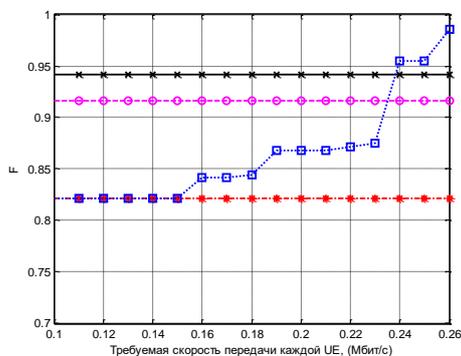


Рис. 1. Степень балансировки пропускной способности нисходящего канала связи, где —\*— соответствует методу Round Robin, —\*— — методу Max C/I Ratio, —○— — методу Proportional Fair, —□— — предлагаемой модели

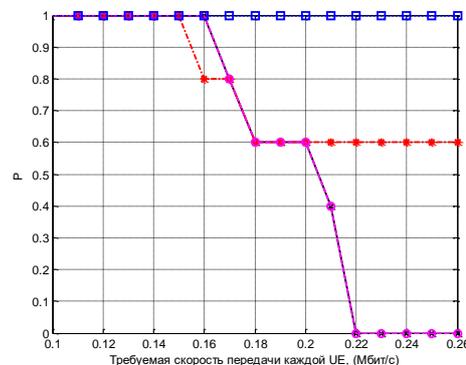


Рис. 2. Вероятность выделения UE требуемой скорости передачи, где —\*— соответствует методу Round Robin, —\*— — методу Max C/I Ratio, —○— — методу Proportional Fair, —□— — предлагаемой модели

Как показали результаты моделирования выполнение требований по скорости передачи известными методами обеспечивается только при невысоких значениях  $R_{\text{трб}}^n = 0 \div 0,15$  Мбит/с. Использование предложенной модели обеспечивает выделение требуемой скорости передачи UE на всем интервале измерения  $R_{\text{трб}}^n = 0 - 0,26$  Мбит/с.

**Выводы.** Сравнительный анализ показал, что в условиях высоких требований к скорости передачи пользовательских станций использование предложенной модели, по сравнению с известными методами, позволяет на 5-20 % повысить степень балансировки пропускной способности нисходящего канала связи (рис. 1), а также на 40-100 % повысить вероятность выделения пользовательским станциям требуемой скорости передачи (рис. 2). При этом производительность нисходящего канала связи, в условиях высоких требований к скорости передачи, на 3 % меньше производительности получаемой с использованием метода Max C/I Ratio и на 10-42 % больше производительности с использованием методов Round Robin и Proportional Fair.

#### Литература

1. Гаркуша С.В., Василенко Ю.А. Модель планирования частотно-временного ресурса в нисходящем канале связи технологии LTE // Научно-технический Вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2013. – Вып. 3(85). – С. 92-98.
2. Гаркуша С.В. Модель распределения блоков планирования в нисходящем канале связи технологии LTE // Грузинский электронный научный журнал: Компьютерные науки и телекоммуникации. – 2013. – Вып. 3(39). – С. 76-94.