

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ УЧАСТКА ОПТИЧЕСКОЙ СЕТИ GPON НА ОСНОВЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ

Терехов Ю. С., магистрант; Червинский В. В., доц., к.т.н., доц.

(ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)

На сегодняшний день вопросами исследования пассивных оптических сетей PON уделяется достаточно пристальное внимание. Это подтверждено большим количеством публикаций, и вызвано тем, что данная тематика охватывает очень широкий спектр задач в самых различных областях. Существует много изданий, которые классифицируют и раскрывают различные способы и методы проектирования. Но в большинстве случаев они рассматриваются или в контексте общепринятых топологий систем передачи, или вообще без описания последних. Еще меньше статей рассматривают вопрос оптимизации.

При проектировании сетей PON перед планировщиком встают следующие задачи: определение местоположения корня дерева с активным оборудованием (OLT) и мест установки абонентских оконечных модулей (ONU), выбор топологии сети, определение трасс прохождения кабеля и мест установки пассивных сплиттеров, расчет бюджета потерь для каждой ветви и определение оптимальных коэффициентов деления всех сплиттеров. Первые две задачи обычно решаются анализом исходных данных по расположению телекоммуникационного узла провайдера и местоположению пользователей. Выбор топологии, типа, расположения и количества сплиттеров и кабельной продукции, с учетом допустимого уровня потерь, предполагает исследование множества возможных вариантов и выбора наилучшего с точки зрения проектировщика и заказчика, то есть решения некоторой оптимизационной задачи. Кроме этого реализация одной и той же сети возможна различными вариантами (комбинирование элементов сети, соединений), поэтому возникает задача не только максимально быстро развернуть сети, но и получить оптимальный «состав сети»

Постановка задачи оптимизации предполагает выполнение следующих этапов:

- 1) составление математической модели объекта оптимизации;
- 2) выбор критерия оптимальности и составление целевой функции;
- 3) установка возможных ограничений, которые должны накладываться на переменные;
- 4) выбор метода оптимизации.

При построении различных вариантов схем сети, отличающихся числом и расположением ветвей связи, будут возникать различия в затрачиваемых ресурсах (длине кабеля, числе сплиттеров, затухании сигнала) и, возможно, подключаемым абонентам. При этом требование обеспечения общего числа абонентов на участке остается обязательным, поэтому задача сводится к оптимальному расположению сплиттеров и кабеля, обеспечивающим минимальную протяженность связей. Сеть, имеющая наибольшую протяженность связей, будет образована путем соединения всех пунктов по принципу «каждый с каждым». Для такой сети потребуется максимальное количество ветвей, скорость ее разворачивания и эффективность будет очень низкой. При всех других схемах суммарная протяженность связей будет убывать. Минимальную протяженность связей будет иметь схема сети с минимальным числом ветвей - «дерево».

Поэтому целью данной статьи является исследование способов оптимизации сети и их применение.

Как известно, оптимизационные задачи заключаются в нахождении минимума (максимума) заданной функции. Такую функцию называют целевой. Как правило, целевая функция — сложная функция, зависящая от некоторых входных параметров. В оптимизационной задаче требуется найти значения входных параметров, при которых целевая функция достигает минимального (максимального) значения.

При оптимизации, целевую функцию можно рассматривать различными способами. Один из методов - метод перебора, является простейшим из методов поиска значений действительно-значимых функций по какому-либо критерию сравнения (на максимум, на минимум, на определённую константу). Применительно к экстремальным задачам является примером прямого метода условной одномерной пассивной оптимизации. При большом количестве возможных решений, теряет свою эффективность из-за обильных затрат ресурсов (времени) и трудоёмкости его исполнения.

Следующий способ оптимизации целевой функции стал градиентный метод. Это численные методы решения с помощью градиента задач, сводящихся к нахождению экстремумов функции. Выбираются случайные значения параметров, далее значения постепенно изменяются, достигая наибольшей скорости роста целевой функции. Алгоритм может остановиться, достигнув локального максимума. Градиентные методы быстрые, но не гарантируют оптимального решения (поскольку целевая функция имеет несколько максимумов).

В современном мире большую популярность, для решения задач оптимизации стали набирать вычислительные машины с использованием эволюционных алгоритмов, примером такого алгоритма может быть - генетические алгоритмы.

Генетический алгоритм - представляет собой комбинацию переборного и градиентного методов. Механизмы кроссинговера (скрещивания) и мутации реализуют переборную часть, а отбор лучших решений - градиентный спуск.

То есть, если на некотором множестве задана сложная функция от нескольких переменных, тогда генетический алгоритм является программой, которая за допустимое время находит точку, где значение функции находится довольно близко к максимально возможному значению. Выбирая приемлемое время расчета, получаем лучшие решения, которые можно получить за это время.

Как известно, эволюционная теория утверждает, что жизнь на нашей планете возникла вначале лишь в простейших формах - в виде одноклеточных организмов. Эти формы постепенно усложнялись, приспосабливаясь к окружающей среде, порождая новые виды, и только через много миллионов лет появились первые животные и люди. Каждый биологический вид с течением времени совершенствует свои качества так, чтобы эффективней справляться с важнейшими задачами выживания, самозащиты, размножения и т.д. Таким путем возникла защитная окраска у многих рыб и насекомых, панцирь у черепахи, яд у скорпиона и многие другие полезные приспособления.

С помощью эволюции природа постоянно оптимизирует все живое, находя неординарные решения. Неясно, за счет чего происходит этот прогресс, однако ему можно дать научное пояснение, базируясь всего на двух биологических механизмах - естественного отбора и генетического наследования.

В отличие от эволюции, происходящей в природе, генетический алгоритм только моделирует те процессы в популяции, которые являются существенными для развития.

Наиболее приспособленные особи получают возможность "воспроизводить" потомство с другими особями популяции, что приводит к появлению новых особей, сочетающих в себе некоторые характеристики, наследуемые ими от родителей. Менее приспособленные особи с меньшей вероятностью смогут воспроизвести потомков, так что те свойства, которыми они обладали, будут постепенно исчезать из популяции в процессе эволюции.

Простой генетический алгоритм случайным образом генерирует начальную популяцию. Работа генетического алгоритма представляет итерационный процесс, который продолжается до тех пор, пока не выполнится заданное число поколений или любой другой критерий остановки. В каждом поколении генетического алгоритма реализуется отбор пропорционально приспособленности, одноточечный кроссинговер и мутация. Сначала, пропорциональный отбор назначает каждой структуре вероятность $P_s(i)$ равную отношению ее приспособленности к суммарной приспособленности популяции:

$$P_s(i) = \frac{f(i)}{\sum_{i=1}^n f(i)} \quad (1)$$

Потом происходит отбор (с замещением) всех n особей для дальнейшей генетической обработки, соответственно величине $P_s(i)$.

При таком отборе члены популяции с высокой приспособленностью с большей вероятностью будут выбираться чаще, чем особи с низкой приспособленностью. После отбора, n избранных особей случайным образом разбиваются на $n/2$ пары. Для каждой пары с вероятностью P_s может применяться кроссинговер. Соответственно, с вероятностью $1-P_s$ кроссинговер не происходит и неизменные особи переходят на стадию мутации. Если кроссинговер происходит, полученные потомки заменяют родителей и переходят к мутации.

Определим теперь понятия, отвечающие мутации и кроссинговеру в генетическом алгоритме.

Мутация - это преобразование хромосомы, которое случайно изменяет одну или несколько ее позиций (генов). Наиболее распространенный вид мутаций - случайное изменение только одного из генов хромосомы.

Кроссинговер (в литературе по генетическим алгоритмам также употребляется название кроссовер или скрещивание) - это операция, при которой из двух хромосом порождается одна или несколько новых хромосом. Одноточечный кроссинговер работает следующим образом. Сначала, случайным образом выбирается одна из $l-1$ точек разрыва. (Точка разрыва - участок между соседними битами в строке.) Обе родительские структуры в этой точке разрываются на два сегмента. Потом, соответствующие сегменты разных родителей склеиваются и выходят два генотипа потомков.

Таким образом, воспроизводится вся новая популяция допустимых решений, путем выбора лучших представителей предыдущего поколения, скрещивания их и получения множества новых особей. Это новое поколение будет содержать более высокое соотношение характеристик, которыми обладают хорошие члены предыдущего поколения. В итоге, хорошие характеристики распространяются по всей популяции. Скрещивание наиболее приспособленных особей приводит к тому, что исследуются наиболее перспективные участки пространства поиска. В конечном итоге, популяция будет сходиться к оптимальному решению задачи.

Разработка алгоритма оптимизации участка сети PON включает последовательное решение следующих задач:

I) Дана зона обслуживания, включающая 64 потенциальных абонента, то есть одного дерева PON. Для зоны на административной карте отмечены места расположения каждого абонента (ONU). Места отмечены парой координат x_{ONU} и y_{ONU} . Дана формула сети, предполагающая двухуровневое построение, когда 8 сплиттеров расположены в помещении провайдера (непосредственно подключены к OLT) и 8 сплиттеров расположены в зоне обслуживания (места расположения заданы через координаты x_{SP} и y_{SP}).

Необходимо определить, как абоненты будут распределяться между сплиттерами.

Учитывается разработанный ранее критерий оптимизации по стоимости и ограничения по оптическому бюджету.

II) Дана зона обслуживания, включающая 64 потенциальных, то есть одного дерева PON, в которой на карте отмечены места расположения каждого абонента (ONU). Места отмечены парой координат x_{ONU} и y_{ONU} . Дана формула сети, предполагающая двухуровневое построение, когда 8 сплиттеров расположены в помещении провайдера (непосредственно подключены к OLT) и 8 расположены в зоне обслуживания, но места их установки не определены.

Проводится анализ территории с точки зрения возможного расположения сплиттеров. Как правило, таких мест будет от 10 до 50.

Необходимо: из потенциальных мест расположения найти на карте фактическое расположение 8 сплиттеров второго уровня (то есть координаты x_{SP} и y_{SP}). Учитывается разработанный ранее критерий оптимизации по стоимости и ограничения по оптическому бюджету.

При этом попутно решается задача I).

III) Дана зона обслуживания, включающая 64 потенциальных, то есть одного дерева PON, в которой на карте отмечены места расположения каждого абонента (ONU) и место расположения OLT. Место расположения абонентов отмечены парой координат x_{ONU} и y_{ONU} .

Необходимо:

- определить формулу сети;
- построить топологическую схему сети;
- попутно решаются задачи I) и II).

На рисунке 1 показано расположение абонентов и сплиттеров без использования алгоритма, то есть эскизный проект, выполненный вручную.

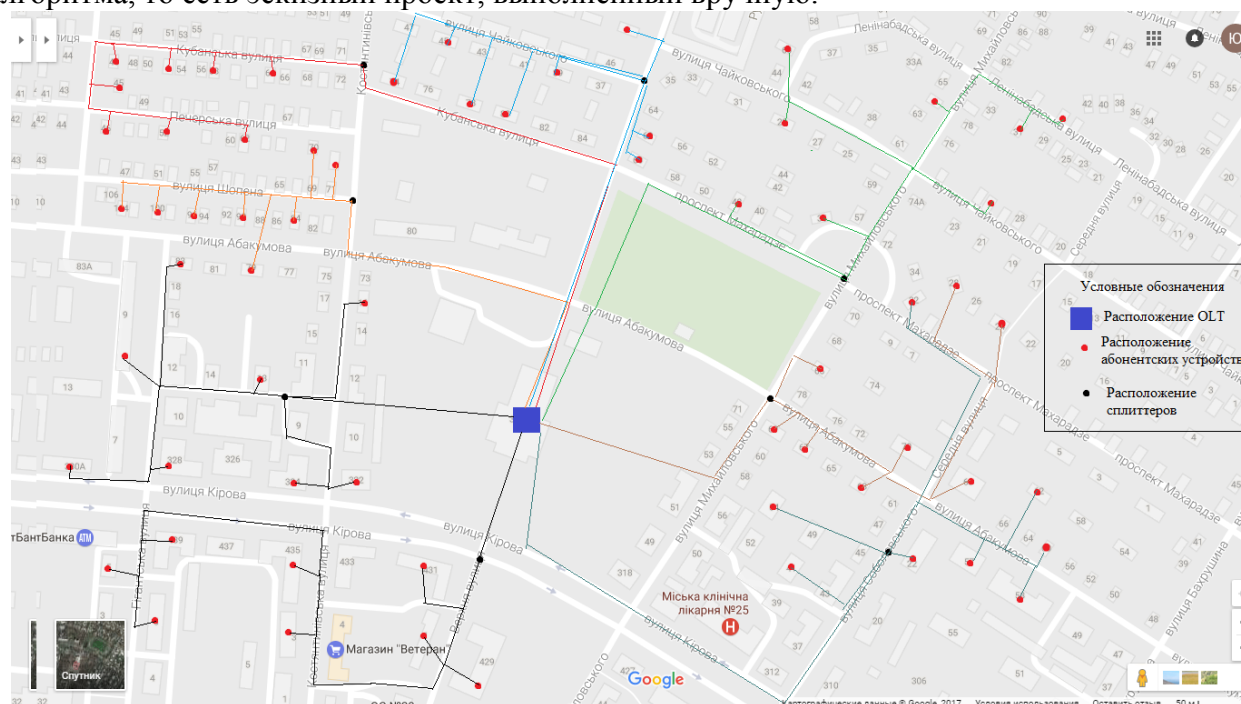


Рисунок 1 – Расположение устройств без использования алгоритма

На рисунке 2 изображена карта района при применении генетического алгоритма для определения места расположения сплиттера и подключаемых абонентов.

На рисунке 3 генетический алгоритм определяет расположение устройств в зоне обслуживания и возможную топологию будущей сети. В этом случае структура примет вид $1 \times 4 + 1 \times 16$ (сплиттер 1×4 будет расположен в помещении вместе с OLT, абонентские сплиттеры будут вынесены в зону обслуживания). Таким образом, общее число сплиттеров и протяженность кабеля может быть снижена, поскольку группы абонентов находятся группами, которые целесообразнее объединять сплиттерами 1×16 .

Выводы.

В статье рассмотрена задача выбора оптимальной топологии сети PON с учетом критерия стоимости и ограничения по затуханию. Рассмотрены возможные методы оптимизации, выбран подход на основе генетических алгоритмов. Предложен алгоритм построения участка сети PON на основе генетического алгоритма, позволяющий определить формулу сети, топологию и учесть накладываемые ограничения.

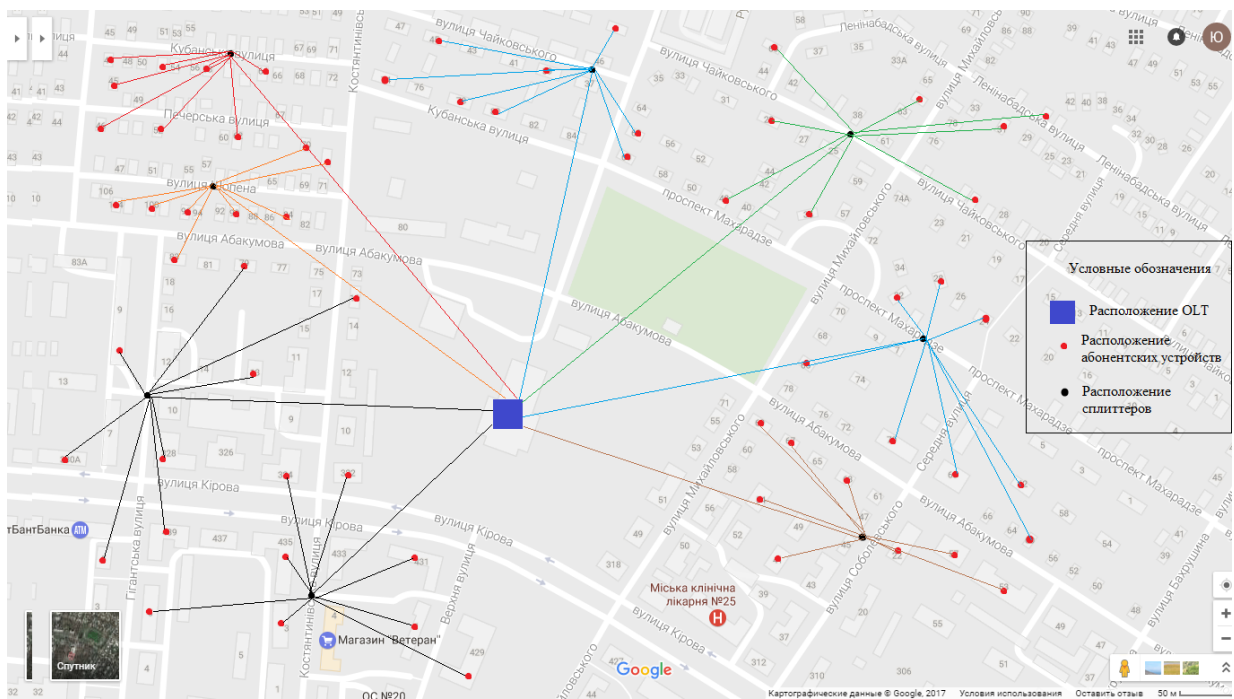


Рисунок 2 – Расположение устройств с использованием алгоритма

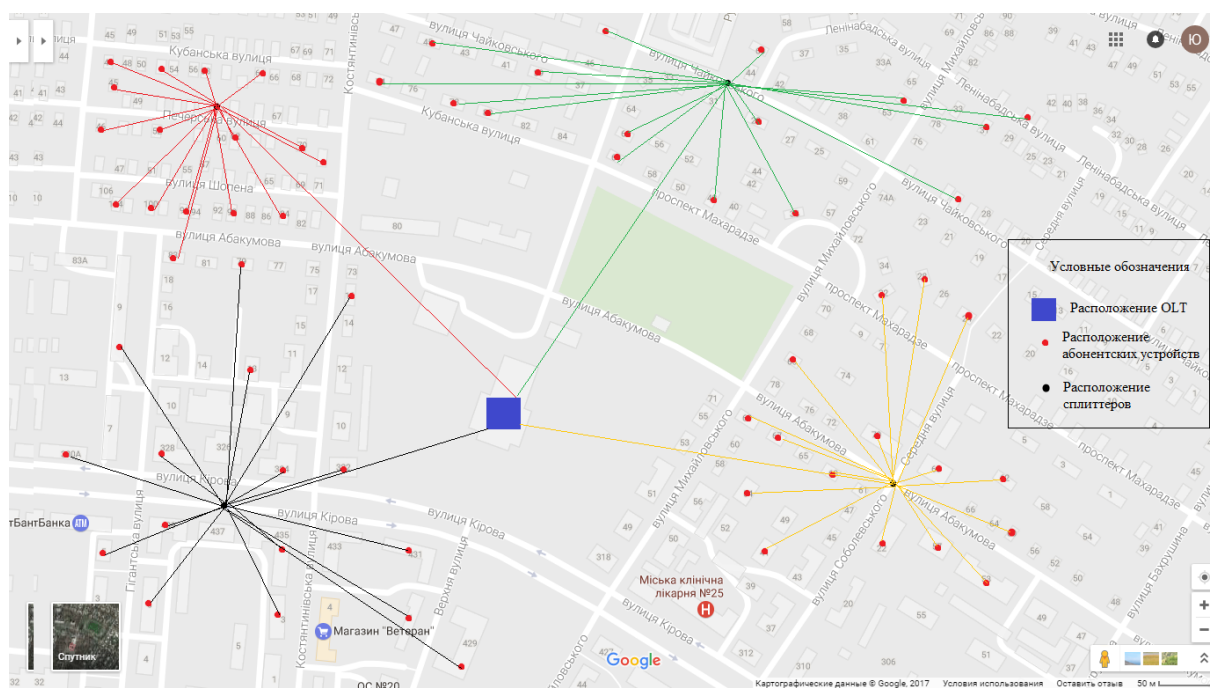


Рисунок 3 – Оптимизация расположений с использованием алгоритма

Перечень ссылок

1. Панченко, Т.В. Генетические алгоритмы / Т. В. Панченко. – Астрахань : «Астраханский университет», 2007. – 88 с.
2. Топологии пассивных GPON-сетей [Электронный ресурс] / Компания Ic-line : сайт. – Режим доступа : <http://ic-line.ua/wiki/topologiya-gepon>. – Загл. с экрана.
3. Фокин, В.Г. Проектирование оптической сети доступа: учебное пособие / В. Г. Фокин. – Новосибирск : ФГОБУ ВПО «СибГУТИ», 2012. – 312 с.
4. Популярно про генетические алгоритмы [Электронный ресурс] // Информационно-познавательный журнал «Виктория». – Львов, 2017. – Режим доступа : http://victoria.lviv.ua/html/oio/html/theme10_rus.htm#10_1. – Загл. с экрана.