

Эта симметрия гарантирует сходимость к устойчивому состоянию. Общее число нейронов  $N$  за-

дастся как  $N = \sum_{i=1}^{N_{SD}} N_p(i)$ . Таким образом, веса соединений  $T_{ij,kl}$  являются элементами матрицы связности размерности  $N \times N$  [3].

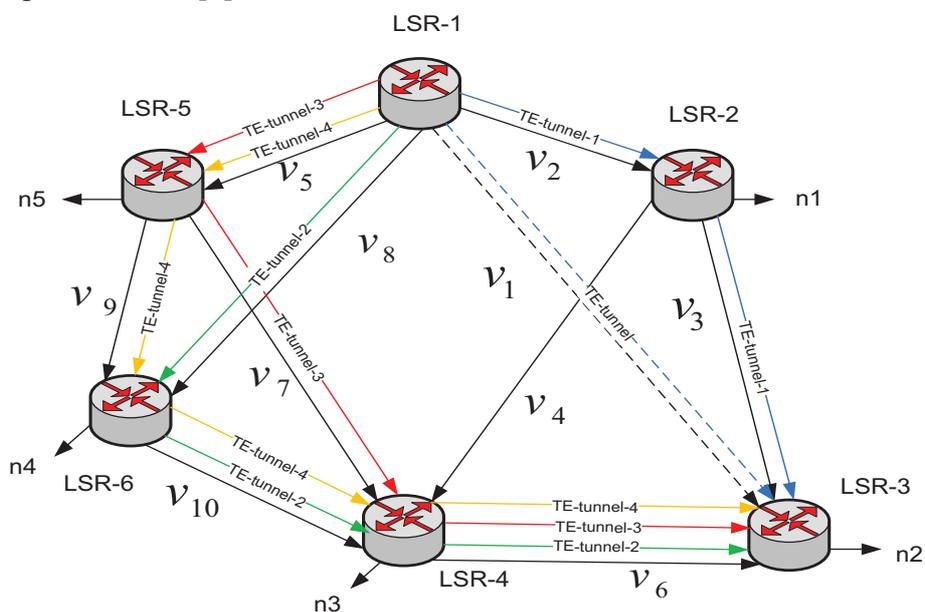


Рисунок 2 – Результаты расчета сети MPLS

Таким образом, целевая функция, моделируемая с помощью НС Хопфилда, включает взвешенные суммы произведений пар выходных напряжений нейрона и выходных напряжений взятых по отдельности. По результатам моделирования (рис.2) сеть показывает что для определения однонаправленного туннеля TE-tunnel обходного направления быстрой перемаршрутизации прохождения трафика в сети MPLS, можно выбрать определенную последовательность LSR в направлении от LSR-1 к LSR-3

Таким образом результаты моделирования показывают эффективность рассмотренной модели для минимизации перегрузки в больших сетях. Применение нейронных моделей при решении задач маршрутизации в сети MPLS позволило обеспечить получение в аналитическом виде результатов эффективного использования сетевых ресурсов с помощью организации TE-tunnel быстрой перемаршрутизации.

#### Перечень ссылок

1. Электронное научное специализированное издание –журнал «Проблемы телекоммуникаций» [Электронный ресурс] - Режим доступа <http://www.nbu.v.gov.ua> свободный. – Название с экрана.
- 2.Требования для управления трафиком Семенов Ю.А. (ГНЦ ИТЭФ) [Электронный ресурс] - Режим доступа <http://book.itep.ru/4/4/te.html> свободный. – Название с экрана.
3. Комашинский В.И., Смирнов Д.А. – Нейронные сети и их применение в системах управления и связи, 2002;

УКД 621.396.9

## МЕТОДЫ СТРУКТУРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ РАДИОПОКРЫТИЯ В СЕТЯХ CDMA

**Бордунова О. В., студент; Бессараб В. И. к.т.н, доц.**

(Донецкий национальный технический университет, г.Донецк, Украина)

На сегодняшний день мобильная связь является неотъемлемой частью в жизни современного человека. Фиксированная связь отходит на второй план, а спрос на мобильность с

каждым днем увеличивается. Учитывая это, необходимо выбирать технологию для построения сети таким образом, чтобы обеспечить пользователей качественной связью, защищенной от прослушивания и помех, высокоскоростным доступом в интернет, видеоконференцсвязью и др. Такой технологией может выступить CDMA технология. CDMA – система множественного доступа с кодовым разделением, которая обеспечивает: хорошее качество передачи речи, отличную помехоустойчивость, минимальную излучаемую мощность, мягкий хэндовер, широкий охват местности, безопасность и секретность информации.

При проектировании сотовой сети основной целью является ее оптимальное построение по основному критерию: высокая эффективность — минимальная стоимость. В связи с тем, что в настоящее время существенно увеличилось количество пользователей мобильной связью, что привело к росту объема передаваемой и обрабатываемой информации, обеспечение эффективного функционирования сетей представляет собой серьезную техническую проблему. Процесс повышения эффективности называется оптимизацией. Структурная оптимизация сети выполняется для получения оптимальной, с точки зрения радиопокрытия, конфигурации сети (схемы расположения базовых станций (БС) и ориентации секторов).

Зона радиопокрытия зависит от ряда факторов: параметры приемника, рельеф местности, плотность городской застройки, характеристики излучения объектов контроля и т.д. Исходя из того, что я провожу структурную оптимизацию радиопокрытия, то главным критерием будет являться минимальное количество базовых станций для обеспечения качественной связи. Эффективная зона обслуживания CDMA определяется по средней площади сайта на узел в км<sup>2</sup>/сайт для заранее определенных стандартной среды распространения и поддерживаемой плотности трафика.

Расстояние до границ ячейки  $r$  можно легко вычислить по известной модели распространения волн. Будем использовать модель Окумура-Хата, которая хорошо подходит для оценки потерь распространения в условиях большого города с плотной застройкой. Средний уровень потерь на радиотрассе, следуя модели, определяется следующим образом:

$$L_p = -k_1 - k_2 * \log(f) + 13,82 * \log(h_b) + a(h_m) - (44,9 - 6,55 * \log(h_b)) * \log(r) - k_0 \quad (1.1)$$

где  $k_1 = 69.55$  для частотного диапазона 150 МГц ÷ 1000 МГц;  $k_2 = 26.16$  для частотного диапазона 150 МГц ÷ 1000 МГц;  $f$  - несущая частота (МГц), может лежать в пределах 100 ÷ 3000 МГц, в расчетах примем 450 МГц;  $h_b$  - высота антенны передатчика (в метрах), в расчетах  $h_b = 30$ м, может быть 30 ÷ 300м;  $h_m$  - высота антенны приемника (в метрах), в расчетах  $h_m = 1,5$ м, 1,5 ÷ 3м;  $a(h_m)$  – коэффициент, учитывающий высоту антенны абонентской станции, для городов с плотной застройкой рассчитывается по формуле:

$$a(h_m) = 3,2 * (\log(11,75 * h_m))^2 - 4,97 \quad (1.2)$$

$r$  - расстояние между БС и абонентской станцией, (км), 1 ÷ 30км;  $k_0 = 3$ дБ - для города с плотной застройкой. Расчеты проведем для условий плотной застройки. Используя рассчитанный средний уровень потерь на радиотрассе  $L_p$ , и задавая соответствующие параметры выходной мощности передатчика  $P$ (дБ), запаса по замираниям  $S$ (дБ) и требуемого уровня сигнала на входе приемника  $Q$ (дБ), можно вычислить расстояние уверенной связи  $r$ . Уравнение для нахождения  $r$  – МАХ расстояния от БС, на котором достигается требуемое качество связи:

$$P - L_p - S = Q \quad (1.3)$$

$$P - [-121,545 - (44,9 - 6,55 * \log(30)) * \log(r)] - S = Q \quad (1.4)$$

На основании полученных данных строится зона покрытия БС с точки зрения качества сигнала. На рисунке ниже показан характерный вид функции уровня сигнала в зависимости от расстояния между БС и абонентом. Пересечение этой функции с прямой  $Q$  дает значение максимального значения радиуса зоны обслуживания, при котором еще предоставляются услуги требуемого качества обслуживания. Для стандарта CDMA  $r \sim 25-30$  км.

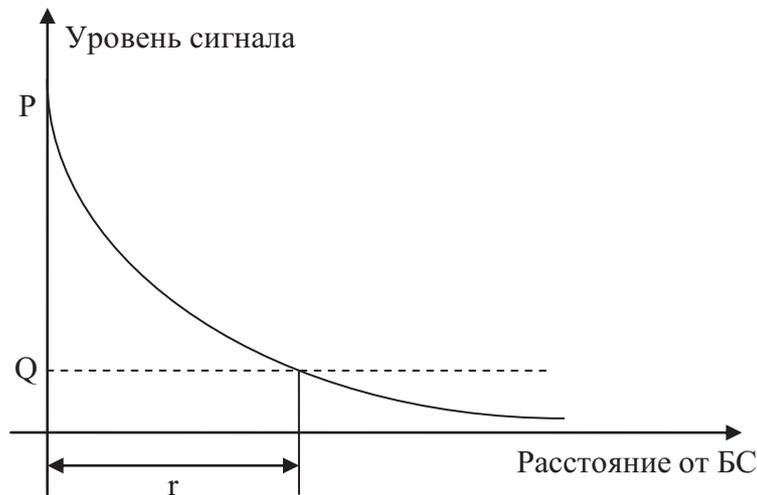


Рисунок 1 – Зависимость уровня сигнала от расстояния между БС и абонентом

Зная расстояние от абонента до БС -  $r$ , можем рассчитать зону покрытия площадью  $S_{БС}$ , которую она сможет обеспечить:  $S_{БС}=\pi*r$ . Необходимо знать площадь территории  $S_{тер}$ , для которой проектируется сеть и исходя из этого можно получить, что количество БС  $N_{БС}$  приблизительно можно определить как:

$$N_{БС} = \frac{S_{тер}}{S_{БС}} \quad (1.5)$$

При расчете вышеприведенным способом может произойти ситуация, что для покрытия территории крупного города окажется достаточным один-два десятка БС, однако в связи с тем, что также необходимо планировать и абонентскую нагрузку на каждую соту отдельно, количество БС окажется гораздо больше. Потому и приходится сужать зону покрытия, и увеличивать их количество, исходя из прогнозов абонентской нагрузки на соту. Если учесть количество абонентов, которое может обслужить один сектор БС  $n_{аб/сек}$  в стандарте CDMA и собственно количество этих секторов  $n_{сек}$  сможем рассчитать количество БС, необходимых для обслуживания  $N_{аб}$  абонентов:

$$N_{БС} = \frac{N_{аб}}{n_{аб/сек} * n_{сек}} \quad (1.6)$$

С точки зрения распределения абонентской нагрузки, сеть CDMA предусматривает, что одна БС может обслужить нагрузку  $Y_{БС}$  (в зависимости от выбранного стандарта и конкретного оборудования). Зная суммарную нагрузку  $Y_{\Sigma}$  на сеть, можем рассчитать количество БС:

$$N_{БС} = \frac{Y_{\Sigma}}{Y_{БС}} \quad (1.7)$$

Таким образом, посчитаем среднее количество БС, которые смогут обеспечить и необходимую площадь покрытия и обслуживание абонентской нагрузки. После того, как было рассчитано количество БС необходимо решить задачу оптимизации расположения базовых станций в зоне обслуживания. Оптимальным считается такое положение, при котором заданный уровень качества сигнала обеспечивается в любой точке зоны обслуживания при минимальном числе базовых станций. Для более рациональной расстановки БС воспользуемся компьютерными средствами – пакетом RPS-2. Качество получаемого результата зависит от того, насколько точно в процессе планирования учтены особенности местности, параметры аппаратуры, источники возможных, учесть которые без использования автоматизированных компьютерных инструментов в современных условиях невозможно [1].

#### Перечень ссылок

1. Центр компьютерных технологий “Связь Телеком Софт”/ А.Г. Соколов. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.rps2.ru/>.