

## ОСОБЕННОСТИ И ПРИНЦИП РАБОТЫ АТМОСФЕРНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СВЯЗИ

Султонова Махбубахон Одиловна

Доцент кафедры “Технологии мобильной связи”, Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада аль-Хоразмий

### АННОТАЦИЯ

Произведено деление инфракрасного излучения. Приведен принцип работы атмосферных оптических систем связи. Показан внешний вид приемно-передающего оборудования атмосферных оптических систем связи и идеализированная схема открытой оптической системы связи.

**Ключевые слова:** оптика свободного пространства, инфракрасный диапазон, волоконный приемопередатчик, оптическая антенна, приемный конус.

### I. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время для организации обмена информации между двумя точками (объектами) используются различные виды систем передачи: беспроводные, проводные, волоконно-оптические и т.д.

Также, в некоторых случаях, находят применение так называемые открытые оптические систем передачи, работающие в инфракрасном диапазоне.

### II ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Инфракрасное излучение представляет собой разновидность электромагнитного излучения, который занимает диапазон от  $\sim 0,75$  до  $1000$  мкм в спектре электромагнитных волн. Существуют различные схемы деления инфракрасного излучения на диапазоны (обычная схема, схема Международной комиссии по освещённости (International Commission on Illumination), ISO 20473 схема, астрономическая схема и т.д.). В данных схемах весь диапазон инфракрасного излучения делится на группы от трех до пяти.

При обычной схеме деления различаются пять групп поддиапазонов [5,12,19]:

- 1) ближнее инфракрасное (Near-infrared, NIR) излучение в диапазоне  $0,75-1,4$  мкм;
- 2) коротковолновое инфракрасное (Short-wavelength infrared, SWIR) излучение в диапазоне  $1,4-3$  мкм;
- 3) средневолновое инфракрасное (Mid-wavelength infrared, MWIR) излучение в диапазоне  $3-8$  мкм;
- 4) длинноволновое инфракрасное (Long-wavelength infrared, LWIR) излучение в диапазоне  $8-15$  мкм;
- 5) дальнее инфракрасное (Far-infrared, FIR) излучение в диапазоне  $15-1000$  мкм.

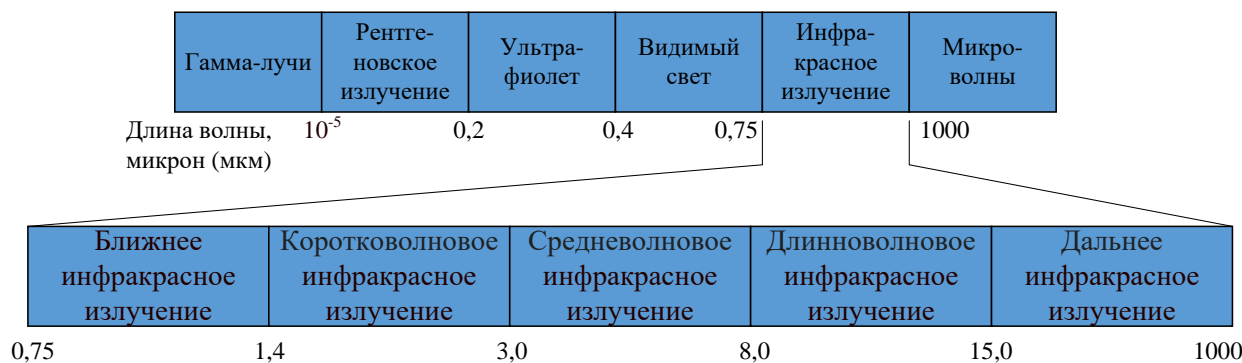


Рис.1. Обычная схема деления инфракрасного излучения на группы поддиапазонов

В разных источниках используются различные названия оборудования беспроводной передачи данных в инфракрасном диапазоне. В зарубежной литературе часто используется термин FSO (free-space optics) или оптика свободного пространства, который представляет собой вид оптической связи, использующий электромагнитные волны оптического (как правило, инфракрасные) диапазона, передаваемые через атмосферу [1, 18].

В Республике Узбекистане принят термин - атмосферная оптическая система связи. Атмосферная оптическая система связи (АОСС) - оптическая система связи, в которой средой распространения является атмосфера [2,11,17].

Принцип работы АОСС заключается в передаче узкого пучка модулированного света через атмосферу в направлении приемной системы. В АОСС используются инфракрасные (ИК) длины волн.

Спектр ИК не лицензирован, поэтому в АОСС используют стандартную технику кодирования (амплитудная модуляция), т.е. наличие света соответствует единице, а его отсутствие – нулю [1; 3, 16] (рис.1).

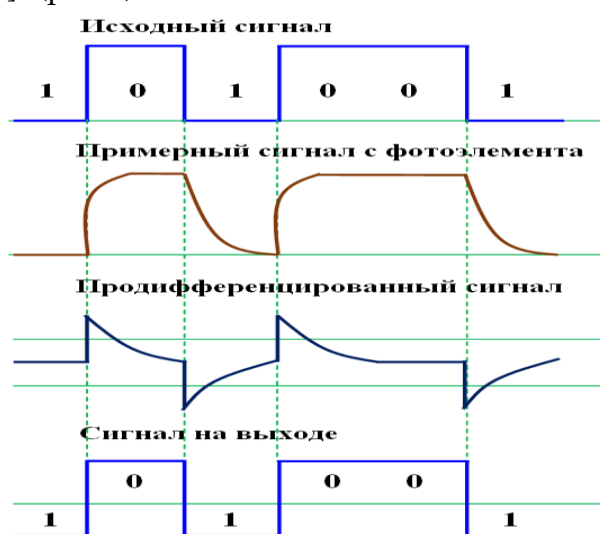


Рис.1. Техника кодирования (амплитудная модуляция) в АОСС

В традиционных системах АОСС волоконный приемопередатчик преобразует электрический сигнал в оптический сигнал. Электрический сигнал усиливается драйвером лазера, обеспечивающим достаточный ток для управления лазерным диодом

[5,9,10].. Модулированный свет от лазерного диода направляется через пространство в виде оптического луча к соответствующему приемнику, который фокусирует луч на фотодетекторе (кремниевый лавинный фотодиод – Si APD) или кремниевый PIN-фотодиод (Si PIN PD). Фотодетектор преобразует оптический сигнал в электрический сигнал. После фильтрации шума и преобразования электрический сигнал, в волоконном приемопередатчике преобразуется обратно в луч. Этот процесс показан на рис.2.

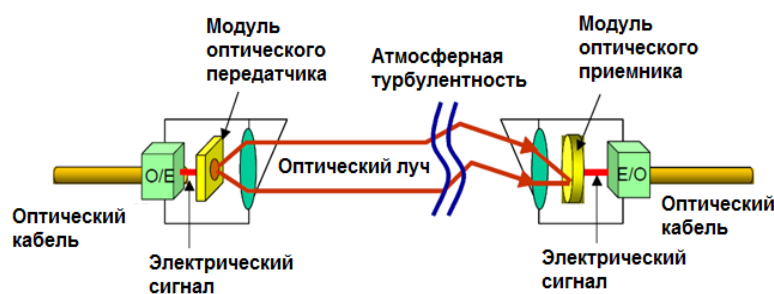


Рис.2. АОСС система, использующая О/Е и Е/О преобразование (О – optical beam – оптический луч; Е – electrical signal – электрический сигнал)

Большинство работающих на этом принципе систем, имеют длину волны 800 нм и способны работать со скоростью передачи данных до 2,5 Гбит/с [3,8,15].

Чтобы преодолеть ограничения полосы пропускания и мощности, налагаемые оптическими устройствами для АОСС, были использованы технологии, давшие мощный толчок в развитии ВОЛС. Оптические усилители, появившиеся в 1989 году, такие как арсенид галлия алюминия (GaAlAs) на основе твердотельных оптических усилителей и легированных эрбием волоконных усилителей, обычно называемых EDFA (Erbium Doped Fiber Amplifier), которые работают на длине волны 1550 нм, вместе с использованием мультиплексирования с разделением по длинам волн WDM (Wavelength Division Multiplexing) обеспечили дальнейшее увеличение пропускной способности волоконной сети [3; 4, 6, 14].

Основой WDM является использование нескольких источников света, работающих на несколько отличающихся длинах волн, для передачи нескольких независимых информационных потоков по одному и тому же волокну. Применяя WDM и технологию «бесшовного» подключения (рис.2), можно оптический луч в свободном пространстве направить его сразу в одномодовое волокно SMF (single mode fiber), тем самым исключить необходимость обратного преобразования, которое имело место в системе, приведённой на рис.3. Исключение этой необходимости существенно повышает полосу пропускания и скорости передачи данных на несколько Гбит/с [4,7,13].

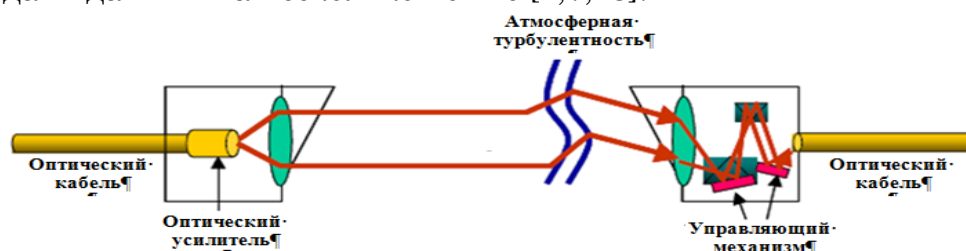


Рис.3. АОСС система, использующая «бесшовное» соединение оптического луча с ВОЛОКНОМ

В настоящее время доступные детекторы, такие как на основе InGaAs для работы на длине волны 1550 нм, которые могут обеспечить скорость передачи до 10 Гбит/с и выше.

При использовании второго метода детектирования необходимо учитывать тот фактор, что оптическое волокно может работать на длине волны 1310 нм или 1550 нм. Поэтому в соответствии с этим и выбирать нужно АОСС систему, которая работает на этих длинах волн. Следует также учесть, что на длине волны 1310 нм возникают больше затухания из-за высокого поглощения в атмосфере водяным паром. Преимуществами использования систем, работающих на длине волны 1550 нм, является выигрыш в отношении мощности, расстояния и безопасности глаз.

### III ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ использования атмосферных оптических систем передачи, применяемых в телекоммуникационных системах, показал её эффективность при решении целого ряда практических задач. Современнѣ радиосистемы в той или иной мере зависят от состояния атмосферы, однако у правильно спроектированных АОСС, как показывает опыт эксплуатации внедренных систем, доступность и качество каналов не хуже, чем у традиционных радиосистем.

### IV ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. [https://en.wikipedia.org/wiki/Free-space\\_optical\\_communication](https://en.wikipedia.org/wiki/Free-space_optical_communication)
2. Русско-узбекский толковый словарь терминов по распространению радиоволн и антенно-фидерным устройствам. 1 часть / Под общей редакцией Джурабаева А.А. – ГУП UNICON.UZ. – Ташкент, 2021. – 535 с.
3. Особенности применения атмосферных оптических линий связи // Лазер-информ, №12 (243), 2002, С.13-17.
4. Казарян Р.А., Оганесян А.В., Погосян К.П., Милютин Е.Р. Под ред. Р.А. Казаряна. Оптические системы передачи информации по атмосферному каналу. М.: Радио и связь, 1985.-208с.
5. Михеев С.В. Основы инфракрасной техники. – СПб: Университет ИТМО, 2017. – 127 с.
6. Sultonova Makhbuba Odilovna. Prospects of rare earth elements to create a new generation optical amplifiers. Asian Journal of Research № 6 (6), July 2017–p.141-149
7. Ibraimov R.R., Sultonova M.O. Reliability of Open Optical Transmission Systems in the Backbone Core Cellular Networks of Cellular Communication // ICISCT 2019, International Conference on Information Science and Communications Technologies
8. Р.Ибраимов, М.Холбаева, Н.Давронбеков. Транспортные телекоммуникационные сети мобильной связи для совместного использования // “TATU xabarları” журналі, 2016 й., №2(38).
9. R.Ibraimov, M.Sultonova. 5G TRANSIT CONNECTIONS. COMPUSOFT // An International Journal of Advanced Computer Technology. 8(5), 2019. - Volume-VIII, Issue-V. - PP. 3103-3111.
10. Ибраимов Р.Р, Насыров Т.А. К вопросу проектирования открытых оптических систем передачи // Инфокоммуникации: сети – технологии – решения.-№4 - 2012.

11. Ibraimov R., Sultonova M., Khujamatov H. The Integral Distribution Function of the Kilometric Attenuation of Infrared Radiation in the Atmosphere Fergana Region of the Republic of Uzbekistan // Webology.- 2021.- 18(Special Issue).- p. 316–327
12. Иваненко О.И., Сумерин В.В., Хюшпенен А.П. Параметр доступности линии связи как основной критерий эффективности использования атмосферных оптических линий связи (АОЛС) // [Электронный ресурс] URL: <http://www.qos.ru/print.shtml>. page=info5
13. Ibraimov R., Sultonova M., Ulugbek A. The Impact of Precipitation on Communication Failure in FSO // International Conference on Information Science and Communications Technologies: Applications, Trends and Opportunities, ICISCT 2021
14. R.R.Ibraimov, D.A.Davronbekov, M.O.Sultonova. Features of Building Fronthaul Networks in 4G/5G on the Basis of Wireless Optical Communication Channels // NeuroQuantology. - September 2022. - Volume 20. - Issue 11. - P.1555-1564. DOI: 10.14704/nq.2022.20.11.NQ66147
15. Ibraimov R.R., Sultonova M.O. Influence of weather conditions on disconnection in open optical transmission systems // 2020 International Conference on Information Science and Communications Technologies, ICISCT 2020
16. D.A.Davronbekov, U.K.Matyokubov. Influence of Communication Lines on Reliability in Mobile Communication Systems // 2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies: Applications, Trends and Opportunities, ICISCT – 2021 DOI: 10.1109/ICISCT52966.2021.9670377
17. Refat Ibraimov, Dilmurod Davronbekov, Maxbuba Sultonova. Evaluation of the Possibility of Use of Atmospheric Optical Systems in Transport Networks of Mobile Communication on the Criterion of Reliability // International Conference on Information Science and Communications Technologies ICISCT 2022 Applications, Trends and Opportunities. - Tashkent, Uzbekistan, 2022
18. Matyokubov U.K., Davronbekov D.A. The impact of mobile communication power supply systems on communication reliability and viability and their solutions // International Journal of Advanced Science and Technology, 2020, 29(5), стр. 3374–3385
19. D.A.Davronbekov, U.K.Matyokubov. Algorithms for Calculating the Structural Reliability of a Mobile Communication System // 2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies: Applications, Trends and Opportunities, ICISCT – 2021 DOI: 10.1109/ICISCT52966.2021.9670315