

УДК 681.325

Г.А. Кучук<sup>1</sup>, А.А. Болубаш<sup>1</sup>, Я.Ю. Стасева<sup>2</sup><sup>1</sup>Харьковский университет Воздушных Сил им. Ивана Кожедуба, Украина<sup>2</sup>Государственная инспекция связи, Харьков

## ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНЫХ СИСТЕМ В КОРПОРАТИВНЫХ СЕГМЕНТАХ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ

*В статье проведен анализ возможностей лазерных систем, их достоинств и недостатков. Приведены основные характеристики лазерных приемопередатчиков, определены их возможные области применения и способы использования. Разработана математическая модель процесса распределения мультисервисного сетевого трафика в лазерном канале передач данных, который является мостом между корпоративными сегментами мультисервисной сети.*

**Ключевые слова:** лазерная система, сетевой трафик, мост, мультисервисная сеть.

### Введение

**Постановка проблемы.** Корпоративные сети передачи речи и данных последние несколько лет развиваются чрезвычайно интенсивно, поэтому обеспечение надежной ближней связи между главным офисом и расположенными неподалеку подразделениями, например между корпусами в университетском или военном городке, приобретает огромное значение. Кроме того, потребность в передаче пакетов данных и/или голосовых сообщений по общему каналу связи с высокой скоростью и без потери качества выходит на первый план. Немаловажный фактор при этом – расходы на приобретение, монтаж и обслуживание такого сетевого оборудования.

Находящие широкое применение и хорошо отработанные решения для организации ближней связи с использованием медных или волоконно-оптических линий не всегда удобны, главным образом, из-за больших затрат средств и времени на прокладку новых коммуникаций, затрат на обслуживание и обеспечение безопасности, а также из-за высокой арендной платы за использование уже существующих коммуникаций. Общеизвестно, что из-за своей перегруженности старые коммуникации уже не справляются с потоками информации. Поэтому в городах, где высока плотность подземных и наземных коммуникаций, а также в военных городках, размещенных на больших территориях в слабо освоенных районах с неблагоприятными условиями для ведения земляных работ или низкой плотностью застройки, разумнее использовать беспроводное

оборудование, позволяющее обойти указанные выше трудности.

В настоящее время для беспроводного обмена информацией широко применяется радио (радиорелейные линии и радиомодемы). Однако проблемы искажения или даже потери сигнала из-за засоренности радиоэфира регулярно возникают практически у всех пользователей. Даже такие появившиеся в последнее время технологии, как быстрое изменение радиочастоты и цифровое кодирование путем свертки сигнала с использованием псевдослучайной шумовой последовательности, полностью не решают данных проблем. В последнее время интенсивно развивается еще одна возможность организации беспроводной связи – лазерная связь, имеющая явное преимущество перед радиосвязью, когда дело касается организации беспроводных мостов ("точка-точка") на расстояние до 1200 метров. Такая связь обладает более высокой пропускной способностью, большей помехозащищенностью и не требует получения разрешения на пользование радиочастотой [1 – 7]. В то же время цены на оборудование лазерной связи вполне сопоставимы с ценами на радио.

**Цель статьи:** анализ возможностей лазерных систем, их достоинств, недостатков и предполагаемых областей применения, в частности при организации мостов между корпоративными сегментами мультисервисной сети, а также разработка математической модели процесса распределения мультисервисного сетевого трафика в лазерном канале – сетевом мосте.

## 1. Основные характеристики лазерных передатчиков

Существующие в настоящее время коммерческие лазеры имеют выходную мощность сигнала менее 100 мВт и не требуют специального технического лицензирования для безопасной работы и управления. Они поддерживают высокую скорость передачи данных на расстояние до 1200 м, однако их пропускная способность зависит от расстояния: чем выше пропускная способность, тем меньше расстояние передачи. Так, например, передача данных с пропускной способностью 34-52 Мбит/с возможна на расстояние до 1200 м, а с пропускной способностью 100-155 Мбит/с - на расстояние до 1000 м. Если же использовать военные лазеры с выходной мощностью в 10 Вт, то информацию можно передавать на расстояние до нескольких километров. Однако чем выше

мощность излучателя, тем меньше срок службы лазера. Поэтому в настоящее время, в основном, применяются коммерческие лазеры (чаще всего диодные лазеры с гетероструктурой на основе соединения GaAlAs и длиной волны 820 нм) с выходной мощностью до 50 мВт. При передаче информации на расстояние до 1200 м такие лазеры обеспечивают пропускную способность до 155 Мбит/с с частотой появления ошибок по битам порядка  $1E-9$  и поддерживают стандарты E1, E3, OC1, OC3 и др. Ниже приводится сводная таблица основных характеристик для упомянутых нами изделий (табл. 1).

Как видно из таблицы, лазерные передающие системы - это очень перспективные устройства для обеспечения связи. Они поддерживают практически все существующие протоколы и работают в различных климатических условиях.

Таблица 1

Лазерные передающие системы

Изделие	OmniBeam 4000	OmniBeam 2000	LOO	Freespace	Freespace Turbo	TTI-400LE 10	TTI-400LE 100
Пропускная способность	34-155 Мбит/с	10-20 Мбит/с	10-20 Мбит/с	10 Мбит/с	до 155 Мбит/с	10 Мбит/с	до 155 Мбит/с
Расстояние (макс. гран.)	до 1200 м	до 1200 м	до 1000 м	до 450 м	до 1200 м	до 300 м	до 600 м
Граница замирания	15 дБ	15 дБ	15 дБ	17 дБ мин., 20 дБ номинально	17 дБ мин., 20 дБ номинально	17 дБ мин., 20 дБ номинально	17 дБ мин., 20 дБ номинально
Мощность излучения	20 мВт	20 мВт	20 мВт	20 мВт	40 мВт	20 мВт	40 мВт
Чувствительность приемника	1 мкВт	0,7 мкВт	0,7 мкВт	1 мкВт	2 мкВт	1 мкВт	2 мкВт
Достоверность передачи	99,9%	99,9%	99,9%	99,9%	99,9%	99,9%	99,9%
Частота появления ошибок по битам	$1E-9$	$1E-9$	$1E-9$	$1E-10$	$1E-10$	$1E-9$	$1E-9$
Исполнение корпуса	всепогод.	всепогод.	всепогод.	всепогод.	всепогод.	всепогод.	всепогод.
Темпер. диапазон	от $-30^0$ до $+50^0$	от $-30^0$ до $+50^0$	от $-30^0$ до $+50^0$	от $-30^0$ до $+50^0$	от $-30^0$ до $+50^0$	от $-30^0$ до $+50^0$	от $-30^0$ до $+50^0$
Поддерживаемые протоколы	E3 34 Мбит/с; SONET/ OC1 или ATM 51 Мбит/с; Fast Ethernet 802.3u 100 Мбит/с; FDDI 125 Мбит/с; SONET/ OC3 или ATM 155 Мбит/с	Ethernet 10 Мбит/с; Token Ring 4/16 Мбит/с; LAN & E1 Voice; Simplex или Duplex Video; RS232C/422A	2 Мбит/с E1; Ethernet 10 Мбит/с; Token Ring 4/16 Мбит/с	Token Ring 4/16 Мбит/с; Ethernet, полнодуплексный Ethernet 10 Мбит/с	FDDI 100 Мбит/с; Fast Ethernet в полу- или полнодуплексном режиме 100 Мбит/с; OC3/ATM 155 Мбит/с	Token Ring 4/16 Мбит/с; Ethernet, полнодуплексный Ethernet 10 Мбит/с	FDDI 100 Мбит/с; Fast Ethernet в полу- или полнодуплексном режиме 100 Мбит/с; ATM 155 Мбит/с

## 2. Возможные области применения и способы использования

Использование лазерной связи наиболее привлекательно в крупных городах с высокой плотностью застройки. Наиболее типично применение лазерной связи для создания беспроводных мостов между зданиями, разделенными улицами, площадями, железной дорогой, рекой, промышленной зоной и т.п.

В первую очередь, это комплексы, занимающие несколько зданий (военные и университетские городки, военные объекты, склады).

Таким образом, лазерная связь может быть использована для:

- 1) создания основного и/или резервного канала связи;
- 2) объединения нескольких локальных сетей;
- 3) соединения с опорной АТС или выноса абонентской емкости в телефонии (решение проблемы "последней мили");
- 4) систем видеонаблюдения и охранного телевидения;
- 5) обслуживания мини-сотовой связи;
- 6) аварийной связи, когда необходимо быстрое развертывание.

Существующие в настоящее время лазерные системы имеют огромный набор интерфейсов, обеспечивающих сопряжение с учрежденческими АТС, мостами, коммутаторами, маршрутизаторами и повторителями. Кроме этого, они могут быть сопряжены с другими приемопередатчиками, например каналами кабельного телевидения. В зависимости от выбранной конфигурации информационный поток доставляется к лазерному передатчику по проводной линии с соответствующими характеристиками или по волоконно-оптическому кабелю, если в состав сопрягаемых устройств входит встроенный оптический конвертер (модем).

Высокоскоростная лазерная связь обеспечивает передачу информации с пропускной способностью от 34 до 155 Мбит/с. Данные от локальной сети поступают на лазерный передатчик через коммутатор, причем передача данных между коммутатором, установленным в помещении, и лазером, установленным на крыше или стене здания, ведется по волоконно-оптическому кабелю.

Лазерная связь поддерживает передачу следующих потоков данных:

- 1) 34 Мбит/с – Е3;
- 2) 51 Мбит/с – SONET1, OC1 или ATM52;
- 3) 100 Мбит/с – Fast Ethernet, IEEE 802.3u;
- 4) 25 Мбит/с – FDDI;
- 5) 155 Мбит/с – SONET3, OC3 или ATM.

В случае передачи данных внутри локальных сетей различной топологии идеология построения лазерной связи оказывается такой же, как и в пре-

дыдущем случае, а пропускная способность ограничена только скоростью передачи данных внутри сети. Самый распространенный пример из этой области применения – использование лазерной связи для объединения двух сегментов сети, находящихся в разных зданиях. Поддерживаются следующие интерфейсы:

- 1) Ethernet – 10 Мбит/с, IEEE 802.3;
- 2) Token Ring – 4 и 16 Мбит/с, IEEE 802.5.

Передача речи и данных по общему каналу может осуществляться с помощью оборудования лазерной связи с комбинированным интерфейсом, одновременно обеспечивающим обмен информацией между двумя сегментами локальной сети и передачу 30 каналов тональной частоты в групповом потоке ИКМ30 (Е1, 2,048 Мбит/с, G.703) между двумя УАТС, а также для организации вынесенной абонентской емкости.

Передача групповых потоков ИКМ30/ИКМ480 (Е1/Е3) может быть использована для организации связи между ГТС и УАТС или двумя УАТС, между УАТС и вынесенной абонентской емкостью, как каналобразующее оборудование при уплотнении абонентских линий или для других целей.

Передача видеоизображения может быть весьма кстати и в системах замкнутого телевидения, например, когда необходимо получить сигнал от удаленной телекамеры систем производственного или охранного видеонаблюдения.

Используемое для этих целей оборудование обеспечивает не только одно- или двустороннюю передачу видеоизображения, но и имеет дополнительный интерфейс для передачи управляющих данных или звука:

- 1) RS232C (до 19,2 Кбит/с);
- 2) RS422A (до 2,048 Мбит/с);
- 3) RS423 (до 2,048 Мбит/с).

В настоящее время во всем мире эксплуатируется несколько тысяч коммерческих лазерных систем, качество исполнения которых (а стало быть и популярность) растет день ото дня. С увеличением пропускной способности и расстояния количество их будет возрастать и впредь. Лазерные передающие системы совместимы практически со всеми существующими сетевыми интерфейсами, легки в эксплуатации и отличаются большим диапазоном настройки. Такие системы – лучшее решение проблемы ближней связи между зданиями, находящимися в поле прямой видимости.

Подробнее рассмотрим одно из перспективных применений лазерной связи – обеспечение межсегментного сетевого моста между двумя отдельными корпоративными сегментами мультисервисной сети, расположенными друг от друга на расстоянии порядка 1 км и активно обменивающимися информацией с использованием различных сетевых сервисов, используя предложения, рассмотренные в [8–12].

### 3. Математическая модель процесса распределения мультисервисного сетевого трафика в лазерном канале – межсегментном мосте

Рассмотрим мультисервисный сетевой трафик, включающий  $I$  отдельных сервисов (ОС), и проходящий по лазерному каналу передачи данных (ЛКПД), соединяющему два корпоративных сегмента сети.

Пусть  $i$ -й сервис ( $i = \overline{1, I}$ ) характеризуется случайным процессом  $V_i t$ , определяющим семейство случайных функций скорости передачи информации конкретных сеансов данного сервиса. Данный стохастический процесс, рассматриваемый в течении некоторого временного интервала  $0, T_i$ , можно охарактеризовать следующими ключевыми параметрами [8, 12]:

$V_i^{\max} = \max_{t \in 0, T_i} V_i t$  – пиковой скоростью передачи  $i$ -го ОС;

$V_i^{cp} = \int_0^{T_i} V_i t dt$  – средней скоростью передачи (математическим ожиданием)  $i$ -го ОС;

$k_i^p = \frac{V_i^{\max}}{V_i^{cp}}$  – коэффициентом пачечности

[9], определяющим соотношение между величинами пиковой и средней скорости;

$T_i^{\max}$  – длительностью пиковой нагрузки.

Пусть объем информации, переданной за время  $t \in 0, T_i$ , характеризуется случайной величиной  $W_i t$  с максимально возможным значением

$W_i^{\max} = V_i^{\max} \cdot T_i^{\max}$ , т.е.  $V_i t = \frac{dW_i t}{dt}$ . Рассмотрим вероятность достижения пиковой скорости передачи трафика  $i$ -го ОС на рассматриваемом временном интервале  $0, T_i$

$$p_i = P V_i t = V_i^{\max} .$$

Данная вероятность характеризует не только скорость передачи информации, но и передаваемые объемы:

$$\begin{aligned} V_i t = V_i^{\max} &\Rightarrow V_i t \cdot T_i^{\max} = V_i^{\max} \cdot T_i^{\max} \equiv \\ &\equiv W_i t = W_i^{\max} \Rightarrow P_i = P W_i t = W_i^{\max} . \end{aligned}$$

Разобьем временной интервал  $0, T_i$  на два подмножества вложенных интервалов  $\mathfrak{Z}_i^1$  и  $\mathfrak{Z}_i^2$  следующим образом:

$$\mathfrak{Z}_i^1 \cup \mathfrak{Z}_i^2 = 0, T_i ; \mathfrak{Z}_i^1 \cap \mathfrak{Z}_i^2 = \emptyset ;$$

$$\forall t^1 \in \left[ t_i^{'1} ; t_i^{''1} \right] \subset \mathfrak{Z}_i^1 \Rightarrow V_i t^1 = V_i^{\max} ;$$

$$\forall t^2 \in \left[ t_i^{'2} ; t_i^{''2} \right] \subset \mathfrak{Z}_i^2 \Rightarrow V_i t^2 < V_i^{\max} .$$

Данное разбиение позволяет определить длительность пиковой нагрузки на заданном интервале:

$$T_i^{\max} = \sum_{\left[ t_i^{'1} ; t_i^{''1} \right] \subset \mathfrak{Z}_i^1} \left| t_i^{'1} - t_i^{''1} \right| \quad (1)$$

и найти значение вероятности достижения пиковой скорости передачи трафика  $i$ -го ОС на рассматриваемом временном интервале. Для этого рассчитаем площади, соответствующие рассматриваемым подмножествам  $\mathfrak{Z}_i^1$  и  $\mathfrak{Z}_i^2$ :

$$\Theta_1 = \int_{\mathfrak{Z}_i^1} V_i t dt = V_i^{\max} \cdot T_i^{\max} ;$$

$$\Theta_2 = \int_{\mathfrak{Z}_i^2} V_i t dt ; \quad (2)$$

$$\Theta = \Theta_1 + \Theta_2 = V_i^{\max} \cdot T_i^{\max} + \Theta_2 .$$

Тогда искомая вероятность равна

$$P_i = \frac{\Theta_1}{\Theta} = \frac{V_i^{\max} \cdot T_i^{\max}}{V_i^{\max} \cdot T_i^{\max} + \Theta_2} . \quad (3)$$

Используя обобщенную интегральную теорему о среднем запишем, что

$$\exists \eta \in 0, T_i \mid \Theta_2 = V_i \eta \cdot T_i - T_i^{\max} . \quad (4)$$

Учитывая, что  $\Theta = \Theta_1 + \Theta_2 = V_i^{cp} \cdot T_i$ , а также выражение (2), найдем значение  $\Theta_2$ :

$$\Theta_2 = \Theta - \Theta_1 = V_i^{cp} \cdot T_i - V_i^{\max} \cdot T_i^{\max} . \quad (5)$$

Заметим, что из (4) и (5) следует, что

$$V_i \eta = \frac{\Theta_2}{T_i - T_i^{\max}} = \frac{V_i^{cp} \cdot T_i - V_i^{\max} \cdot T_i^{\max}}{T_i - T_i^{\max}} .$$

Из (3) получаем, что

$$P_i = \frac{V_i^{\max} \cdot T_i^{\max}}{V_i^{cp} \cdot T_i} = k_i^{(p)} \cdot \frac{T_i^{\max}}{T_i} . \quad (6)$$

Так как для ЛКПД  $\Theta_2 > 0$ , то, исходя из (5) получаем:

$$V_i^{cp} \cdot T_i - V_i^{\max} \cdot T_i^{\max} > 0 ;$$

$$\frac{V_i^{\max}}{V_i^{cp}} \cdot \frac{T_i^{\max}}{T_i} < 1 \Rightarrow k_i^p \cdot \frac{T_i^{\max}}{T_i} < 1 ,$$

что согласуется с выражением (6).

Зная вероятность достижения пиковой скорости, можно определить вероятность того, что пиковая скорость не будет достигнута, равную

$$q_i = 1 - p_i = P \quad V_i \quad t < V_i^{\max} .$$

Для дальнейшего анализа необходимо знать величину разброса возможных значений случайной величины  $V_i$  на рассматриваемом временном интервале  $0, T_i$ . Для этого определим плотность распределения  $f \quad V_i$  данной случайной величины, при которой достигается  $\sup D \quad V_i$ . При известной плотности вероятности дисперсия рассчитывается следующим образом:

$$\begin{aligned} D \quad V_i &= \int_{-\infty}^{\infty} V_i^2 f \quad V_i \quad dV_i - M^2 \quad V_i = \\ &= \int_0^{V_i} V_i^2 f \quad V_i \quad dV_i - \left( \int_0^{V_i} V_i f \quad V_i \quad dV_i \right)^2 . \end{aligned}$$

Отметим, что аргумент  $V_i$  принимает значения в диапазоне от  $V_i^{\min}$  до  $V_i^{\max}$ , причем

$$0 \leq V_i^{\min} < V_i^{\max} .$$

Исходя из этого проведем аппроксимацию  $D \quad V_i$ , разбив отрезок  $\Delta = [V_i^{\min}; V_i^{\max}]$  на  $n$  равных частей  $\Delta_j = [V_i^{j-1}; V_i^j]$  таким образом, что  $\bigcup_{j=1}^n \Delta_j = \Delta$ ;  $\bigcap_{j=1}^n \Delta_j = \emptyset$ .

Тогда, выбрав внутри каждого отрезка  $\Delta_j$  по теореме об интегральном среднем точку  $\xi_j$ , дисперсию можно представить как

$$\begin{aligned} D \quad V_i &= \\ &= \sum_{o=1}^T \xi_j^2 \cdot \int_{V_i^{j-1}}^{V_i^j} f \quad V_i \quad dV_i - \left( \sum_{o=1}^T \xi_j \int_{V_i^{j-1}}^{V_i^j} f \quad V_i \quad dV_i \right)^2 . \end{aligned} \quad (7)$$

Заметив, что  $\int_{V_i^{j-1}}^{V_i^j} f \quad V_i \quad dV_i = p_j$ ,  $\sum_{j=1}^n p_j = 1$  и

обозначив  $\vec{p} = p_1 \dots p_n$  найдем экстремум дисперсии (7), используя метод множителей Лагранжа для задачи оптимизации:

$$\sum_{j=1}^n p_j \cdot \xi_j^2 - \left( \sum_{o=1}^n p_j \cdot \xi_j \right)^2 \rightarrow \text{extr} \quad (8)$$

при выполнении условий:  $\sum_{j=1}^n p_j = 1$ ;  $p_j \geq 0$ .

Составим лагранжиан задачи (8):

$$L \quad \vec{p}, \lambda = \sum_{j=1}^n p_j \cdot \xi_j^2 - \left( \sum_{o=1}^n p_j \cdot \xi_j \right)^2 - \lambda \left( \sum_{j=1}^n p_j - 1 \right)$$

и найдем его безусловный экстремум из следующей системы уравнений:

$$\begin{cases} \frac{\partial L}{\partial p_j} = 0, j = \overline{1, n}; \\ \frac{\partial L}{\partial \lambda} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \xi_j^2 - 2\xi_j \left( \sum_{j=1}^n p_j \cdot \xi_j \right) - \lambda = 0; \\ \sum_{j=1}^n p_j - 1 = 0. \end{cases}$$

Из первого уравнения системы найдем  $\xi_j$ :

$$\xi_j = \tilde{m}_\xi \pm \sqrt{\tilde{m}_\xi^2 + \lambda} , \text{ где } \tilde{m}_\xi = \sum_{j=1}^n p_j \cdot \xi_j ,$$

т.е. для множителей Лагранжа, удовлетворяющих условию  $\lambda > -\tilde{m}_\xi^2$  существует ровно два различных значения  $\xi_j$ :  $\xi_1$  и  $\xi_2$ , при этом:

$$n = 2; p_1 = p_i; p_2 = 1 - p_1 = q_i ,$$

т.е. функция распределения вероятности имеет дискретный вид, а плотность распределения

$$f \quad V_i = p_i \delta \quad V_i - \xi_1 + q_i \quad V_i - \xi_2 ,$$

где  $\delta(\cdot)$  – функция Дирака.

Теперь можно рассчитать математическое ожидание и дисперсию случайной величины  $V_i$ :

$$M \quad V_i = p_i \xi_1 + q_i \xi_2 = p_i \xi_1 + 1 - p_i \quad \xi_2 ; \quad (9)$$

$$\begin{aligned} D \quad V_i &= p_i \xi_1^2 + 1 - p_i \quad \xi_2^2 - M^2 \quad V_i = \\ &= p_i \xi_1^2 + 1 - p_i \quad \xi_2^2 - p_i^2 \xi_1^2 - 2p_i \xi_1 \xi_2 - 1 - p_i - \\ &\quad - 1 - p_i \quad \xi_2^2 = 1 - p_i \quad p_i \quad \xi_1 - \xi_2 \quad . \end{aligned} \quad (10)$$

Очевидно, что  $\sup D \quad V_i$  достигается при максимальном значении множителя  $\xi_1 - \xi_2 \quad , \text{ т.е.}$

$$\xi_1 = V_i^{\max} ;$$

$$\xi_2 = V_i^{\min} ,$$

а, следовательно,

$$M \quad V_i = p_i V_i^{\max} + 1 - p_i \quad V_i^{\min} . \quad (11)$$

Но  $M \quad V_i = V_i^{\text{cp}}$ , а значение  $V_i^{\min}$  для реальных процессов с эластичным трафиком без ограничения общности можно приравнять к нулю. Поэтому:

$$V_i^{\text{cp}} = p_i V_i^{\max} \Rightarrow p_i = \frac{V_i^{\text{cp}}}{V_i^{\max}} = k_i^p \quad^{-1} ; \quad (12)$$

$$D \quad V_i = 1 - p_i \quad p_i \quad V_i^{\max} \quad .$$

Найдем значение  $p_i$ , при котором достигается максимальное значение дисперсии  $V_i$ :

$$\frac{dD V_i}{dp_i} = V_i^{\max} - 2p_i + 1 \Rightarrow p_i = 1/2,$$

т.е. при  $p_i = q_i = 1/2$  наблюдается максимальный разброс значений случайной величины  $V_i$ .

Итак, предложенная математическая модель процесса распределения мультисервисного сетевого трафика в лазерном канале – межсегментном мосте позволяет, используя выражения (9) – (12), провести как предварительное, так и оперативное перераспределение пропускной способности лазерного канала между службами мультисервисной сети.

### Выводы

Развитие лазерной технологии в направлении повышения скорости обмена и дальности связи делает ее особо перспективной для применения в высокоскоростных локальных вычислительных сетях. Лазерная связь обеспечивает высокий уровень защиты информации от несанкционированного считывания в то время, как передача по радио может быть перехвачена и записана даже на большом удалении от оборудования передачи. Кроме этого, лазерная система может быть использована для организации временной связи без прокладки кабеля, она надежно защищена от любых погодных условий и безопасна. Компактность и малый вес существенно облегчают как развертывание, так и демонтаж системы.

При использовании ЛКПД в качестве межсегментных соединений между близко расположенными сетевыми сегментами мультисервисных сетей распределение пропускной способности между отдельными сервисами можно проводить, используя предложенную математическую модель. Направление дальнейших исследований – разработка соответствующей имитационной модели процесса распределения трафика мультисервисной сети в лазерном канале передачи данных.

### ЗАСТОСУВАННЯ ЛАЗЕРНИХ СИСТЕМ В КОРПОРАТИВНИХ СЕГМЕНТАХ МУЛЬТИСЕРВІСНОЇ МЕРЕЖІ

Г.А. Кучук, О.О. Болюбаш, Я.Ю. Стасєва

*У статті проведений аналіз можливостей лазерних систем, їхніх переваг і недоліків. Приведені основні характеристики лазерних приймачів, визначені їх можливі сфери застосування і способи використання. Розроблена математична модель процесу розподілу мультисервісного мережевого трафіку в лазерному каналі передачі даних, який є мостом між корпоративними сегментами мультисервісної мережі.*

**Ключові слова:** лазерна система, мережевий трафік, міст, мультисервісна мережа.

### APPLICATION OF LASER SYSTEMS IS IN THE CORPORATE SEGMENTS OF MULTISERVICE NETWORK

G.A. Kuchuk, A.A. Bolyubash, Ya.Yu. Staseva

*The analysis of possibilities of the laser systems, their dignities and failings is conducted in the article. Basic descriptions of laser transceivers are resulted, their possible application domains and methods of the use are certain. Mathematical model of process of distributing of multiservice network traffic is developed in the laser channel of communications of data, which is a bridge between the corporate segments of multiservice network.*

**Keywords:** laser system, network traffic, bridge, multiservice network.

### Список литературы

1. Кобзев В.В. Применение оптических квантовых генераторов для целей связи / В.В. Кобзев, Б.М. Милинкус, Р.Г. Емельянов. – М., Связь, 1965. – 120 с.
2. Сироклин И.Л. DECT - последняя миля + мобильность / И.Л. Сироклин // Информост – Средства связи. – 2001. – № 2 (15). – С. 24-27.
3. Гиносян Ю.А. Новые технологии беспроводного доступа / Ю.А. Гиносян // Технология и средства связи / Ю.А. Гиносян //, 1999. – № 4. – С. 38-39.
4. Клоков А.В. Беспроводные ИК-технологии, истинное качество "последней мили" / А.В. Клоков // Технология и средства связи. – 1999. – № 5. – С. 40-44.
5. Кулик Т.К. Методика сравнительной оценки работоспособности лазерных линий связи / Т.К. Кулик, Д.В. Прохоров // Технология и средства связи. – 2000. – № 6. – С. 8-18.
6. Кулик Т.К. Особенности применения оптических линий связи / Т.К. Кулик, Д.В. Прохоров, В.В. Сумерин, А.П. Хюппенен // Лазер информ. – 2001. – Вып. 9-10 (216-217). – С. 1-6.
7. Fraleigh C. Provisioning IP backbone networks to support latency sensitive traffic / C. Fraleigh, F. Tobagi, C. Diot // Proc. IEEE INFOCOM. – Apr. 2003. – P. 375-385.
8. Кучук Г.А. Мінімізація середньої затримки пакетів при використанні АТМ-технології // Інформатика. – К.: Наук. Думка, 1999. – Вып. 7. – С. 166-169.
9. Papagiannaki K. Analysis of measured single-hop delay from an operational backbone network / K. Papagiannaki, S. Moon, C. Fraleigh, P. Thiran, F. Tobagi, C. Diot // Proc. IEEE INFOCOM. – Jun. 2002. – P. 535-544.
10. Neidhardt A.L. The concept of relevant time scales and its application to queuing analysis of self-similar traffic / A.L. Neidhardt, J.L. Wang // Proc. ACM SIGMETRICS. – Mar. 1998. – P. 222-232.
11. Willinger W. Self-Similarity Through High-Variability: Statistical Analysis of Ethernet LAN Traffic at the Source Level / W. Willinger, M.S. Taqqu, R. Sherman, D.V. Wilson // ACM SIGCOMM'91. – 1991. – P. 149-157.
12. Кучук Г.А. Аналіз та моделі самоподібного трафіка / Г.А. Кучук, О.О. Можєєв, О.В. Воробйов // Авиационно-космическая техника и технология. – 2006. – № 9 (35). – С. 173-180.

Поступила в редакцию 9.08.2010

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.А. Краснобаев, Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко, Харьков.