

4. C. D. Iskander, P. T. Mathiopoulos, Analytical level crossing rates and average fade durations for diversity techniques in Nakagami fading channels IEEE Trans. Comm. – Aug. 2002. – Vol. 50, no. 8. – PP. 1301-1308.
5. Insaf Jaafar. Statistical Properties of the Combined Generalized Rice-Hoyt Channel Model. 3rd International Conference: Sciences of Electronic, Technologies of Information and Telecommunications SETIT 2005 March 27-31, 2005 – TUNISIA.
6. Сайко В.Г. Оцінювання впливу глибини завмирання сигналу на перешкодостійкість OFDM-систем радіозв'язку в умовах багатопроменевого поширення / В.Г. Сайко // Зв'язок. – 2011. – №1. – С. 29-33.
7. Сайко В.Г. Исследование статистических характеристик частотно-селективного канала систем беспроводной широкополосной радиосвязи / В.Г. Сайко, С.В. Толюпа, А.В. Жданенко // Зв'язок. – 2011. – № 4. – С. 5-8.
8. Парфенов В.И. Оценка параметров распределения Накагами по коррелированной выборке / В.И. Парфенов // Вестник ВГУ, сер. физика, математика. – 2004. – №1. – С. 39-44.
9. Сайко В.Г. Адаптивний розподіл підносійних підканалів систем OFDM / В.Г. Сайко, С.В. Толюпа // Зв'язок. – 2012. – №1. – С.13-17.
10. Солонина А.И. Цифровая обработка сигналов. Моделирование в MatLab / А.И. Солонина, С.М. Арбузов. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2008. – 816 с.
11. Блаттер К. Вейвлет-анализ. Основы теории / К. Блаттер. –М.: Техносфера, 2004.–273 с.

УДК621.391.

Сундучков К.С., д.т.н. (*Национальный технический университет Украины «КПИ»*)

Голик А.Л., аспирант (*Гос. университет информационно-коммуникационных технологий*)

МОДУЛЯЦИЯ ЛУЧА ЛАЗЕРА СИГНАЛАМИ 2000 УСЛУГ 4G

Сундучков К.С., Голик О.Л. Модуляция променя лазера сигналами 2000 послуг 4G. У роботі запропоновано метод організації синхронізованих за частотою двох променів лазера для ВОЛЗ, один з яких модульований інформаційним сигналом для передачі якого потрібно пропускна спроможність близько 24 Гбіт / сек. Другий промінь використовується в базових станціях мобільного зв'язку в якості гетеродинного сигналу, дозволяючого перетворити сигнал несучий інформацію в радіосигнал міліметрового діапазону.

Ключові слова: ОПТИЧНА ЛІНІЯ ЗВ'ЯЗКУ, ПРОМІНЬ ЛАЗЕРА, МОДУЛЯЦІЯ, НАДШИРОКОСМУГОВИЙ СИГНАЛ, РАДІОСИГНАЛ

Сундучков К.С., Голик А.Л. Модуляция луча лазера сигналами 2000 услуг 4G. В работе предложен метод организации синхронизированных по частоте двух лучей лазера для ВОЛС, один из которых модулирован информационным сигналом для передачи которого требуется пропускная способность порядка 24 Гбит/сек. Второй луч используется в базовых станциях мобильной связи в качестве гетеродинного сигнала, позволяющего преобразовать сигнал несущий информацию в радиосигнал миллиметрового диапазона.

Ключевые слова: ОПТИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ СВЯЗИ, ЛУЧ ЛАЗЕРА, МОДУЛЯЦИЯ, СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫЙ СИГНАЛ, РАДИОСИГНАЛ.

Sunduchkov K.S., Holyk O.L. Modulation Ray laser signals 2000 services 4G. In the work proposed organization method of synchronization by frequency two laser rays for fiber optic lines, one of them is modulated with information signal which will be transfer on bandwidth up to 24 Gbit / sec. The second beam used in base stations of mobile communications as heterodyne signal, allowing to transform signal which carry information in radio millimeter range signal.

Keywords: OPTIC LINES, LASER BEAM, MODULATION, ULTRAWIDEBAND SIGNAL, RADIO SIGNAL

Введение. Известны способы формирования модулирующего сигнала с использованием технологии OFDM, в которых осуществляется загрузка сигналов услуг, объединение групповых сигналов услуг [1]. Предложенный авторами объединитель групповых сигналов услуг построен по технологии FDMA, если скорость работы оптического модулятора позволяет воспринять суммарный сигнал, образованный суммой разнесённых

спектров сигналов, выходящих из квадратурных преобразователей частот OFDM. В противном случае объединитель групповых сигналов работает по технологиям TDMA.

Концепция построения интерактивной гетерогенной телекоммуникационной сети (ИГТС) для мобильной связи с абонентами на трассе автобана представлена в работах [2, 3]. В своем составе ИГТС содержит оптоволоконную распределительную сеть (ОВРС), обоснование применения которой и метод расчета равномерного деления в ней мощности сигнала между базовыми станциями (БС) сети изложены в работе [4]. При разработке распределительной сети необходимо обеспечить передачу по ней большого количества (1-2 тыс.) услуг 4G, передача каждой из которых требует пропускную способность сети от 3 до 12 Мбит/сек. Суммарная полоса рабочих частот такой сети даже при модуляции КАМ-64 составляет $\Delta f^{\Sigma} = 6$ ГГц. Очевидно, что такую полосу рабочих частот можно реализовать на несущей частоте в миллиметровом диапазоне. Большое затухание радиоволн в миллиметровом диапазоне приводит к необходимости установления большого количества БС на трассе автобана, что требует упрощения БС с целью снижения их стоимости. С этой целью применяется двухлучевая ВОЛС по которой распространяются два синхронизированных по частоте луча, разница частот которых находится в миллиметровом диапазоне. Один луч модулирован сигналами услуг, второй представляет из себя опорный гетеродинный сигнал для получения в фотоприёмнике БС несущей частоты в миллиметровом диапазоне.

Организация двух лучей и перенос с их помощью сигналов услуг 4G на несущую в миллиметровом диапазоне для ОВРС усложнено не только необычно широкой суммарной полосой рабочих частот, а так же тем, что на приёмном конце просто подвергнуть цифровой обработке всю полосу не удастся. Известны решения [3, 5], в которых предложено селективное преобразование частот несущего колебания в миллиметровом диапазоне, однако, как организовать такие сигналы в оптоволоконных линиях – решений нет.

Генерация OFDM-символов с сигналами мультимедиа услуг 4G. Предлагается использовать технологию OFDM в нескольких параллельных p -каналах, с помощью квадратурного преобразования поднять несущую частоту и с её помощью промодулировать один луч лазера. Структурная схема такого решения представлена на рис. 1.

Поток передаваемых данных распределяется по множеству частотных подканалов в каждом из p -каналов и передача ведется параллельно на всех подканалах. При этом достигается высокая скорость передачи за счет одновременной передаче данных по всем поднесущим, причем скорость передачи в отдельном канале может быть малой.

При частотном разделении каналов в OFDM-символе необходимо, чтобы ширина каждого канала была с одной стороны достаточно узкой для минимизации искажения сигнала, а с другой стороны – достаточно широкой для обеспечения требуемой скорости передачи. Кроме того, для экономного использования всей полосы, занимаемой поднесущими, желательно как можно плотнее расположить частотные подканалы, но при этом избежать межканальной интерференции. Перечисленным требованиям удовлетворяют ортогональные частотные подканалы. Функции, описывающие несущие сигналы в таких подканалах ортогональны друг другу, т.е. для них выполняется условие:

$$\int_0^T \cos(2\pi m f_0 t) \cdot \cos(2\pi n f_0 t) dt = \begin{cases} T/2 & \text{при } m = n; \\ 0 & \text{при } m \neq n. \end{cases}$$

Ортогональность поднесущих сигналов обеспечивается только тогда, когда за время длительности одного символа T несущий сигнал будет совершать целое число колебаний.

Расстояние по частоте между соседними поднесущими частотами OFDM-символа равно $1/T_{\Pi}$ – полезная часть длительности одного символа: $T_{\Pi} = T - \tau_{\text{защ}}$. Здесь $\tau_{\text{защ}}$ – защитный временной интервал в длительности OFDM-символа.

Любой гармонический сигнал может быть представлен в виде функции $\sin \alpha$ либо $\cos \alpha$, т.к. это моногармонические функции. Обозначим сигнал в n -ом подканале OFDM-символа в виде: $S_n(t) = A \cos(2\pi f t + \theta)$, где A – модуль вектора \vec{A} ; θ – угол наклона вектора \vec{A} .

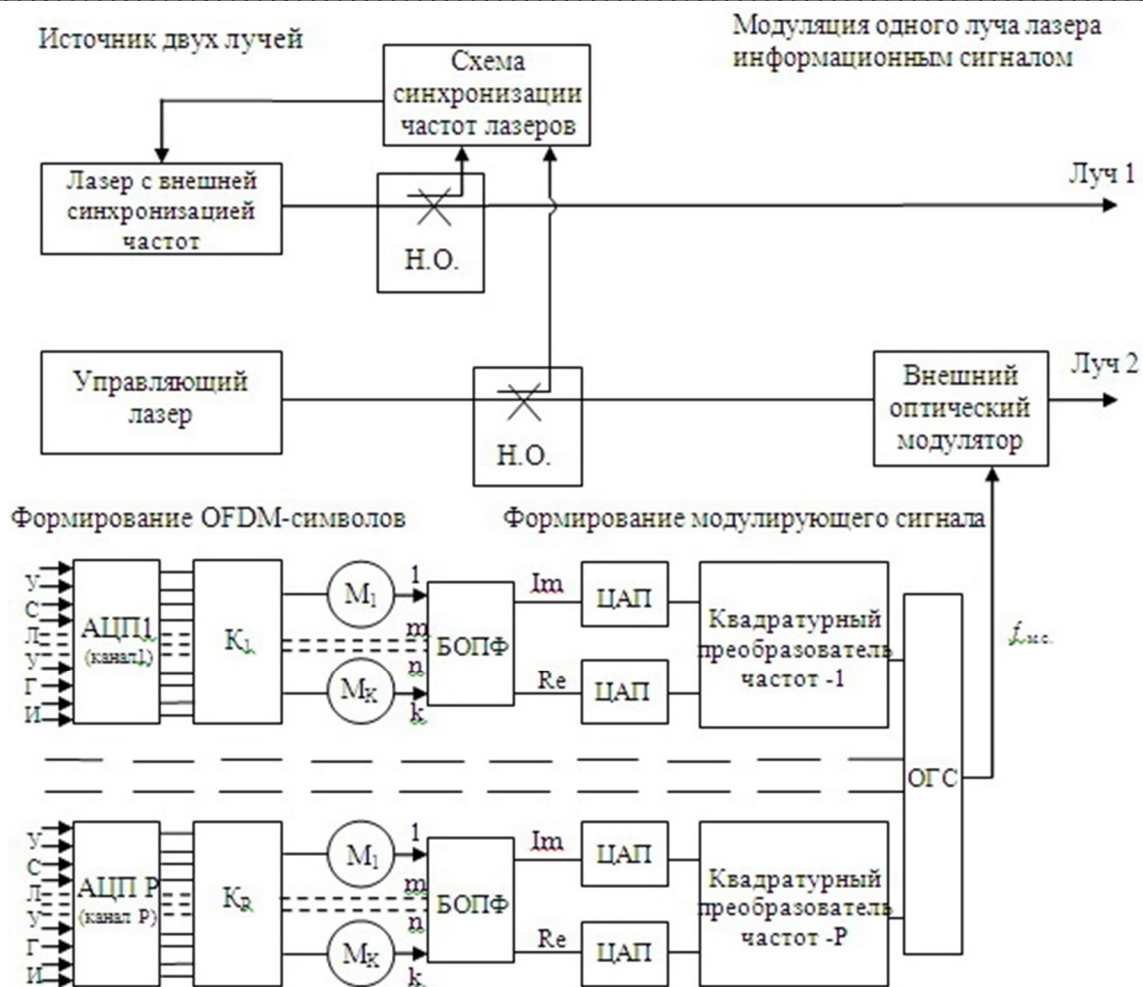


Рис. 1. Схема организации лучей ВОЛС

На схеме показаны: Н.О. – направленные ответвители; K_1 – коммутаторы; $M_1 \dots M_k$ – модуляторы; БОПФ – быстрое обратное преобразование Фурье; Im – мнимая часть; Re – реальная часть; ОГС – объединитель групповых сигналов P каналов по технологиям FDMA либо TDMA; $f_{м.с.}$ – сигнал модулирующий луч лазера.

В работе [6] показано, что групповой сигнал, распределенный в поднесущих OFDM-символа, может быть представлен в следующем виде:

$$S_B(t) = \sum_{n=1}^N [a_n \cos(2\pi f_n t) - b_n \sin(2\pi f_n t)].$$

Сигнал одной поднесущей при условии, что его амплитуда равна единице, имеет вид:

$$S_n(t) = \cos \theta_n \cdot \cos(2\pi f_n t) - \sin \theta_n \sin(2\pi f_n t) = a_n \cos(2\pi f_n t) - b_n \sin(2\pi f_n t).$$

Если считать, что один канал, например №16, является информационным, то остальные каналы для него являются источниками межканальных помех:

$$S_{16}(t) = a_{16} \cos(2\pi f_{16} t) - b_{16} \sin(2\pi f_{16} t)$$

Суммарный групповой сигнал в приемнике делится на 2 канала и подается на квадратурный преобразователь частот и после умножения на квадратурные сигналы гетеродина и по форме представляют действительную и мнимую часть суммарного группового сигнала.

С учетом условия ортогональности каналов в OFDM-символа получим такие отклики:
– для первого канала квадратурного преобразователя:

$$\int_0^T S_B(t) \cdot \cos(2\pi f_{16} t) dt = \int_0^T a_{16} \cdot \cos(2\pi f_{16} t) \cdot \cos(2\pi f_{16} t) dt, \quad \text{откуда}$$

$$a_{16} = \frac{2}{T} \int_0^T S_B(t) \cdot \cos(2\pi f_{16}t) dt.$$

– для второго канала квадратурного преобразователя:

$$\int_0^T S_B(t) \cdot [-\sin(2\pi f_{16}t)] dt = b_{16} \cdot \frac{T}{2}, \quad \text{откуда:}$$

$$b_{16} = \frac{T}{2} \int_0^T S_B(t) \cdot [-\sin(2\pi f_{16}t)] dt.$$

Выражение $S_{16}(t)$ можно представить в виде:

$$S_{16}(t) = \sqrt{a_{16}^2 + b_{16}^2} \cdot \cos(2\pi f_{16}t + \theta_{16}), \text{ где } \theta_{16} = \arctg \frac{b_{16}}{a_{16}}.$$

В работе [6] показано, что при соблюдении ортогональности в поднесущих каналах выражение сигнала в информационном канале не зависит от сигналов в других каналах.

Формирование модулирующего сигнала $f_{м.с.}$. Представленная на рис. 1 схема генерации лучей ВОЛС позволяет промодулировать луч лазера сигналами нескольких тысяч услуг 4G. При этом предлагаемая схема способна обеспечить модуляцию луча лазера суммарным (совокупным) сигналом услуг, для передачи которого требуется пропускная способность порядка 24 Гбит/сек. При модуляции КАМ-64 совокупная полоса частот составит 6 ГГц. Если весь спектр разделен на двадцать каналов ($P=20$), то совокупная ширина спектра каждого канала составит 300 МГц. Объединитель групповых сигналов (ОГС) работает по технологии FDMA, если скорость работы оптического модулятора позволяет воспринять суммарный сигнал образованный суммой разнесенных спектров сигналов выходящих из P квадратурных преобразователей частот.

Если при однотипных модуляторах и блоках быстрого обратного преобразования Фурье во всех P каналах у каждой поднесущей частоты f_c , уйдет одинаковая ширина спектра Δf_c , находиться они будут на одинаковом расстоянии между собой на оси спектра, а длительность полезной части всех OFDM-символов T_n выбрана так, что $\Delta f_c = \frac{1}{T_n}$, то все $20 \cdot k$ сигналов будут ортогональными и в объединения групповых сигналов всех P каналов не потребуется тратить спектр частот на защитные полосы между каналами.

Если скорость работы оптического модулятора не позволяет подавать на модулятор модулирующий сигнал с битовой скоростью 24 Гбит/сек, то разбив его, как показано выше, на 20 каналов можно, применяя определения «слота», принятое в технологии TDMA, сформировать последовательные во времени 20 слотов и ими модулировать луч лазера во внешнем оптическом модуляторе. При этом битовая скорость передачи данных одним слотом составит 1200 Мбит/сек. Варьируя типами модуляторов, их количеством и количеством слотов в кадре всегда можно подобрать приемлемую для оптического модулятора скорость модулирующего сигнала, обеспечивая передачу с помощью ортогональных сигналов 2000 мультимедийных услуг 4G.

Заключение. 1. При формировании модулирующего сигнала $f_{м.с.}$ по технологии FDMA приемник мобильного терминала принимает весь широкополосный сигнал по способу селективного преобразования при снижении частоты сигнала в мобильном терминале многосервисной сети с высокой скоростью движения абонентов [5].

2. Новое применение технологии TDMA при сохранении всех ее атрибутов – слотов, кадров, синхронизации для формирования модулирующего сигнала $f_{м.с.}$ предполагает другой способ приема сигналов мобильным терминалом, отличающихся тем, что используя сигналы синхронизации передачи слотов, приемник включается на прием только во время прихода слота, в котором содержится сигнал услуги 4G предназначенный для конкретного мобильного терминала.

Литература

1. Патент на корисну модель 71354, Україна, МПК Н04Q5/06(2006.01). Спосіб передачі послуг абонента в мобільній мережі зв'язку / К.С. Сундучков, Ю.Ю. Тихоненко, А.С. Ящук // – номер заявки 42011 15675 від 30.12.11; опубл. 10.07.2012, бюл. №13.
2. Интерактивная гетерогенная телекоммуникационная система 4Gc беспроводным доступом в миллиметровом диапазоне для предоставления мультимедийных услуг мобильным абонентам / [М.Е. Ильченко, К.С. Сундучков, С.Э. Волков и др.] // Зв'язок – 2008. – №7-8. – С. 28-32.
3. Проблемы построения мультисервисной распределительной сети доступа к мобильному терминалу абонента, движущегося с высокой скоростью / [М.Е. Ильченко, К.С. Сундучков, Б.Н. Шелковников и др.] // Электроника и связь. – 2011. – №2. – С. 163-169.
4. Буртовий С.С. Расчет топологии распределительной части интерактивной гетерогенной телекоммуникационной сети [Електронний ресурс]/ С.С. Буртовий, К.С. Сундучков, А.Л. Голик // Проблемы телекоммуникаций. – 2012. – №1(6). – С. 76-87. – Режим доступа : <http://pt.journal.kh.ua>
5. Патент на корисну модель 71352, Україна, МПК Н04В 1/06(2006.01). Способ селективного преобразования при снижении частоты сигналов в мобильном терминале многосервисной сети с высокой скоростью движения абонентов / К.С. Сундучков, А.С. Ящук, Ю.Ю. Тихоненко // – номер заявки 42011 15670 від 30.12.2011; опубл. 10.07.2012, бюл. №13.
6. Сундучков А.К. Межканальные помехи в OFDMсимволе / А.К. Сундучков, К.С. Сундучков, Д.М. Сундучков // Зв'язок. – 2012. – №2. – С. 38-43.

УДК 681.3.004

Савченко Ю.Г., д.т.н.; Кугушина Г.В. (Нац. технічний університет України “КПІ”)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ ПРОГРАММЫ PHOTOSHOP ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ СКРЫТОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА

Савченко Ю.Г., Кугушина Г.В. Використання інструментів програми Photoshop для організації прихованого інформаційного обміну. Запропоновано підхід до створення та організації стеганоканалу на основі попередньо скорегованих графічних файлів. Показано, що у цьому випадку може бути суттєво збільшена пропускна спроможність каналу без втрати його стійкості до спроб зламу. Наведені приклади.

Ключові слова: СТЕГАНОГРАФІЯ, ПРОГРАМА PHOTOSHOP, ІНФОРМАЦІЙНИЙ ОБМІН

Савченко Ю.Г., Кугушина Г.В. Использование инструментов программы Photoshop для организации скрытого информационного обмена. Предлагается подход к созданию и организации стеганоканала на основе передачи предварительно скорректированных графических файлов. Показано, что в этом случае может быть существенно увеличена пропускная способность канала без потери его стойкости к попыткам взлома. Приведены примеры.

Ключевые слова: СТЕГАНОГРАФИЯ, ПРОГРАММА PHOTOSHOP, ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОБМЕН

Savchenko Yu.H., Kuhushyna H.V. Applying of Photoshop software tools for hidden information exchange arrangement. Stego channel formation and arrangement approach based on previously corrected graphic files transmission is proposed. It is shown that in this case channel capacity might be increased significantly without any loss of his break attempts resistance. Examples are presented.

Keywords: STEGANOGRAPHY, PHOTOSHOP SOFTWARE, INFORMATIVE TRANSMISSION

Исходя из принятых определений и понятий [1, 2] стеганографическое сокрытие информационного обмена предполагает использование в качестве переносчика информации (контейнера) некоторого файла, который получен в результате оцифровки аналогового