

Уменьшение пауз между пакетами восходящего потока данных в пассивной оптической сети доступа к общему ресурсу

Вновь вернёмся к схеме «классической» пассивной оптической сети [1], содержащей ведущий узел, удалённый от него сплиттер и ряд ведомых узлов, соединённых со сплиттером индивидуальными оптическими волокнами. Описание её работы содержится в [1], поэтому далее не приводится. Здесь показан один из её недостатков, связанный с неоправданными потерями времени на границах между таймслотами восходящего (направленного к ведущему узлу) потока данных, и рассмотрен способ его устранения [2].

Особенность такой оптической сети состоит в том, что уровни сигналов, поочерёдно (на уровне таймслотов) поступающих от ведомых узлов в ведущее, могут сильно различаться. Эти различия обусловлены множеством причин, например, разбросом расстояний между ведущим и ведомыми узлами, разным качеством последовательно соединённых оптических волокон и переходных элементов по разным направлениям и т. п.

Как показано на Рис. 1, *а*, сигналы на стыке двух таймслотов, соответствующих данным от некоторых ведомых узлов X и Y, заметно различаются по мощности. Согласно рекомендации ITU-T G.984 (ITU-T — International Telecommunications Union, Telecommunications sector — международный союз электросвязи, сектор телекоммуникаций), различие уровней может в худшем случае достигать 15 дБ. При использовании приёмников с соответствующим динамическим диапазоном такое ограничение гарантирует надёжный приём сигналов, как слабых, так и сильных.

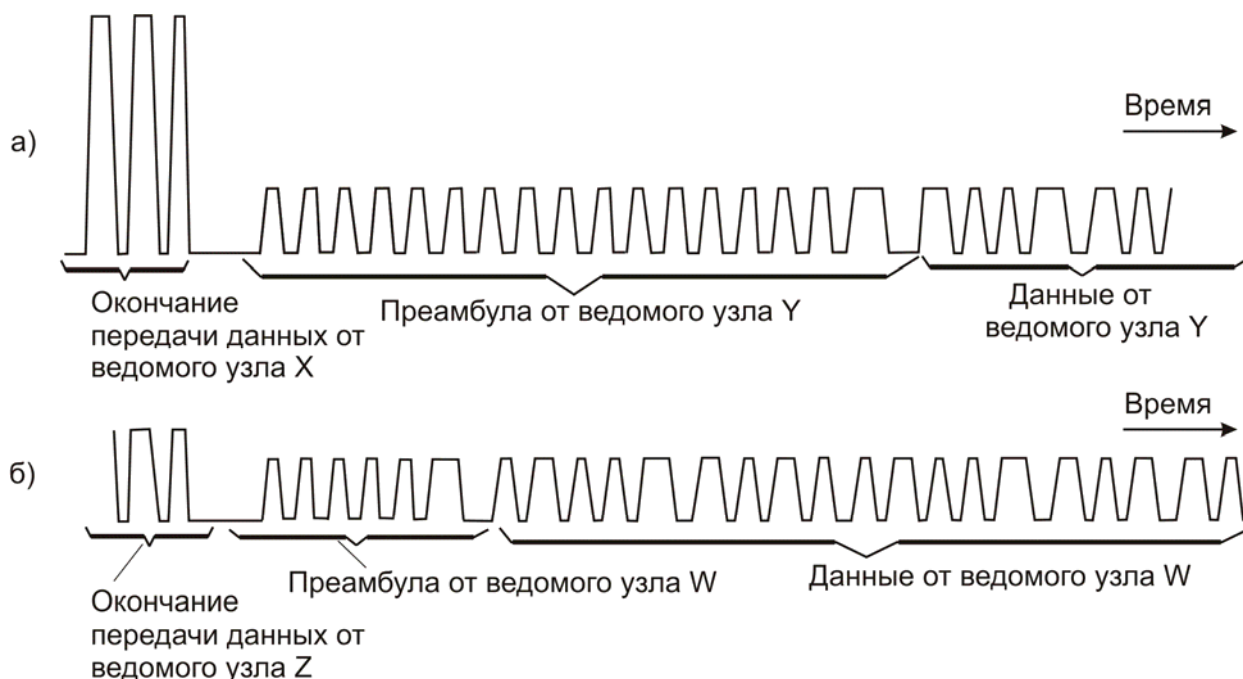


Рис. 1. Временные диаграммы переходных процессов на стыке таймслотов, выделенных двум ведомым узлам при сильном (а) и слабом (б) расхождении уровней сигнала

Ведущий узел в процессе работы сети следит за уровнями сигналов, поступающих из ведомых узлов. Если отношение мощности самого сильного сигнала к мощности самого слабого превышает 15 дБ, то ведущий узел посылает соответствующим ведомым узлам команды уменьшения и (или) увеличения выходной мощности. В результате все возможные перепады уровней попадают в допустимый диапазон.

Чем больше перепад (в ту или иную сторону) мощности сигнала от одного таймслота к другому, тем дольше приёмник ведущего узла адаптируется к изменившейся постоянной составляющей сигнала, а затем к его частоте и фазе. Вид этой зависимости может быть установлен экспериментально и использован при настройке сети, как будет по-

казано далее. Процесс адаптации приёмника должен завершиться до окончания преамбулы очередного таймслота — последовательности импульсов, предшествующей передаче данных.

Если рассчитывать на наихудший случай, то неизбежно возникнут потери времени на стыках между таймслотами, так как на практике далеко не все перепады уровней мощности соответствуют максимальным.

Смысл предлагаемого далее решения [2] состоит в том, чтобы при расчёте длительности преамбулы исходить не из максимально допустимого перепада уровней сигнала (15 дБ), а из его фактического (измеренного) значения: чем меньше перепад, тем длительность преамбулы выбирается ближе к некоторому минимальному значению (сравните Рис. 1, *а* и *б*). В отсутствие перепада длительность преамбулы равна этому минимальному значению; преамбула может вовсе отсутствовать, если оба стыкуемых таймслота принадлежат одному и тому же ведомому узлу. Таким образом, учитывая фактический перепад уровней сигнала, можно исключить потери времени, связанные с неоправданно большой длительностью преамбул, рассчитанных на наихудший случай.

Эта идея воплощается в сервисных программах, которые запускается в ведущем и ведомых узлах при инициализации сети, добавлении или исключении из неё ведомых узлов. При неизменном составе ведомых узлов программы могут активизироваться через определённые интервалы времени, например, ежедневно или еженедельно. В программах предусмотрены действия в соответствии со следующим алгоритмом.

1. Ведущий узел сети измеряет мощность сигналов, поступающих от каждого из ведомых узлов.

2. Ведущий узел определяет, какие два ведомых узла присылают сигналы с максимальной и минимальной мощностью, вычисляет соотношение этих мощностей. Если соотношение превышает 15 дБ, то одному или обоим узлам посылаются команды коррекции уровней выходных сигналов. Эта процедура повторяется до тех пор, пока все входные сигналы от ведомых узлов окажутся в нужном диапазоне.

3. Для заданной последовательности опроса ведомых узлов ведущий узел вычисляет перепады уровня сигнала и зависящие от них длины преамбул на всех границах между таймслотами. Значения длин преамбул рассылаются всем ведомым узлам. Каждый узел в дальнейшем руководствуется полученным значением длины преамбулы при её генерации.

Этот алгоритм можно усовершенствовать добавлением в него процедуры оптимизации последовательности опроса ведомых устройств. Покажем на примере, что такая оптимизация возможна.

Предположим, что сеть содержит ведущий узел и пять ведомых узлов 1 — 5. Предположим также, что мощность сигнала, поступающего из узла 1, составляет 1 дБ относительно некоторого уровня (например, минус 20 дБ). Мощность сигнала, поступающего из узла 2, составляет 2 дБ относительно этого же уровня и т. д.; мощность сигнала, поступающего из узла 5, составляет 5 дБ. Предположим также, что перепад мощности (1, 2, 3, 4 дБ) пропорционален увеличению требуемой длительности преамбулы (в некоторых условных интервалах времени: 1Т, 2Т, 3Т, 4Т).

Покажем, что сумма перепадов уровня сигнала на границах между таймслотами и, следовательно, сумма добавок к минимальной длительности преамбул, зависит от вида последовательности опроса ведомых узлов (Рис. 2).

На Рис. 2, *а* по горизонтальной оси отложена следующая последовательность опроса ведомых узлов: 5, 4, 3, 2, 1, 5, 4, Согласно принятым ранее предположениям, перепады мощности на границах между таймслотами составляют соответственно 1, 1, 1, 1, 4, 1, ... (дБ), т. е. за один полный цикл опроса ведомых узлов сумма перепадов уровней мощности составляет 8 дБ. Это означает, что суммарное увеличение длительностей преамбул составляет 8Т.

Последовательности опроса, приведенные на Рис. 2, *б* — *г*, дают тот же результат — 8Т. Эти и аналогичные последовательности характеризуются наличием одного мини-

мама (максимума) функции. Последовательности опроса, приведенные на Рис. 2, *д* — *з*, и аналогичные им характеризуются наличием двух минимумов (максимумов) функции. Первая последовательность (Рис. 2, *д*) наиболее далека от оптимальной и вносит в общей сложности 12 дополнительных задержек в пять преамбул. Остальные последовательности (Рис. 2, *е* — *з*) и аналогичные им соответствуют 10 дополнительным задержкам.

Сумма перепадов уровней мощности, дБ

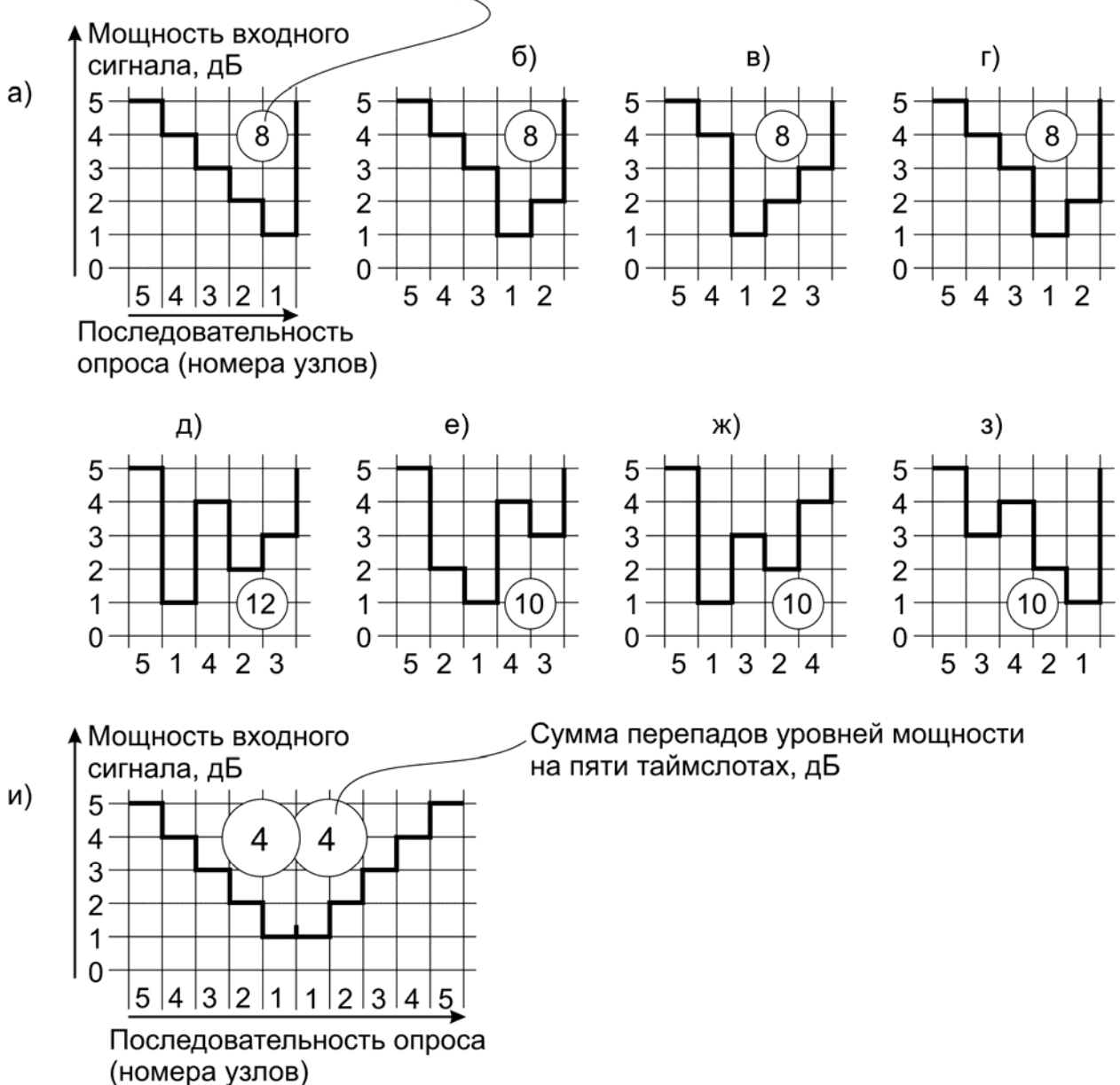


Рис. 2. Перепады уровней сигналов при разных последовательностях опроса ведомых узлов

Если применить последовательность опроса, показанную на Рис. 2, *и*, то сумма перепадов уровней мощности, приведенная к группе из 5 таймслотов (для сопоставимости результата с предыдущими), составит 4 дБ. Полный период повторения последовательности опроса включает 10 таймслотов, причём на стыках между таймслотами, отведенными одному и тому же узлу (1 — 1 и 5 — 5) преамбула вообще не нужна, так как режим синхронизации остаётся неизменным. Иными словами, можно считать, что узлам 1 и 5 выделены таймслоты удвоенной длительности.

Итак, оптимальная последовательность опроса ведомых узлов должна соответствовать приведенной на Рис. 2, *и*, если это не противоречит требованию равномерности темпа передачи данных от каждого ведомого узла в восходящем потоке. При невозможности ис-

пользования такой последовательности опроса можно использовать равномерный темп, но при этом следует руководствоваться диаграммами, приведенными на Рис. 2, *a — c* или аналогичными, на которых функция в каждом цикле имеет только одно максимальное и одно минимальное значение.

Таким образом, можно улучшить приведенный выше алгоритм настройки параметров сети следующим образом. Всякий раз при изменении конфигурации сети, её инициализации, добавлении или исключении ведомых узлов, периодической проверке и в других подобных случаях ведущий узел проверяет оптимальность порядка следования таймслотов восходящего потока данных и при необходимости корректирует его.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шевкопляс Б.В. *Элементы схемотехники оптоволоконных систем. Инженерные решения.* — М.: ИП РадиоСофт, 2011. — 760 с., ил.
2. Пат. США № 7.606.490. В2 <http://www.uspto.gov>.