

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАДИОЧАСТОТНОГО РЕСУРСА ПРИ ВНЕДРЕНИИ СИСТЕМ ШИРОКОПОЛОСНОГО БЕСПРОВОДНОГО ДОСТУПА Wi-MAX

Введение

Технология широкополосного радиодоступа стандарта IEEE 802.16 (технология Wi-MAX [1]) представляет интерес для всех категорий операторов абонентского доступа – фиксированных, мобильных. На основе технологии Wi-MAX операторы фиксированного радиодоступа получают возможность предоставления как фиксированных услуг, так и роуминга, доступа в Интернет, дополняя их узлами цифровых абонентских линий DSL и технологии стандарта IEEE 802.11 (Wi-Fi). В свою очередь, операторы мобильной связи за счет интеграции собственных сетей с сетями Wi-MAX смогут дополнить свой банк сервисов услугами широкополосного радиодоступа. Доступ к одним и тем же приложениям (например, перелача сообщений, загрузка программного обеспечения, доступ к поисковым или информационным порталам) возможно осуществлять с помощью разных интерфейсов радиодоступа, но с единственным биллинговым счетом и профилем пользователя.

Проблемы внедрения технологии Wi-MAX

Мировой опыт свидетельствует, что спрос на услуги беспроводного доступа постоянно растет, хотя пока еще системы широкополосного радиодоступа не в полной мере являются технологически развитыми. Таким образом, сетевые сервис-провайдеры нуждаются в концептуальных решениях для удовлетворения спроса на услуги широкополосного абонентского радиодоступа. При этом затраты и риски, связанные с развертыванием новых сетей, должны быть минимизированы.

Типичный сценарий развертывания сети Wi-MAX включает в себя три основных этапа.

На первом этапе сеть Wi-MAX обеспечивает полноценное радиопокрытие заданной территории с использованием внешних антенн для предоставления услуг ГП, обратной транспортировки сетевого трафика, покрытие по схеме "hot-spot" ("горячая точка") и другие коммерческие предложения.

Второй этап развития сети Wi-MAX включает внедрение подсистемы внутренних антенн, подобных точкам доступа системы Wi-Fi. В такой интегрированной конфигурации сеть Wi-MAX/Wi-Fi может полноценно предоставлять услуги широкополосного абонентского радиодоступа.

На заключительном этапе абонентское оборудование Wi-MAX получает дополнительные возможности мобильности, что обеспечит внутрисетевой и межсистемный роуминг.

В то время как Wi-MAX уверенно начинает завоевывать рынок беспроводных технологий, не каждый из провайдеров информационных услуг может успешно управлять переходом к Wi-MAX, поскольку внедрение любой новой технологии сопряжено с финансовыми рисками и значительными капиталовложениями. Поэтому во время развертывания собственных сетей Wi-MAX провайдеры информационных услуг должны учитывать некоторые важные аспекты [4], среди которых стоит отметить следующие.

1. Провайдер информационных услуг, осуществляя быстрое развертывание сети Wi-MAX рискует получить непротестированное оборудование Wi-MAX, которое может оказаться несовместимым с другим однотипным оборудованием, однако получает ценный опыт использования новой технологии и обслуживания новых рынков. Аспект совместимости оборудования стандарта Wi-MAX с оборудованием абонентского радиодоступа других стандартов – одно из ключевых преимуществ Wi-MAX, хотя провайдеры информационных услуг должны сами убедиться в совместимости их оборудования. Для предотвращения технических сложностей провайдеры должны разработать собственные планы миграции, например от "WiFi" к полноцен-

ным Wi-MAX систем с минимальными рисками. К тому же подобная модернизация не должна вызывать никакого прерывания в обслуживании системы-предшественника.

Создав технологическую основу сети, можно эволюционно переходить к внедрению полноценной технологии Wi-MAX.

2. Как правило, большинство провайдеров информационных услуг отдает предпочтение развертыванию сетей Wi-MAX на основе сетей-предшественников. Такая отсрочка развертывания будет иметь смысл и с технической точки зрения, поскольку она будет гарантировать провайдеру место на рынке средств "последней мили".

3. Сетевые операторы должны четко выбрать сегмент рынка для технологий Wi-MAX. Поэтому рекомендуется сначала концентрироваться на видах коммерческой деятельности с наибольшими прибылями (бизнес-сектор) с постепенным расширением на домашний сегмент. Подобное обслуживание по типам коммерческой деятельности позволяет уменьшить уровень начальных капитальных расходов.

Отечественным операторам рекомендуется выбирать такого поставщика оборудования, который внес значительный взнос в Wi-MAX стандарт и имеет значительный опыт Wi-MAX. патенты на технологию, взносы в разработку стандарта Wi-MAX, активное представительство в работе Форума Wi-MAX.

Методика увеличения эффективности использования частотного ресурса в системах беспроводного доступа Wi-MAX

Для эффективного использования частотного ресурса системами беспроводного доступа Wi-MAX целесообразно применять модель повторного использования частот с учетом зон перекрытия [2], что не учитывается в существующей методике оценки необходимого частотного ресурса для систем беспроводного доступа, приведенной в Рекомендации МСЭ-Р М.1651 [1].

Любой оператор системы абонентского радиодоступа старается обеспечить как можно большую зону покрытия для предоставления различных услуг связи большему числу пользователей. Однако из-за множества факторов, влияющих на размер зоны покрытия, сделать это невозможно. В общем случае расчет зоны обслуживания базовой станции проводится на основе энергетического баланса радиолинии и исходных данных о трафике работы.

В зависимости от полученных результатов выбирается наименьшая зона обслуживания. При этом выбирается архитектура системы абонентского радиодоступа, определяется размер кластера, количество секторов в ячейке, число частотных каналов в кластере.

Для реализации ячеистой структуры с полученными параметрами кластера и секторов в соте требуется некоторое минимальное количество частотных каналов (см. таблицу) [3].

Определяется расстояние между точками доступа (ТД), работающими на совпадающих частотах. При этом целесообразно использовать критерий качества – отношение E_b/N_0 (нормированное отношение средней энергии сигнала к спектральной плотности мощности шума):

$$\left(\frac{E_b}{N_0}\right)_{i,j} = \frac{P_{i,j} \cdot \left(\frac{\Delta F}{R_{i,j}}\right)}{P_N + \chi_j + [P_B - P_{i,j}]}, \quad i, j = 1 \dots n_j, \quad (1)$$

где $\left(\frac{E_b}{N_0}\right)_{i,j}$ – показатель качества радиолинии для i -го передатчика в j -й ячейке; $P_{i,j}$ – мощность полезного сигнала для i -го передатчика в j -й ячейке; $R_{i,j}$ – скорость передачи i -го передатчика в j -й ячейке; ΔF – ширина полосы частот; P_N – мощность шума; χ_j – коэффициент, который учитывает интерференционные помехи между кластерами сот, использующих

одну и ту же полосу частот. в j -й ячейке; n_j – максимальное количество активных трансиверов в j -й ячейке; P_{R_j} – общая мощность в j -й точке доступа.

Соотношения количества каналов с размерами кластера

Размерность кластера, C	Минимальное число частотных каналов при количестве секторов в соте		
	1	3	6
1	1	3	6
3	3	9	18
4	4	12	24
7	7	21	42
9	9	27	54

Мощность сигнала на входе j -й точки доступа от всех трансиверов n_j в j -й ячейке

$$P_{R_j} = \sum_{i,j} P_{i,j} \quad (2)$$

Мощность передачи i -го передатчика в j -й ячейке

$$P_{\text{пер},i} = \frac{W_{i,j} P_{i,j}}{G_{\text{пер},i} G_j} \quad (3)$$

где $W_{i,j}$ – потери на трассе от i -го передатчика к j -й точки доступа; $G_{\text{пер},i}$ – коэффициент усиления i -го передатчика; G_j – коэффициент усиления j -й точки доступа:

$$\chi_j = \sum_{l \neq j} \sum_{i=1}^{n_l} \frac{P_{\text{пер},i} G_{\text{пер},i}}{W_{i,j}} \quad (4)$$

где $W_{i,j}$ – потери на трассе между i -м трансивером l -й ячейки и j -й ячейкой; $G_{\text{пер},i}$ – коэффициент усиления i -го передатчика в l -й ячейке; $P_{\text{пер},i}$ – мощность передачи i -го передатчика в l -й ячейке.

Таким образом, формула для интерференционной помехи будет иметь вид

$$\chi_j = \frac{\sum_{l \neq j} \frac{(P_{R_l} + \chi_l + P_{R_j}) G_{\text{пер},l}}{G_{\text{пер},j} G_j} \cdot \sum_{i=1}^{n_l} \frac{W_{i,j}}{W_{l,i}}}{\left(\frac{W}{\left(\frac{E_b}{N_0} \right)_{l,i} R_{l,i}} + 1 \right)} \quad (5)$$

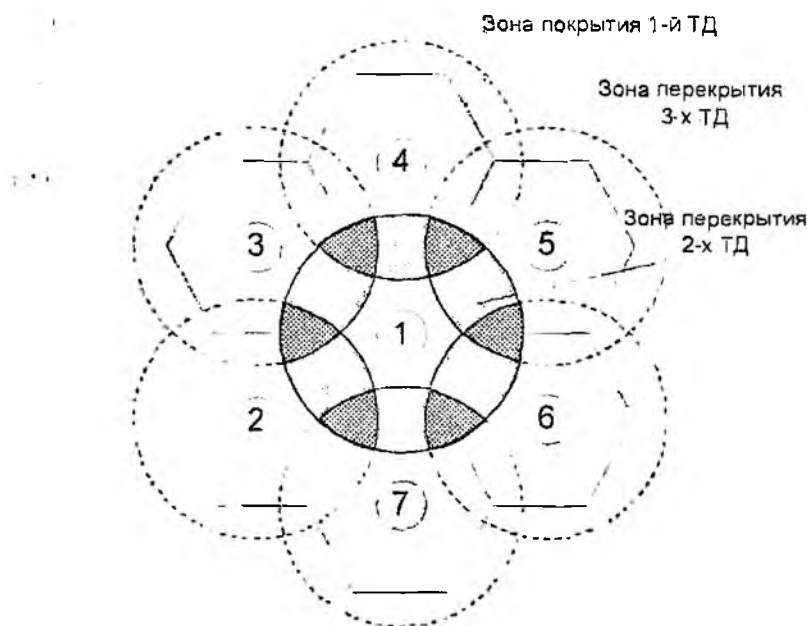
Введем новое обозначение $S_{l,j}$:

$$S_{l,j} = \frac{\sum_{i=1}^{n_l} \frac{W_{i,j}}{W_{l,i}}}{\left(\frac{\Delta F}{\left(\frac{E_b}{N_0} \right)_{l,i} R_{l,i}} + 1 \right)} \quad (6)$$

Коэффициент S_{ij} показывает влияние i -й ячейки на j -ю ячейку. Как видно из полученного уравнения, коэффициент S_{ij} зависит только от потерь на трассе и вида предоставляемых услуг. Следовательно, он позволяет определить влияние одной ячейки на электромагнитную обстановку в другой ячейке.

В системах радиосвязи для повышения качества обслуживания зону обслуживания планируют таким образом, чтобы существовало перекрытие соседних сот. При этом абоненты, находящиеся в зоне перекрытия, могут обслуживаться любой из доступных точек доступа.

На рисунке представлена система беспроводного доступа, состоящая из семи сот с максимальным коэффициентом перекрытия $N = 3$.



Вызовы из зоны k -кратного перекрытия будут заблокированы, если все каналы связи k -доступных точек доступа будут заняты. Таким образом, вероятность P_k блокировки заявок в зоне k -кратного перекрытия может быть вычислена по формуле

$$P_k = p^k(C), \quad k = \overline{1, K}, \quad (7)$$

где $p(C)$ – вероятность занятия всех каналов

Вероятность блокировки вызовов P в соте можно получить как сумму вероятностей блокировок в отдельных зонах перекрытия соты

$$P = \sum_{k=1}^K \frac{S_k^c}{S_c} P_k \quad (8)$$

где S_c – площадь соты, S_k^c – площадь зоны k -кратного перекрытия

Определение вероятности блокировки вызовов в соте при использовании зон перекрытия позволяет точнее оценить изменения функционирования системы беспроводного доступа Wi-MAX по сравнению с подходом, применяемым операторами беспроводного доступа, приведенным в Рекомендации МСЭ-Р М 1651 [1]. Более того, наличие зон перекрытия позволяет снизить вероятность блокировки вызовов в соте.

Представленные алгоритмы могут быть использованы для получения более точных оценок при определении минимально необходимого частотного ресурса для систем беспроводного доступа Wi-MAX.

Таким образом, ячеистая архитектура построения сетей Wi-MAX различной емкости является действенным механизмом для увеличения эффективности их функционирования.

При этом развитие отечественных сетей Wi-MAX должно осуществляться в направлении от одноранговых к мультиранговым сетям. В период развертывания сетей Wi-MAX отечественные операторы широкополосного радиодоступа должны учитывать возможности масштабирования и сетевой гибкости системного оборудования.

Список литературы: 1. *Сюваткин В. С.* и др. Wi-MAX технология беспроводной связи: основы теории, стандарты, применение / Под ред. В. В. Крылова. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 368 с. 2. *Иванов В. А., Севостьяненко А. О., Мухин П. В.* Характеристики системы IEEE 802.16. Принципы работы, обзор обладания // *Праці УНДІРТ*. 2005. № 2 (42). 73 с. 3. *Wi-MAX Forum white paper. IEEE 802.16 Standard and Wi-MAX igniting Broadband Wireless Access.* 4. *Recommendation ITU-R M.1651. A method for assessing the required spectrum for broadband nomadic wireless access systems including radio local area networks using the 5 GHz band.* 5. *Башарин Г. П., Серебренникова Н. В.* Анализ производительности фрагмента сотовой сети с учетом перекрытия зон радиосвязи // *Электросвязь*. 2006. № 7. 6. *Маковеева М. М., Шинаков Ю. С.* Системы связи с подвижными объектами. М.: Радио и связи, 2002. 440 с.

*Харьковский национальный
университет радиоэлектроники*

Поступила в редколлегию 17.11.2008