

*О.Н. Кобозева, А.В. Полякова, И.А. Кузнецов**

ВОССТАНОВЛЕНИЕ МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАЦИИ, ПОЛУЧЕННОЙ АТМОСФЕРНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ СВЯЗИ В СЛОЖНЫХ МЕТЕОУСЛОВИЯХ

В настоящее время телемедицинские консультации осуществляются путем передачи медицинской информации по телекоммуникационным каналам связи. Эти консультации становятся все более требовательными к техническому оснащению, их проводят с использованием широкополосных каналов связи и видеоаппаратуры. На сегодняшнем этапе стандартные средства Интернет уже не обеспечивают необходимую пропускную способность канала связи. В последние годы в России и за рубежом все более интенсивными темпами развивается новый вид беспроводной связи – атмосферная оптическая связь.

Преимущества атмосферной оптической (лазерной) линии связи очевидны: это экономичность (так как не требуется рыть траншеи для укладки кабеля); возможность передачи информации со сверхвысокой плотностью потока и сверхузкой диаграммой направленности излучения, высокая скорость передачи информации; высокая устойчивость к помехам как радиодиапазона, так и оптического диапазона; высокий уровень конфиденциальности передачи информации, невозможность несанкционированного доступа в канал передачи; высокая пропускная способность и качество цифровой связи; быстрое развертывание и изменение конфигурации сети; легкое преодоление препятствий – железных дорог, рек, гор и т.д.

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» А.Ю. Куликова.

Однако для успешного применения лазерных линий связи и передачи информации лазерным лучом необходимо учитывать зависимость пропускания оптического излучения от состояния воздушной среды. Из-за наличия на трассе распространения лазерного излучения дымки, тумана или облачности передача данных происходит с искажением. В таких случаях получить истинную информацию, не используя специальных приемов обработки изображений, практически невозможно.

Световой лазерный поток, проходящий сквозь дымку или туман, ослабевает за счет поглощения и рассеяния. Потеря энергии световым лучом с длиной волны λ вследствие поглощения при прохождении толщи тумана z составляет $I_z(\lambda) = I_0 e^{-\chi(\lambda)z}$, где I_0 – энергия светового луча, входящего в атмосферную неоднородность; I_z – энергия луча на глубине z ; χ – показатель поглощения.

Кроме поглощения световые лучи в толще неоднородности испытывают рассеяние, в результате чего энергия света с глубиной ослабляется. Рассеяние света связано с прохождением света через неоднородную среду. Неоднородностями являются молекулы воды и взвешенные частицы, вызывающие оптическую неоднородность мутной воды. Характер рассеяния света зависит от размеров рассеивающих частиц. Поэтому рассматривают отдельно рассеяние света частицами, имеющими размеры меньше длины волны падающего света – молекулярное рассеяние, и рассеяние света крупными частицами, соизмеримыми с длиной волны падающего света.

Ослабление светового потока за счет рассеяния при прохождении толщи воды z определяется формулой $I_z(\lambda) = I_0 e^{-k(\lambda)z}$, где I_0 – энергия светового луча, входящего в воду; I_z – энергия луча на глубине z ; k – показатель рассеяния, определяемый как $k(\lambda) = \frac{a}{\lambda^4}$, где a – модуль рассеяния.

В результате совместного эффекта поглощения и рассеяния света с глубиной происходит ослабление светового потока и изменение его спектрального состава.

В природе процессы поглощения и рассеяния света действуют одновременно. Поэтому при проникновении света в глубину воды его ослабление будет происходить за счет обоих процессов.

При прохождении лазерных лучей сквозь дымку или туман освещенность приемника на основании закона Бугера снижается на коэффициент пропускания атмосферы $e^{-\tau(\lambda)}$, где $\tau(\lambda)$ – оптическая толщина атмосферного образования для лазерного излучения на длине волны λ . Причем экспериментально установлено, что для случаев применения лазеров закон Бугера выполняется до значения оптической толщи $\tau \cong 28 \text{ км}^{-1}$. При рассмотрении процесса накопления заряда фотопри-

емником, в качестве которого используется ячейка матрицы ФПЗС, приемной системы лазерной системы связи можно показать, что количество заряда $q_i(\lambda)$, накопленного в i -й ячейке ФПЗС, при априорно известных данных о дальности до фронта атмосферного образования R_m будет иметь вид [1]:

$$q_i(\lambda) = \frac{Qt_n\Phi_0 D^2}{4} \left[\frac{C\ell^{-2\tau(\lambda)}}{R_0^2} + \frac{1 - \ell^{-\tau(\lambda)}}{R_m^2} \right], \quad (1)$$

где Q – чувствительность ячейки ФПЗС; t_n – время накопления заряда; Φ_0 – световой поток, излучаемый квантовым генератором передатчика; R_0 – расстояние между точками связи; D – диаметр объектива приемника; C – коэффициент, определяющий соответствие уровней принятого и переданного сигналов.

Для решения задачи получения истинной информации, необходимо в выражении (1) определить коэффициент C относительно потока $\Phi_0(\lambda)$. Однако в этом выражении присутствуют две неизвестные величины C и $\tau(\lambda)$. Поэтому составляем систему из двух уравнений:

$$\begin{cases} q_i(\lambda_1) = \frac{Qt_n\Phi_0 D^2}{4} \left[\frac{C\ell^{-2\tau(\lambda_1)}}{R_0^2} + \frac{1 - \ell^{-\tau(\lambda_1)}}{R_m^2} \right]; \\ q_i(\lambda_2) = \frac{Qt_n\Phi_0 D^2}{4} \left[\frac{C\ell^{-2\tau(\lambda_2)}}{R_0^2} + \frac{1 - \ell^{-\tau(\lambda_2)}}{R_m^2} \right]. \end{cases} \quad (2)$$

Чтобы решить полученную систему, воспользуемся свойством спектральной прозрачности атмосферы в приближении однократного рассеяния, т.е. с изменением длины волны на трассе зондирования изменяется оптическая толщина атмосферы $\tau(\lambda)$. При этом существует следующая эмпирическая зависимость:

$$\tau(\lambda) = \frac{3,91}{\gamma} \left(\frac{\lambda}{0,55} \right)^{-0,585\gamma^{1/3}},$$

где γ – метеорологическая дальность видимости, км.

Используя систему перестройки частоты излучения лазера передатчика, подбираем длины волн так, чтобы выполнялось условие [2]:

$$\frac{\tau(\lambda_1)}{\tau(\lambda_2)} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = 2. \quad (3)$$

В результате решения системы уравнений (2) с учетом выражения (3) получим, что

$$C = \frac{R_m^2}{2R_0^2} \left[\frac{(1-2d_1)^2}{X^2 + 4d_1^2 - 2d_1X} \right],$$

$$\text{где } X = \left[\frac{108d_2}{R_m^4} - 8d_1^3 + \frac{12d_2}{R_m^2} \sqrt{\frac{27d_2}{R_m^4} - 4d_1^3} \right]^{1/3}, \quad d_1 = \frac{4\Phi_S(\lambda_1)}{\Phi_0 D^2} - \frac{1}{R_m^2};$$

$$d_2 = \frac{4\Phi_S(\lambda_2)}{\Phi_0 D^2} - \frac{1}{R_m^2}.$$

С помощью вычисленного коэффициента восстанавливается истинная неискаженная медицинская информация, передаваемая средствами телемедицины.

Для практической реализации предложенного многочастотного метода восстановления информации, искаженной атмосферными образованиями, необходимы два оптических квантовых генератора с непрерывной перестройкой частоты генерируемого излучения и два приемника на основе ФПЗС. Принятый сигнал в виде светового потока распределяется на полосовые фильтры, настроенные на частоты лазеров, и на определитель дальности R_0 и R_m . Далее по приведенному выше алгоритму производится обработка сигнала. Перестройка частот лазера производится таким образом, чтобы при известной метеорологической дальности видимости отношения оптических толщ были равны 2. Другие значения отношения, не равные 2, приводят к значительному и неоправданному усложнению решения задачи либо не имеют решения вообще.

Таким образом, предложены двухчастотный способ восстановления информации, искаженной атмосферными образованиями со значением оптической толщи не более 28 км^{-1} в виде естественной или искусственной дымки либо тумана, а также алгоритм восстановления изображения, сформированного лазерной телемедицинской системой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куликов, А.Ю. Моделирование восстановления изображений, искаженных атмосферными образованиями / А.Ю. Куликов, В.М. Строев // Радиосистемы. – 2005. – Вып. 86. – С. 34 – 41.

2. Куликов, А.Ю. Восстановление изображений, полученных активной телевизионной системой при работе в сложных метеоусловиях / А.Ю. Куликов, В.М. Строев // Радиосистемы. – 2003. – Вып. 70. – С. 45 – 48.