

УДК 681.128.56

Принцип параллельно-последовательного преобразования для задач телемеханики

И.Л. Виноградова*, А.К. Сагитов

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», ул. К. Маркса, 12, Уфа, 450008, Россия

*E-mail: vil-4@mail.ru

Аннотация. Предложена оптическая схема параллельно-последовательного преобразования, актуального для задач телемеханики. Описан принцип работы схемы, выполнен расчет оптических линий задержки, и расчет оптического бюджета мощности.

Ключевые слова: оптическая схема, параллельно-последовательное преобразование, линия задержки

Analysis of the economic effect of increasing the reliability of information systems of digital agricultural enterprises

I.L. Vinogradova*, A.K. Sagitov

Ufa State Aviation University, 12, Karl Marx Street, Ufa, 450008, Russia

*E-mail: vil-4@mail.ru

Abstract. An optical scheme of parallel-serial conversion, which is relevant for telemechanics problems, is proposed. The principle of operation of the circuit is described, the optical delay lines are calculated, and the optical power budget is calculated.

Keywords: optical design, parallel-serial conversion, delay line

1. Введение

Неотъемлемой частью телемеханических систем являются схемы с параллельно-последовательным преобразованием. Но в ряде задач такое преобразование следует выполнять в оптической форме. Для этого предложено выполнять процесс «сжатия пакетов» (packet compression), что позволит осуществить указанное преобразование по схеме рисунок 1.

2. Предложенная схема параллельно-последовательного преобразования

Изначально лазер генерирует периодический поток узких оптических импульсов (τ сек) с частотой повторения, соответствующей скорости передачи по электронному каналу, рисунок 1.

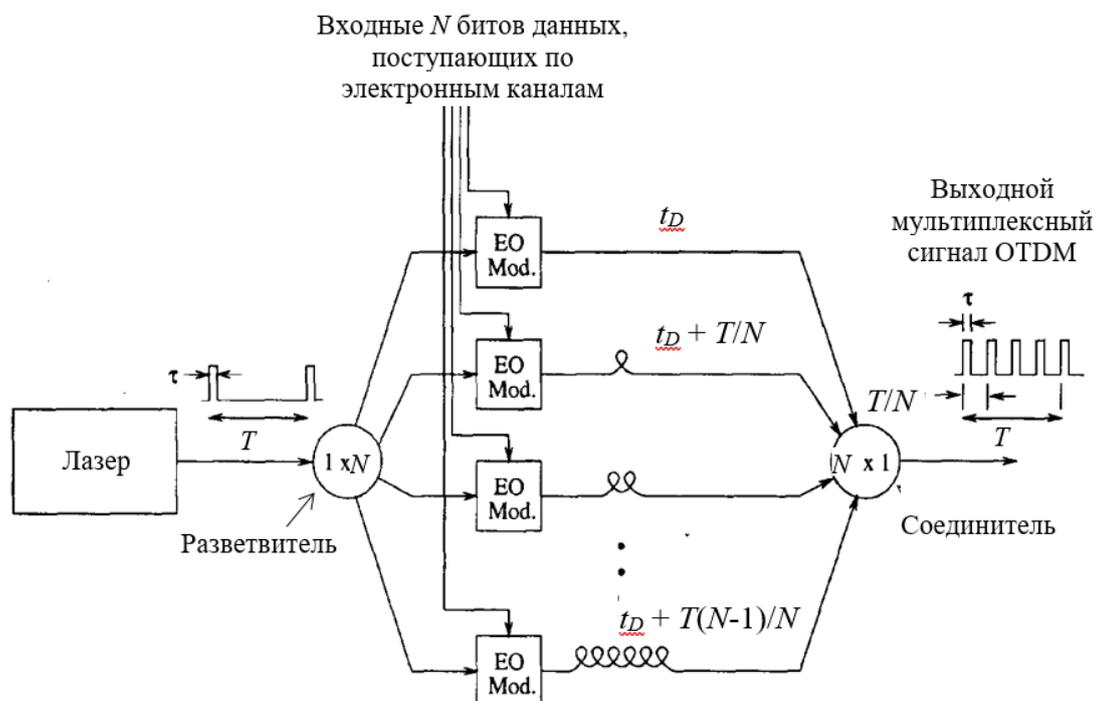


Рисунок 1. Операция параллельно-последовательного преобразования оптических сигналов.

Затем этот поток оптических импульсов проходит три ступени обработки.

1. Разделение потока импульсов на N отдельных каналов, где N – коэффициент сжатия (compression factor), на который, благодаря оптическому мультиплексированию, увеличивается скорость t_D потока по отношению к индивидуальному каналу [1].

Ширина τ оптических импульсов выбирается так, чтобы выполнялось условие: $\tau < T/N$, где T – интервал передачи двоичного разряда в электронном потоке данных, который поступает от абонентского устройства. Последние в общем случае не могут быть все выполнены полностью оптическими.

2. Параллельная модуляция оптических импульсов, поступающих от лазера, информационными битами, поступающими по электронным каналам с использованием модуляторов (обозначено EO Mod). Последние могут представлять собой, например, быстродействующие электрооптические двухпозиционные переключатели (on-off switch).
3. Сигналы с выходов модуляторов направляются через *оптические линии задержки* со временами фиксированной задержки (технический термин – fixed-delay overhead in each channel) от 0 до $t_D + \frac{(N-1)T}{N}$ секунд на соединитель, где объединяются вместе (накладываются друг на друга), что приводит к образованию пассивного мультиплексного OTDM-сигнала со скоростью в $N \cdot \tau$ бит/с.

Отметим, что поскольку $\tau < T/N$, то допустимым форматом выходного оптического сигнала является формат передачи с пассивной паузой (или кодирование с возвратом к нулю или return-to-zero). Если во входном потоке данных битовая скорость составляет 10 Гбит/с ($T \approx 10^{-9}$ с), а длительность импульса от лазера (с учётом параметров распространённых сегодня моделей лазеров) имеет порядок $\tau \approx 5...10$ пс, то данный способ позволяет выполнять преобразование для 1000 каналов в один последовательный сигнал при отсутствии наложения каналов. Требования для оптических линий задержки могут иметь вид: $\tau_0, \tau_0 + 10$ пс, $\tau_0 + 20$ пс, ..., и т.д., где значения τ_0 могут подбираться в процессе настройки схемы.

3. Расчет линий задержки

В нашем случае максимальная длина линии задержки 500 м [2]. Свет распространяется в стекле со следующей скоростью: $v_c = c \cdot \frac{n_1}{n_2}$, где n_1 и n_2 – показатели преломления воздуха и стекла. Отсюда: $v_c = 3 \cdot 10^8 \cdot \frac{1}{1,5} = 2 \cdot 10^8$ м/с.

Рассчитаем, за какое время сигнал пройдет линию задержки:

$$\tau_l = \frac{500 \text{ м}}{2 \cdot 10^8 \text{ м/с}} = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ с.} \quad (1)$$

В качестве источника сигнала был выбран SDH мультиплексор (сигнал STM-1 [3]) работающий со скоростью 155, 520 Мбит/с на длинах волн 1550/1310 нм. Пусть скорость передачи сигнала $v=155$ Мбит/с, тогда частота: $f = 1,55$ МГц = $1,55 \cdot 10^8$ Гц. Значит период сигнала от STM-1 будет равен: $T = \frac{1}{f}$, или $T = \frac{1}{1,55 \cdot 10^8} = 0,645 \cdot 10^{-8}$ с. Далее рассчитаем длительность линии задержки в битах: $\tau_B = \frac{2,5 \cdot 10^{-6} \text{ с}}{0,645 \cdot 10^{-8} \text{ с}} = 388$ бит.

4. Расчет бюджета мощности предложенной схемы

Рассчитаем составляющую релеевского рассеяния на рабочей длине волны: $\bar{\alpha}_{PP} = \frac{6,3 \cdot 10^{11}}{\lambda^4}$, $\bar{\alpha}_{PP} = \frac{6,3 \cdot 10^{11}}{1538^4} = 0,113$ дБ/км. Рассчитаем составляющую потерь инфракрасного поглощения на рабочей длине волны $\bar{\alpha}_{ИКП} = 0,9 \cdot e^{-\frac{0,8}{\lambda}}$, и $\bar{\alpha}_{ИКП} = 0,9 \cdot e^{-\frac{0,8}{1,583}} = 0,535$ дБ/км. Рассчитаем составляющую релеевского рассеяния на длине волны $\lambda_{SE}=1383$ нм: $\alpha_{PP}(\lambda_{SE}) = \frac{6,3 \cdot 10^{11}}{1383^4} = 0,17$ дБ/км. Рассчитаем составляющую потерь инфракрасного поглощения на длине волны $\lambda_{SE}=1383$ нм: $\alpha_{ИКТ}(\lambda_{SE}) = 0,9 \cdot e^{-\frac{0,8}{1,383}} = 0,505$ дБ/км. Рассчитаем составляющую релеевского рассеяния на длине волны $\lambda_{SC}=1550$ нм: $\alpha_{PP}(\lambda_{SC}) = \frac{6,3 \cdot 10^{11}}{1,55^4} = 0,109$ дБ/км. Рассчитаем составляющую потерь инфракрасного поглощения на длине волны $\lambda_{SC}=1550$ нм: $\alpha_{ИКТ}(\lambda_{SC}) = 0,9 \cdot e^{-\frac{0,8}{1,55}} = 0,537$ дБ/км. Рассчитаем параметр $\Delta\alpha_{SE}$: $\Delta\alpha_{SE} = \alpha_{SE} - \alpha_{PP}(\lambda_{SE}) - \alpha_{ИКТ}(\lambda_{SE})$, $\Delta\alpha_{SE} = 1,5 - 0,172 - 0,505 = 0,823$ дБ/км.

Рассчитаем параметр $\Delta\alpha_{SC}$: $\Delta\alpha_{SC} = \alpha_{SC} - \alpha_{PP}(\lambda_{SC}) - \alpha_{ИКТ}(\lambda_{SC})$, $\Delta\alpha_{SC} = 0,24 - 0,109 - 0,537 = -0,406$ дБ/км.

Рассчитаем коэффициент $C_{ОН}$ при поглощении примесью гидроксильной группы ОН- $C_{ОН} C_{ОН} = \Delta\alpha_{SE} \cdot \delta\lambda^2$, $C_{ОН} = 1,5 \cdot (-0,0092) = -0,0138$ мкм² · дБ/км. Рассчитаем составляющую потерь, обусловленную примесями ОН- $\bar{\alpha}_{ОН} = \frac{C_{ОН}}{(\lambda_C - \lambda_{SE})^2 + \delta\lambda^2}$, где λ_C – рабочая длина волны, $\bar{\alpha}_{ОН} = \frac{-0,0138}{(1,538 - 1,383)^2 - 0,0092} = -0,093$ дБ/км.

Рассчитаем коэффициент затухания $\bar{\alpha} = \bar{\alpha}_{PP} + \bar{\alpha}_{ИКП} + \bar{\alpha}_{ОН}$, $\bar{\alpha} = 0,113 + 0,535 - 0,093 = 0,555$ дБ/км. Рассчитаем результирующий коэффициент затухания $\alpha_{\text{макс}} = \bar{\alpha} + 0,05$, $\alpha_{\text{макс}} = 0,555 + 0,05 = 0,605$ дБ/км. Значит, при длине линии задержки 500 м потери за счет затухания будут равны 0,3025 дБ/км.

5. Выводы

В ходе выполнения исследований была спроектирована активная объединительная схема, которая может быть реализована в виде объединительной панели, построена структурная схема устройства. Выполнен расчет линии задержки и коэффициента затухания оптического волокна объединительной панели.

Список литературы

1. Султанов А.Х. Построение и эксплуатация полностью оптических сетей. / А. Х. Султанов, И. Л. Виноградова. – Уфа: УГАТУ, 2008. – 136 с.
2. Информатика, информационные технологии [Электронный ресурс]. URL: <http://csaa.ru/> (Дата обращения 24.11.21);
3. Аппаратные средства персональных компьютеров [Электронный ресурс]. URL: <http://www.about-pc.narod.ru/> (Дата обращения 25.11.21);
4. Русская телефонная компания [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rus-telcom.ru/> (Дата обращения 26.11.21);