

POLARIZATION DRIFT COMPENSATION FOR QUANTUM KEY DISTRIBUTION USING MACHINE LEARNING

P. A. Kupriyanov^{1,2,*}, *N. V. Rudavin*^{1,3,4},
D. G. Kagramanyan^{4,**}, *V. F. Mayboroda*^{1,3}, *D. A. Derkach*⁴,
R. A. Shakhovoy^{1,2,5}

¹ QRate, Skolkovo, Moscow, Russia

² Moscow Institute of Physics and Technology (National Research University),
Dolgoprudny, Russia

³ NTI Center “Quantum Communications”, National University of Science and
Technology MISIS, Moscow, Russia

⁴ HSE University, Moscow, Russia

⁵ Moscow Technical University of Communications and Informatics, Moscow, Russia

In various applications of optical communications, such as quantum key distribution (QKD) systems, the task of polarization control in optical fiber arises. A polarization controller (PC) on the receiver side is used to solve this problem. We investigate two machine learning approaches to polarization control: supervised learning (SL) and reinforcement learning (RL). We generalized analytical solution of the polarization control problem using SL approach. Supervised learning algorithm was trained on simulations and then was validated in experimental setup. We compared supervised approach with analytical solution. The advantage of RL approach is based on the capability of approximating nonlinear effects related to the imperfections of detection process. For the effective operation of polarization control algorithms, knowledge of the parameters of the PC is required. Reinforcement learning agent also eliminates control hardware calibration procedures, since the agent recognizes necessary system parameters based on the experience of interacting with the environment. RL agent was firstly pretrained on simulations and then was fine-tuned on the practical QKD system. We demonstrated that RL agent's tuning provides the 10% quantum bit error rate on our setup and converges in 10 steps.

В системах квантового распределения ключей (КРК) возникает задача подстройки поляризации в оптоволокне. Для решения этой задачи, как правило, используется поляризационный контроллер (ПК) на стороне приемника. Исследуются два подхода машинного обучения к задаче подстройки поляризации: обучение с учителем (SL) и обучение с подкреплением (RL). Авторы обобщили аналитическое решение задачи с помощью SL-подхода. SL-агент был обучен на симуляторе, а затем валидирован на экспериментальной установке. Также авторы

* E-mail: kupriyanov.pa@phystech.edu

** E-mail: dgkagramanyan@miem.hse.ru

сравнили сходимость алгоритмов подстройки для SL-агента и аналитического решения. Преимущество RL-подхода основано на возможности аппроксимации нелинейных эффектов, связанных с неидеальностями процесса детектирования слабых оптических импульсов. Для эффективной работы алгоритмов подстройки поляризации необходимо знание параметров ПК. Использование RL-агента позволяет исключить процедуру калибровки аппаратуры, поскольку агент выучивает необходимые параметры системы на основе опыта взаимодействия с установкой. RL-агент сначала был обучен на симуляторе, а затем дообучен на экспериментальной установке КРК. Продемонстрировано, что подстройка с помощью RL-агента обеспечивает 10%-й квантовый уровень битовых ошибок на установке и сходится за 10 шагов.

PACS: 07.60.-j