

УДК 528.7:004.94

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ВОЗДУШНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ СЕТЕЙ СОТОВОЙ СВЯЗИ

Е. В. Кварацхелия, С. В. Тюрин

*Санкт-Петербургский государственный университет, Университетская наб.,
д. 7–9, 199034, Санкт-Петербург, Россия, katyakvaracheliya@gmail.com*

В статье освещается тема использования данных воздушного лазерного сканирования в задачах планирования и оптимизации беспроводных сетей сотовой связи. Авторы рассматривают недостатки традиционных методов планирования, которые не учитывают комплексное влияние городских условий на распространение сигнала. Статья акцентирует внимание на необходимости использования данных воздушного лазерного сканирования для получения детальных данных о рельефе, растительности, строениях, дорожной сети и др.

Ключевые слова: воздушное лазерное сканирование; планирование беспроводных сетей связи; цифровые модели местности.

USING AIRBORNE LASER SCANNER DATA FOR CELLULAR NETWORK PLANNING

E. Kvaracheliya, S. Tyurin

*St Petersburg University, 7/9 Universitetskaya Emb., 199034, St Petersburg, Russia,
katyakvaracheliya@gmail.com*

This article highlights the topic of using airborne laser scanning data in the tasks of planning and optimizing wireless cellular networks. The author examines the disadvantages of traditional planning methods that do not take into account the complex influence of urban conditions on signal propagation. The article focuses on the need to use airborne laser scanning to obtain detailed data on terrain, vegetation, buildings, road network, etc.

Keywords: aerial laser scanning; planning of wireless communication networks; digital terrain models.

Эффективное планирование и оптимизация сетей требуют учета множества факторов, включая географические, топографические и урбанистические характеристики местности. Именно здесь воздушное лазерное сканирование (ВЛС) представляет перспективный инструмент, способный внести существенный вклад в развитие и усовершенствование беспроводных сетей сотовой связи.

Традиционные методы планирования беспроводных сетей часто основываются на упрощенных цифровых моделях местности (ЦММ) и не учитывают множество важных аспектов, таких как: рельеф, растительность и грунты, строения, дорожная сеть и другие препятствия, влияющие на распространение сигнала.

Это может приводить к неоптимальному размещению оборудования, ухудшению качества связи и повышенным затратам на обслуживание и модернизацию сети.

Особенно актуально применение ВЛС в городских условиях, где плотная застройка, разнообразие архитектурных форм и динамичное изменение ландшафта создают сложные условия для распространения сигнала. ВЛС позволяет детально анализировать условия, определять «мертвые зоны» и эффективно планировать размещение элементов сети для их устранения. Это способствует повышению уровня доступности и качества связи, что является ключевым фактором в условиях повышающейся конкуренции между операторами связи.

Внедрение ВЛС в процесс планирования и оптимизации беспроводных сетей открывает новые перспективы для операторов связи, позволяя не только улучшить качество услуг, но и существенно снизить затраты на развертывание и обслуживание сетевой инфраструктуры. Однако, несмотря на значительные преимущества, применение ВЛС сталкивается с рядом вызовов, включая необходимость в высококвалифицированных специалистах для обработки и анализа больших объемов данных, а также вложений в специализированное оборудование и программное обеспечение.

Внедрение ВЛС открывает новые возможности для повышения эффективности и устойчивости инфраструктуры сетей связи.

Анализ линий видимости — это ключевой аспект при планировании сетей сотовой связи, который напрямую влияет на способность антенн передавать и принимать сигналы. В контексте планирования сетей связи представляют интерес два вида распространения сигнала: в условиях прямой видимости (LOS — Line of Sight) и в условиях отсутствия прямой видимости (NLOS — Non Line of Sight) [1]. В условиях городской застройки характерно отсутствие прямой видимости. Всегда присутствуют многократные отражения сигнала от зданий и иных сооружений, поглощение зданиями, листвой деревьев и т. п.

В пределах прямой видимости основными факторами, негативно влияющими на качество приема электромагнитных волн, являются:

- потери в свободном пространстве;
- состояние атмосферы;
- наличие отражающих объектов;
- эффект Доплера;
- шумы и др. [2]

Распространение сигнала в условиях отсутствия прямой видимости (NLOS — Non Line of Sight) представляет собой ситуацию, когда сигнал между передатчиком и приемником (например, между базовой станцией и мобильным устройством) препятствует физическое препятствие, такое как здания, холмы, деревья или другие объекты. В таких условиях сигнал может достигать приемника не напрямую, а обходя препятствия через различные феномены, такие как дифракция, отражение и рассеяние.

Распространение сигнала в NLOS условиях часто сопровождается увеличением задержек, уменьшением скорости передачи данных и повышением уровня ошибок из-за множественных путей распространения и интерференции. Это может существенно ухудшить качество связи и требует использования различных технических решений для улучшения приема, таких как адаптивная антенная решетка, MIMO (Multiple Input Multiple Output) [3] технологии, а также усовершенствованные алгоритмы обработки сигнала [4].

Для учета NLOS условий при планировании сетей связи используют сложные модели распространения сигнала, которые могут включать статистические данные о плотности застройки, типах растительности и других характеристиках местности [5]. Данные ВЛС могут значительно повысить точность этих моделей, предоставляя детализированную информацию о физических препятствиях на местности.

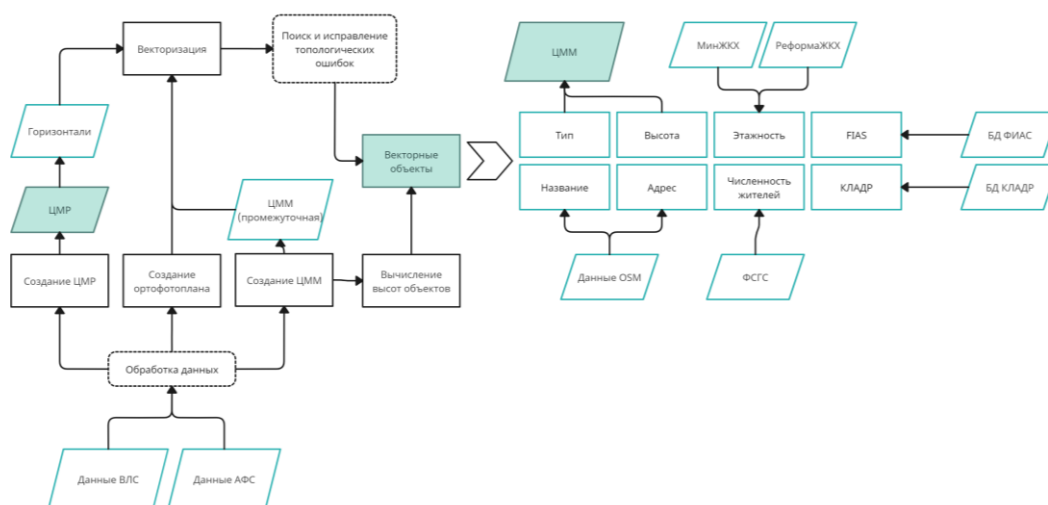
Данные ВЛС при совместном использовании с аэрофотосъемкой (АФС) позволяют с высокой точностью определить:

- 1) как высоту местности, так и высоту объектов, которые могут стать помехами для распространения сигнала;
- 2) тип растительности, который может значительно влиять на проникновение сигналов, особенно на более низких частотах (ВЛС позволяет оценить плотность и высоту растительности на изучаемой территории);
- 3) типы застройки и строений. Здания могут отражать или поглощать сигналы, материалы, из которого они построены имеют различные свойства отражения и поглощения радиоволн.

Интеграция вышеупомянутых данных позволяет создавать полные модели местности (цифровые модели как местности, так рельефа) и «клаттерные» модели, которые включают в себя типы инфраструктуры и ландшафты, их состав, высоты, в случае со строениями тип (жилой/нежилой, численность жителей) и т. д. Это включает в себя анализ потенциальных точек для установки антенн, пути распространения сигнала и возможные зоны помех.

В нашем случае для создания таких наборов данных в состав аэрофотосъемочного оборудования входили камера Leica RCD30 и лазерный сканер Leica ALS80.

На следующей блок-схеме представлены этапы работы над созданием модели местности на примере векторных объектов зданий (рисунок).



Технологическая схема создания ЦМР, ЦММ и «клаттерных» моделей

Рассмотрим подробнее каждый из этапов.

1. Процесс начинается с обработки исходных данных. Данные ВЛС обеспечивают ЦМР и ЦММ. Вместе с данными АФС, по которым необходимо построить ортофотопланы, они составляют основу для дальнейшей обработки.

2. Создание ЦМР. ЦМР используются для расчета высоты местности и создания горизонталей и являются основой для определения линий видимости и зон покрытия сети.

3. Векторизация и создание ЦММ. После создания ЦМР следует векторизация, при которой растровые данные преобразуются в векторный формат, удобный для анализа и редактирования. На этом этапе также создаются цифровые модели местности (ЦММ), которые включают в себя информацию о зданиях, растительности и других объектах.

4. Поиск и исправление топологических ошибок. Этот шаг включает проверку и исправление ошибок в данных, что важно для точности последующего моделирования сети.

5. Следующий шаг — комплексная обработка данных, включая анализ высоты объектов и других параметров, необходимых для планирования сети. Высота объектов, тип, название, адрес и другие атрибуты векторных объектов используются для создания подробной карты местности.

6. Интеграция с внешними базами данных. Для уточнения и дополнения данных о местности производится сбор данных из внешних источников, таких как ФИАС (Федеральная информационная адресная система) и

КЛАДР (Классификатор адресов России) для поиска уникальных идентификаторов объектов, из ресурсов МинЖКХ и Реформа ЖКХ собираются данные об этажности, ФСГС (Федеральная Служба Государственной Статистики) предоставляет данные о численности населения, названия объектов и адреса импортируются из OSM (OpenStreetMap) из других открытых источников.

Таким образом ВЛС обеспечивает исключительную точность в определении характеристик местности, что позволяет с высокой долей уверенности моделировать распространение сигнала и определять оптимальные позиции для базовых станций и антенн. Такой подход гарантирует значительное повышение качества связи, позволяя преодолевать «мертвые зоны» и адаптироваться к сложным городским условиям.

Анализ LoS и NLoS условий с использованием данных ВЛС и АФС дает возможность создать полную модель местности, что является краеугольным камнем для планирования беспроводных сетей нового поколения. Комбинируя ВЛС с другими данными, появляется возможность создания точных моделей, которые учитывают не только физические объекты, но и динамические и социальные факторы городской среды.

Библиографические ссылки

1. *Фокин Г. А.* Позиционирование в условиях отсутствия прямой видимости с использованием цифровых моделей местности // Т-Com: Телекоммуникации и транспорт. 2019. Том 13. № 11. С. 4-13.
2. *Гармонов А. В.* Основы теории мобильной и беспроводной связи: учеб. пособие / А.В. Гармонов. Воронеж: ФГБОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2011. 173 с.
3. Технологии ММО в мобильных сетях нового поколения / И. В. Федоренко, А. А. Нерсесянц, А. И. Мясникова. // Научноёмкие технологии в космических исследованиях Земли. 2011. № 1. С. 29-32.
4. Системы ММО: принципы построения и обработка сигналов / В. И. Слюсар. // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. 2005. № 8. С. 52-58.
5. *Битнер В. И.* Нормирование качества телекоммуникационных услуг: учебное пособие для вузов / В. И. Битнер, Г. Н. Попов. Горячая линия – Телеком, 2009. 312 с.