

**Всероссийское СМИ**

**«Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»**

Свидетельство о регистрации ЭЛ №ФС 77-62011 от 05.06.2015 г.

(выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

Сайт: [akademnova.ru](http://akademnova.ru)

e-mail: [akademnova@mail.ru](mailto:akademnova@mail.ru)

*Поршнев С.В., Хурматов Р.И., Сухоев А.П. Использование ЦОС в современных системах волоконно-оптической связи // Материалы по итогам VI –ой Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы развития современного образования: теория и практика», 01 – 10 октября 2018 г. – 0,2 п. л. – URL: [http://akademnova.ru/publications\\_on\\_the\\_results\\_of\\_the\\_conferences](http://akademnova.ru/publications_on_the_results_of_the_conferences)*

### **СЕКЦИЯ: ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**Поршнев С.В., Хурматов Р.И., Сухоев А.П.  
УрТИСИ СибГУТИ  
г. Екатеринбург, Свердловская область,  
Российская Федерация**

#### **Использование ЦОС в современных системах волоконно-оптической связи**

Рассмотрены вопросы актуальности использования цифровой обработки сигналов в современных системах волоконно-оптической связи, использования мультиплексирования с пространственным разделением каналов, компенсации нелинейных эффектов оптического волокна.

Скорости коммерческих линейных интерфейсов в оптических транспортных системах, начиная с середины 80-х годов, неуклонно увеличивались примерно на 20% в год. Вследствие этих темпов объем передачи данных по одному волокну в середине 90-х годов составлял уже порядка десятков гигабит, что потребовало разработки новых технологий, повышающих общую пропускную способность сетей. Решением проблемы стали системы WDM. В настоящее время сетевой трафик также растет стремительными темпами, ежегодно он увеличивается в пределах от 30% до 90% в зависимости от вида трафика [1].

Коммерчески развернутые системы WDM в 2010 году поддерживали ~100 длинноволновых каналов со скоростью 100 Гбит/с каждый, для ~10 Тбит/с совокупной емкости WDM на волокно. При скорости роста трафика 40% мы должны ожидать, что потребность в коммерческих системах, поддерживающих (супер)каналы 10 Тбит/с с пропускной способностью 1 Пбит/с на волокно, возрастет примерно к 2024 году.

Емкость современных волоконно-оптических транспортных сетей может достигать порядка десятков Тбит, что стало возможным лишь только с появлением когерентных систем передачи и цифровой обработке сигналов (ЦОС). Действительно, производительность высокочастотных систем оптической связи может быть значительно увеличена за счет уменьшения затухания волокон, хроматической дисперсии (CD), поляризационной модовой дисперсии (PMD), лазерного фазового шума (PN) и нелинейностей Керра. С использованием когерентного детектирования и методов ЦОС можно осуществлять компенсацию хроматическую дисперсии, поляризационной модовой дисперсии, фазового шума и других эффектов, приводящих к искажению сигналов в процессе передачи.

По мере того, как ЦОС становится основной технологией для основных и крупно-городских сетей, она стимулирует исследования ЦОС для новых областей, включая сети доступа и центры обработки данных, для которых стоимость и энергопотребление приемопередатчиков имеют решающее значение.

Ключевой задачей является совместное проектирование ЦОС и фотоники в оптических приемопередатчиках для повышения производительности, относительно сложности, стоимости и потребления энергии. В недорогих приложениях, таких как сети доступа, ЦОС может

ослабить требования к фотонным компонентам, чтобы снизить общую стоимость. В отличие от критически важных применений, таких как подводные системы, задача заключается в разработке ЦОС, которая может максимизировать пропускную способность соединения «точка-точка».

С точки зрения выявленных проблем [2] совместная разработка фотоники и ЦОС в оптических приемопередатчиках требует алгоритмов и архитектур приемопередатчиков, которые позволяют приближать теоретическую емкость оптического канала. Это включает в себя разработку надежных алгоритмов для выравнивания и синхронизации, которые могут восстанавливать данные из шумных, рассеянных и нелинейно искаженных сигналов, интегрируя ЦОС с FEC, чтобы приближаться к оптимальному обнаружению. В применениях, где стоимость является критической проблемой, и оптимальное обнаружение не требуется, ЦОС можно использовать для ослабления требований к фотонике, например, в сети доступа, ЦОС может позволить использовать неидеальные компоненты [3] или можно упростить приемник на абонентской стороне [4].

Поскольку более сложные и комплексные алгоритмы рассматриваются, например, для нелинейного смягчения, снижение энергопотребления для технологии CMOS представляет собой ряд проблем [2]. Эта задача включает в себя оптимизацию алгоритма, точность машины и степень параллелизма для минимизации энергопотребления, причем естественная эволюция заключается в динамическом изменении энергопотребления и производительности.

В последнее десятилетие ЦОС стала основной технологией для волоконно-оптических систем связи. Главным преимуществом ЦОС по сравнению с аналоговыми альтернативами может стать уменьшение общей

стоимости оптической передачи, при этом совместная разработка технологии ЦОС и фотоники будет особенно плодотворной.

Таким образом, главной задачей для решения проблемы максимизации доступной емкости на волокно является совместное проектирование более гибких способов использования оптических спектральных ресурсов образующихся из нескольких волокон или мультиплексирования с пространственным разделением(SDM) и цифровой обработки сигналов.

Также нелинейные эффекты волокон доставляют не мало проблем в когерентных системах передачи, которые ограничивают достижимое расстояние передачи [1]. Следовательно, исследуются методы цифровой обработки сигналов для компенсации или уменьшения нелинейных эффектов волокон, а также для использования волокон с нелинейными эффектами. Ключевыми отличительными особенностями этих методов являются их сложность и их возможности для решения внутриканальных и / или межканальных нелинейных эффектов. Важной задачей является достижение полезных улучшений в производительности системы с приемлемыми уровнями сложности вычислений и реализации. [5]

Однако, методы для снижения воздействия нелинейных эффектов волокон на производительность системы включают те, которые компенсируют искажение сигнала, вызванное нелинейными эффектами, и те, которые уменьшают искажение, делая распространение сигнала более терпимым к нелинейным эффектам волокон. Они включают решения нелинейного уравнения Шредингера (CNLSE), одноканального и многоканального цифрового обратного распространения ошибки, формирование импульсов и усовершенствованные форматы модуляции. Кроме того, принципиально иной подход использует нелинейность волокон путем кодирования информации в

нелинейном спектре Фурье, тем самым повышая перспективу замены традиционного плотного мультиплексирования с разделением по длине волны с нелинейным мультиплексированием с частотным разделением каналов. [5]

В последнее десятилетие ЦОС стала ключевой технологией для волоконно-оптических систем связи. Поскольку оптическая сеть становится как эластичной, так и интеллектуальной, исследование фундаментального ЦОС будет иметь важное значение. Тем не менее, ключевым преимуществом ЦОС по сравнению с аналоговыми альтернативами может быть улучшение общей стоимости оптической передачи, при этом совместная разработка технологии ЦОС и фотоники будет особенно плодотворной. Имея это в виду, можно ожидать, что в течение следующего десятилетия ЦОС станет стандартом для сетей доступа и центров обработки данных

Решение проблемы нехватки емкостей оптических сетей имеет огромное общественное значение, и связанные с этим проблемы огромны. В то время как путь перехода к интегрированным параллельным системам очевиден, создание SDM-систем с постоянным сокращением затрат и энергии на бит остается задачей на ближайшее десятилетие.

Мощный уровень и маленькая эффективная область волокна, вызывают нелинейные эффекты. С увеличением уровня мощности и числа оптических каналов, нелинейные эффекты являются проблемным фактором в системах передачи. В волокне длина взаимодействия ограничена тем, что интенсивность света уменьшается из-за потерь в волокне, и ее вклад в суммарный нелинейный эффект существенен только на начальном участке, поэтому для увеличения расстояния передачи необходимо компенсировать нелинейности волокон. Данная проблема так же не может остаться без внимания, поскольку помимо решения проблемы нехватки емкости

**Всероссийское СМИ**

**«Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»**

Свидетельство о регистрации Эл №ФС 77-62011 от 05.06.2015 г.

(выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

Сайт: [akademnova.ru](http://akademnova.ru)

e-mail: [akademnova@mail.ru](mailto:akademnova@mail.ru)

оптических сетей, необходимо решать проблему увеличения расстояния передачи от источника к приемнику.

**Список использованной литературы:**

1. Winzer P. J. 2014 Spatial multiplexing in fiber optics: the 10<sup>×</sup> scaling of metro/core capacities Bell Labs Tech. J. 19 22–30.
2. Erik Agrell1, Magnus Karlsson, A R Chraplyvy, 2016, Roadmap of optical communications. Journal of Optics.
3. Lavery D. et al 2013 Digital coherent receivers for long-reach optical access networks J. Lightw. Technol. 31 609–20
4. Erkilinc M. S. et al 2015 Polarization-insensitive single balanced photodiode coherent receiver for passive optical networks ECOC paper Th.1.3.3
5. SPIE, Xu T. et al. Variable-step-size LMS adaptive filter for digital chromatic dispersion compensation in PDM-QPSK coherent transmission system, In: International Conference on Optical Instruments and Technology, Shanghai, China; 2009. p. 7506, 75062I.

*Опубликовано: 01.10.2018 г.*

© Академия педагогических идей «Новация», 2018

© Поршнев С.В., Хурматов Р.И., Сухоев А.П., 2018