

минимальная экономия при высокой плотности размещения БС даст значительный общий выигрыш. Соответственно, необходимо уточнять электродинамические модели рассеяния волн, особенно в условиях города. Как отмечается выше, большое значение имеет уточнение статистических характеристик городского рельефа и разработке методики их оценивания по цифровым картам.

Выбор необходимой детальности цифровой карты местности

Для расчета потерь сигнала базовой станции при распространении электромагнитного поля в условиях городского ландшафта используются различные детерминистские модели (Окамура – Хата, Ли, Икегами, Уолфиша – Икегами, Ксиа – Бертони и некоторые другие). Общим недостатком этих моделей является то, что в них учитывается только средняя высота зданий, поэтому в реальной ситуации потери будут отличаться от прогнозируемых.

Для устранения отмеченного недостатка необходимо оценивать и учитывать вероятностные характеристики высот, в частности – корреляционные функции (КФ) высот зданий. В общем случае городской ландшафт представляет собой статистически шероховатую поверхность с крупными плавными неоднородностями (складки местности), на которые наложены мелкие неоднородности разрывного типа – здания и сооружения. КФ поверхности в произвольном направлении можно определить по векторной цифровой карте местности [5, 6]. Данные о высотах зданий и расстояниях между ними хранятся в виде атрибутов, привязанных векторным графическим объектам. На рис. 2 изображен фрагмент карты с элементами городской застройки. Стрелкой указано направление съема данных.

На рис. 3 изображен график корреляционной функции, рассчитанной по снятым данным.

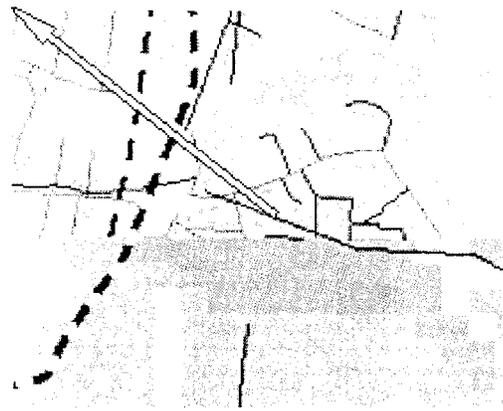


Рис. 2. Фрагмент цифровой карты (масштаб 1:10 000).

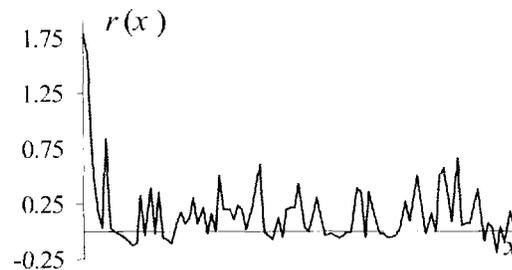


Рис. 3. КФ высот поверхности.

Наложённые искусственные неоднородности (здания) дают основной вклад в виде второго лепестка. Удаленные лепестки КФ возникают вследствие взаимного влияния высот зданий, расположенных на больших расстояниях друг от друга.

Основной проблемой при использовании цифровых карт местности является выбор необходимой детальности карты. При недостаточном разрешении отдельные детали изображения сливаются, и тонкая структура КФ теряется. На рис. 4 изображен фрагмент цифровой карты более мелкого масштаба. Прямоугольником выделен фрагмент, изображенный на рис. 2.

График КФ, рассчитанной по данным карты мелкого масштаба, изображен на рис. 5. Видно, что характерные детали, по которым можно оценить вклад составляющих вторичного рассеянного поля [1, 6], отсутствуют.

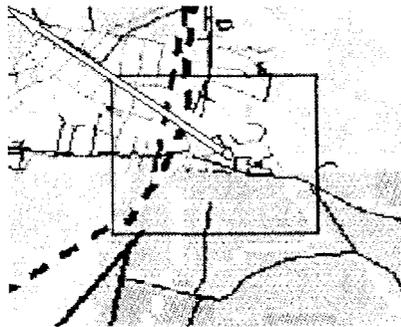


Рис. 4. Фрагмент цифровой карты (масштаб 1:1000).



Рис. 5. КФ высот поверхности, рассчитанная по данным карты мелкого масштаба.

С другой стороны, применение карт слишком крупного масштаба приводит к дроблению цельных объектов и, соответственно, к зашумлению КФ профиля поверхности. На рис. 6 изображен график КФ, рассчитанной по карте масштаба 1:000 000.

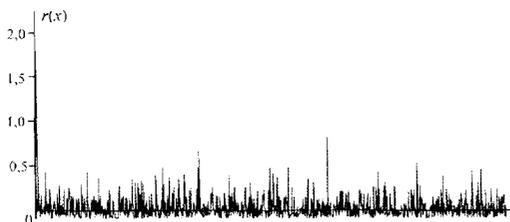


Рис. 6. КФ высот поверхности, рассчитанная по данным карты крупного масштаба.

По результатам анализа необходимой детальности цифровых карт местности, используемых для задач радиопланирования, можно сделать вывод, что масштаб карты должен быть одного порядка с характерным размером искусственных объектов (зданий и сооружений). В частности, при среднем размере, лежащем в пределах от 10 до 50 м, целесообразно использовать карты масштаба 1:5000 ... 1:10 000.

Анализ взаимной корреляции ключевых параметров радиопланирования и управления

Задача радиопланирования сети мобильной связи, в том числе и сети 3G, по существу, является задачей оптимального размещения БС, прежде всего, по критерию отношения сигнал/помехи. Однако при оптимизации размещения БС сети 3G в состав целевой функции входит большое количество дополнительных параметров, от которых зависит качество сервиса. Ключевыми оптимизируемыми параметрами задачи радиопланирования являются следующие:

- задержка передачи τ ;
- пропускная способность C_p ;
- потери пакетов при передаче данных L_p ;
- качество *Web*-сервиса;
- качество передачи аудио (звуковые файлы, обычная и *IP*-телефония);
- скорость обмена файлами по протоколу *FTP*;
- скорость и надежность работы электронной почты (*E-mail*);
- качество передачи видео.

Ключевыми параметрами являются задержка передачи, пропускная способность и потери пакетов. Эти параметры оказывают наибольшее влияние на результирующее качество сервиса.

В табл. 1 приведены коэффициенты корреляции ключевых параметров оптимизации для гипотетической сети 3G. Данные для расчета взяты из работы [7]. Для расчетов использовалась стандартная ФОРТРАН-программа множественного корреляционного анализа, приведенная в [8].

Между основными ключевыми параметрами обнаруживается сильная корреляция. Это объясняется тем, что они оказывают значительное влияние на требования к качеству сервиса. Исключение составляет электронная почта, поскольку, в отличие от потокового аудио, видео, *Web*-сервиса и передачи файлов по протоколу *FTP*, для нее не критичны ни полоса

Таблиця 1. Коэффициенты взаимной корреляции ключевых оптимизируемых параметров

Параметр									
τ	Коэффициенты корреляции	1,0							
C_p		0,98	1,0						
L_p		0,69	0,68	1,0					
Web		0,75	0,76	0,36	1,0				
Аудио		0,65	0,64	0,50	0,30	1,0			
FTP		0,77	0,75	0,63	0,57	0,44	1,0		
E-mail		0,17	0,22	0,34	0,30	0,36	0,16	1,0	
Видео		0,87	0,89	0,84	0,53	0,67	0,79	0,30	1,0
		τ	C_p	L_p	Web	Аудио	FTP	E-mail	Видео

пропускания канала, ни задержка доставки.

Результаты корреляционного анализа служат ключевым индикатором мониторинга и регулирования потоковых данных и Web-сервиса. Это необходимо для прогнозирования и предотвращения перегрузок контролируемого сетевого фрагмента – центральной ячейки и прилегающих к ней соседних ячеек.

Выводы

Для решения задач радиопланирования и текущего управления сетью мобильной связи 3G необходим системный подход. Критерии оптимизации ключевых параметров радиопланирования сети и текущего управления сетью являются неоднозначными и противоречивыми. Учет этих противоречий и поиск компромиссных решений возможен при использовании статистических методов, согласования достоверности и детальности исходных данных с физическим смыслом решаемых задач.

Список литературы

1. Сравнительный анализ задач радиопланирования для сетей 2G и 3G / А. Е. Деревянных. – К.: УНДІЗ, Наукові записки УНДІЗ, №4(12), 2009. С. 58 – 64.
2. Модели расчета потерь мощности сигнала в сотовых системах связи / Е.В. Милютин. – М.: Мобильные телеко-

муникации, № 4(80), 2008. – С. 24–26.

3. Tolstrup M. Indoor radio planning: a practical guide for GSM, DCS, UMTS and HSPA John Wiley & Sons, Ltd, 2008. – 344 p.

4. WCDMA for UMTS: HSPA evolution and LTE / edited by Harri Holma, Antti Toskala. – 5th ed. – John Wiley & Sons Ltd, 2010. – 525 p.

5. Кондратюк С.В., Деревянных А.Е. Методика расчета потерь мощности сигнала в задаче радиопланирования систем мобильной связи новых поколений // Міжнародна науково-практична конференція «Актуальні питання регулювання у сфері телекомунікацій та користування радіочастотним ресурсом». – К.: Національна комісія з питань регулювання зв'язку України, 18-20 травня 2010 р. – С. 69–72.

6. Дробик А.В., Деревянных А.Е. Расчет корреляционных функций высот поверхности для задач радиопланирования сетей мобильной связи третьего поколения // Зв'язок, № 3 (91), 2010. – С. 36–41.

7. Kreher R. UMTS Performance Measurement: A Practical Guide to KPIs for the UTRAN Environment. – John Wiley & Sons, Ltd, 2006. – 227 p.

8. Сборник научных программ на Фортране. Пер. с англ. – М.: Статистика, 1974. – 316 с.