

Оптимизация алгоритма демодуляции сигналов с нелинейным фильтром Шрёдингера при наличии случайной поляризационной модовой дисперсии

И.В. Григоров*, Д.В. Мишин

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, г. Самара

*E-mail: igor_grigorov@mail.ru

DOI:10.31868/RFL2018.137-138

В настоящее время одной из главных проблем передачи сообщений по волоконно-оптическим линиям передачи (ВОЛП) является прием сигналов в условиях действия хроматической дисперсии (ХД), поляризационной модовой дисперсии (ПМД) и нелинейных искажений. В [1] для совместной компенсации ХД и нелинейных искажений был предложен алгоритм последетекторной обработки сигналов, использующий так называемый восстанавливающий нелинейный фильтр Шрёдингера (ВНФШ). Последний представляет собой последовательность нелинейных и линейных фазовых звеньев [2] и является электрическим аналогом ВОЛП, но с сопряженными характеристиками. Алгоритм демодуляции состоит в том, что смесь сигнала и шума на выходе ВОЛП сначала преобразуется ВНФШ, а затем поступает на классический корреляционный демодулятор [3]. Оператор ВНФШ можно обозначить \mathbf{F}^{-1} . Он является сопряженным оператору преобразования сигнала в ВОЛП без учета помех.

Рассмотрим модификацию описанного алгоритма приема с учетом ПМД и других случайных параметров ВОЛП. Известно [3], что при синтезе алгоритма приема сигналов в канале со случайно изменяющимися параметрами, оптимальным является байесовский подход, при котором вместо обычного отношения правдоподобия [3] рассматривается усредненное отношение правдоподобия с учетом распределений этих параметров. Строго говоря, все параметры ВОЛП являются случайными, но наиболее существенным здесь является случайный характер параметра β_{1m} для двух ортогонально поляризованных мод m -го спектрального канала [4]. Физически этот параметр является обратным групповой скорости соответствующей моды. Вследствие этого, смесь сигнала и шума на выходе ВОЛП, т.е. на входе ВНФШ, будет зависеть не только от времени, но и от указанного параметра.

Применяя байесовский подход для этого случая, можно записать выражение для усредненного отношения правдоподобия с учетом распределения β_{1m} :

$$\overline{\Lambda(\mathbf{Z}/b_i)} = \int_{\mathbf{B}} w(\beta_{1m}) \exp \left\{ \frac{2}{N_0} \left[(\mathbf{F}^{-1}(\mathbf{Z}(\beta_{1m})), \mathbf{S}_i) - \frac{E_i}{2} \right] \right\} d\beta_{1m}, \quad (1)$$

здесь $w(\beta_{1m})$ – плотность вероятности указанного параметра, \mathbf{B} – его область определения, \mathbf{F}^{-1} – оператор ВНФШ, $\mathbf{Z}(\beta_{1m})$ – вектор смеси сигнала и шума на выходе ВОЛП, зависящий, в том числе, от β_{1m} , \mathbf{S}_i – опорные сигналы. Алгоритм демодуляции будет иметь вид:

$$b'_j = \arg \max_i \overline{\Lambda(\mathbf{Z}/b_i)} = \arg \max_i \int_{\mathbf{B}} w(\beta_{1m}) \exp \left\{ \frac{2}{N_0} \left[(\mathbf{F}^{-1}(\mathbf{Z}(\beta_{1m})), \mathbf{S}_i) - \frac{E_i}{2} \right] \right\} d\beta_{1m} \quad (2)$$

здесь E_i – энергии сигналов \mathbf{S}_i . Распределение $w(\beta_{1m})$ практически всегда можно считать гауссовским с известными математическим ожиданием и дисперсией. Описанным способом можно модифицировать алгоритм приема с учетом любого параметра, изменяющегося во времени случайным образом.

Аналитически вычислить интеграл, входящий в (2), сложно, в первую очередь, из-за сложности выражения обратного оператора \mathbf{F}^{-1} . Поэтому при цифровой реализации алгоритма (2) указанные интегралы необходимо вычислять приближенно, заменяя непрерывное распределение переменной β_{1m} дискретным.

Литература

- [1] Бурдин В.А., Григоров И.В. *T-Сотт. Телекоммуникации и транспорт*. № 5. С. 18-24 (2013)
- [2] Григоров И.В., Широков С.М. Применение теории нелинейных волновых процессов в радиотехнике и телекоммуникациях. – М.: Радио и связь, 2006. – 351 с.
- [3] Прокис Дж. Цифровая связь. Пер. с англ. // Под ред. Д.Д. Кловского. – М.: Радио связь, 2000. – 800 с.
- [4] Агравал Г. Нелинейная волоконная оптика. – М.: Мир, 1996.