

– создание сложных, необычных форм, которые невозможно возвести ручным способом.

Современные технологии требуют совершенствования автоматизации и экономии трудовых ресурсов. Поэтому успешные строительные компании повсеместно внедряют в свой бизнес различные модификации роботов, которые фактически оптимизируют любые процессы без участия человека. Это становится возможным по мере совершенствования строительной техники, обусловленного использованием новейших достижений в области электроники. Однако строительных машин, в управлении которых не принимал бы участия человек, пока нет. Тем не менее роботизация успешно вытесняет тяжелый физический труд из основных и вспомогательных процессов в строительстве, позволяет существенно сократить сроки и снизить стоимость.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Строительные роботы: технологии будущего уже сегодня [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://vektor.us.ru/blog/stroitelnyj-robot.html>. – Дата доступа : 30.03.2023.

2 Робототехника в строительстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://top3dshop.ru/blog/robototekhnika-v-stroitelstve.html>. – Дата доступа : 30.03.2023.

3 Обзор 3D принтера M3 DUO (фото, видео, выводы) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://mplast.by/novosti/2016-12-06-obzor-3d-printera-m3-duo-foto-video-vyvodyi/>. – Дата доступа : 25.04.2023.

4 Робот HRP-5P в строительстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://mentamore.com/robototekhnika/robot-hrp-5p-v-stroitelstve.html>. – Дата доступа : 30.03.2023.

Получено 28.04.2023

---

ISSN 2227-1155. Сборник студенческих научных работ.  
Вып. 28. Гомель, 2023

---

УДК 621.354.3

*И. В. БОГДАНОВИЧ* (ЭС-41)

Научный руководитель – магистр, ст. преп. *С. В. КИСЕЛЁВА*

### ТЕХНОЛОГИЯ УПЛОТНЕННОГО ВОЛНОВОГО МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЯ

Дано понятие технологии уплотненного волнового мультиплексирования, рассмотрен принцип работы, а также выявлены преимущества использования данной технологии на железной дороге.

Технология уплотненного волнового мультиплексирования (Dense Wave Division Multiplexing, DWDM) предназначена для создания оптических магистралей нового поколения, работающих на мультигигабитных и терабитных скоростях. Такой революционный скачок производительности обеспечивает принципиально иной, нежели у SDH, метод мультиплексирования – информация в оптическом волокне передается одновременно большим количеством световых волн – ламбд. Термин возник в связи с традиционным для физики обозначением длины волны  $\lambda$ .

Сети DWDM работают по принципу коммутации каналов, при этом каждая световая волна представляет собой отдельный спектральный канал и несет собственную информацию. Оборудование DWDM не занимается непосредственно проблемами передачи данных на каждой волне, т. е. способом кодирования информации и протоколом ее передачи. Его основными функциями являются операции мультиплексирования и демultipлексирования, а именно – объединение различных волн в одном световом пучке и выделение информации каждого спектрального канала из общего сигнала.

Технология DWDM является революционной не только потому, что в десятки раз повышает верхний предел скорости передачи данных по оптическому волокну, но и потому, что открывает новую эру в технике мультиплексирования и коммутации, выполняя эти операции над световыми сигналами без преобразования их в электрическую форму. Во всех других технологиях, в которых световые сигналы также используются для передачи информации по оптическим волокнам, например, SDH и Gigabit Ethernet, световые сигналы обязательно преобразуются в электрические и только потом их можно мультиплексировать и коммутировать [2].

Принцип передачи сигналов нескольких передатчиков по одному волокну с использованием DWDM отражен на рисунке 1. Сигналы разных длин волн, генерируемые несколькими оптическими передатчиками, объединяются мультиплексором в многоканальный составной оптический сигнал, который далее распространяется по оптическому волокну. При необходимости используются транспондеры, которые переносят сигнал передатчика на нужную длину волны. Объединение оптических сигналов происходит в пассивных устройствах. Потому на выходе мультиплексора устанавливается оптический усилитель, чтобы поднять мощность передатчика до нужного уровня. При больших длинах линий связи могут дополнительно устанавливаться промежуточные усилители.

На приемной стороне установлен демultipлексор, который принимает составной сигнал, выделяет из него исходные каналы разных длин волн и направляет их на соответствующие приемники. Возможна также установка мультиплексоров ввода-вывода в промежуточных узлах. В технологии DWDM повышение пропускной способности волоконно-оптической линии связи происходит не путем увеличения скорости передачи в едином состав-

ном канале, а путем увеличения числа каналов (длин волн), применяемых в системах передачи.

Для того чтобы оборудование и компоненты систем DWDM были взаимозаменяемы и могли взаимодействовать между собой, необходимо использовать стандартный набор частот, на которых ведется передача сигналов.

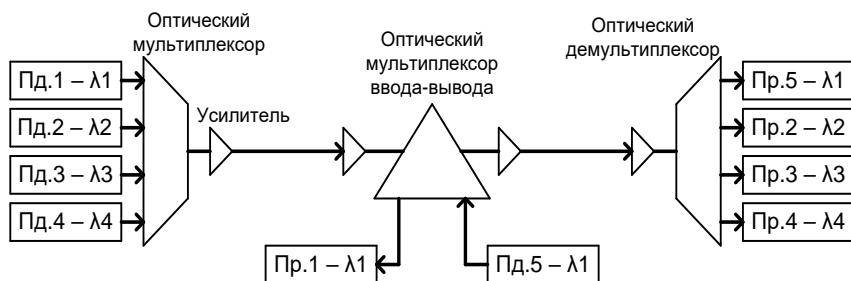


Рисунок 1 – Типовая транспортная сеть на основе технологии DWDM

Стандартные частоты располагаются выше и ниже этой частоты с частотным интервалом в 50 ГГц. Стандартные длины волн расположены в оптических диапазонах «С» и «L» – по 80 в каждом. Помимо этого, каждый диапазон разделен на два поддиапазона – синий и красный с более высокими и более низкими частотами соответственно. Таким образом, стандартная наибольшая скорость передачи по каналу в этом случае должна быть не более 10 Гбит/с (STM-64). Можно использовать набор частот с шагом в 100 ГГц или 200 ГГц, но с увеличением разноса между частотами уменьшается возможное количество каналов.

Технология спектрального уплотнения имеет огромные преимущества. Рост пропускной способности при использовании технологии DWDM осуществляется без дорогостоящей замены оптического кабеля. Достаточно только лишь установить соответствующее оборудование. Притом, при достаточно хорошем качестве линии связи, данная технология позволяет постепенно наращивать пропускную способность транспортной сети путем введения дополнительных оптических несущих. Тем самым обеспечивается громадный запас пропускной способности сети при умелом ее планировании с учетом тенденций роста объемов передаваемого трафика. Можно увеличить жизненный цикл оборудования, таким образом получив дополнительную прибыль от ее эксплуатации [1].

Применение технологии DWDM позволяет операторам связи использовать одну волоконно-оптическую линию связи для организации нескольких «виртуальных волокон». Целесообразно использовать одно волокно вместо нескольких. Так как не используются лишние оптические усилители, проще

проводить мониторинг и обслуживание сети, что актуально для белорусской железной дороги. Технология DWDM получает все большее распространение при построении и модернизации волоконно-оптических линий связи большой пропускной способности.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Методы уплотнения волоконно-оптических линий передачи [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://studfile.net/preview/5450849/page:29/>. – Дата доступа : 21.05.2023.

2 Технология DWDM принцип работы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://principraboty.ru/tehnologiya-dwdm-princip-raboty/>. – Дата доступа : 21.05.2023.

Получено 20.05.2023

---

ISSN 2227-1155. Сборник студенческих научных работ.  
Вып. 28. Гомель, 2023

---

УДК 621.354.3

*И. В. БОГДАНОВИЧ* (ЭС-41)

Научные руководитель – магистр, ст. преп. *С. В. КИСЕЛЁВА*

### ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ MPLS-IP

Дано понятие технологии передачи данных MPLS-IP, рассмотрен принцип работы, а также выявлены преимущества использования данной технологии на железной дороге.

Традиционно главными требованиями, предъявляемыми к технологии магистральной сети, были высокая пропускная способность, малое значение задержки и хорошая масштабируемость. Однако современное состояние рынка диктует новые правила игры. Теперь поставщику услуг недостаточно просто предоставлять доступ к своей IP-магистрале. Изменившиеся потребности пользователей включают в себя и доступ к интегрированным сервисам сети, и организацию виртуальных частных сетей (VPN), и ряд других интеллектуальных услуг.

Для решения возникающих задач и разрабатывается архитектура MPLS.

Это новая архитектура построения магистральных сетей, которая значительно расширяет имеющиеся перспективы масштабирования, повышает скорость обработки трафика и предоставляет огромные возможности для организации дополнительных услуг.