

УДК 004.7, 004.9

Критерии оценки состояния сети для самообучающихся мультиагентных систем распределения сетевых ресурсов SpaceFibre

Суворова Елена Александровна^(*)

wildcat15@yandex.ru

ГУАП, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Использование мультиагентных систем для управления ресурсами в локальных сетях SpaceFibre по сравнению с использованием классических статических схем управления позволяет обеспечить адаптивность к изменениям, происходящим в ходе функционирования сети. Для управления могут использоваться распределенные схемы самообучения с подкреплением, ориентированные на достижение всеобщего блага. Характеристики таких систем зависят от того, как оценивается состояние сети. Показано, что использование характеристик, применяемых для Ethernet и Infiniband не целесообразно для SpaceFibre. Предлагаются варианты оценки состояния сети SpaceFibre, показано, что их использование позволяет в 3–10 раз снизить долю отбрасываемых пакетов.

Ключевые слова: динамическая реконфигурация, SpaceFibre, адаптивность, мультиагентные системы, обучение с подкреплением.

Введение. Использование самообучающихся систем для управления ресурсами (load balancing) в сетях SpaceFibre [1] позволяет динамически перераспределять ресурсы сети между потоками данных. По сравнению с традиционным статическим управлением это позволяет передавать большие объемы данных с использованием меньшего количества сетевого оборудования, гибко реагировать на изменения сети, продлить срок эксплуатации [2–4]. Для обеспечения быстрой реакции на события используются распределенные системы (самообучение с подкреплением), ориентированные на достижение всеобщего блага. Для сетей с требованиями реального времени SpaceFibre для оценки качества функционирования может быть использована доля отброшенных данных по отношению к общему количеству данных (пакеты, которые не могут быть доставлены вовремя, отбрасываются).

Качество функционирования таких систем сильно зависит от того, какие параметры используются для оценки состояния сети. Показано, что для сетей SpaceFibre не целесообразно использовать параметры, применяемые в Ethernet, Infiniband, предложены другие параметры, приведена оценка достижимых характеристик.

Выбор критериев управления распределением ресурсов. В сетях на базе стандартов Ethernet, Infiniband [2, 5] критерием оценки состояния является информация о уровне занятости буферов в сетевых узлах. Для стандарта SpaceFibre это не подходит из-за того, что в маршрутизаторах буфера приема/передачи данных имеют очень небольшой размер. Буфера SpaceFibre мо-

гут быть практически все время заполнены и при этом может не наблюдаться перегрузок, приводящих к необходимости отбрасывания пакетов. Предлагается использовать другие критерии. Были рассмотрены критерии, характеризующие скорость чтения данных из буфера, частоту отправки символов кредитования, текущие значения счетчиков приема-передачи данных. Считается, что ресурс находится в состоянии перегрузки, если скорость/частота/счетчик таймаута достиг некоторого порогового значения (или находится в зоне около порогового значения продолжительное время). Для сравнения характеристик были разработаны имитационные модели сетей с топологиями баньян и древовидными топологиями на SystemC. Выбор критериев осуществлялся динамически для разных типов трафика.

Заключение. В докладе показано, что для сетей SpaceFibre не целесообразно использовать критерии оценки состояния сети, применяемые в сетях на базе Ethernet, Infiniband. Предложены набор критериев для сетей SpaceFibre. Показано, что при использовании данных критериев доля отброшенных пакетов данных снижается в 3–10 раз.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, соглашение № FSRF-2023-0003, «Фундаментальные основы построения помехозащищенных систем космической и спутниковой связи, относительной навигации, технического зрения и аэрокосмического мониторинга».

Список источников

- [1] *SpaceFibre — Very high-speed serial link. ECSS-E-ST-50-11C. ESA-ESTEC. Noordwijk, The Netherlands, 2019, 233 p.*
- [2] Song C.H., Khooi X.Z., Joshi R., Choi I., Li J., Chan M.C. Network load balancing with in-network reordering support for RDMA. *Proceedings of the ACM SIGCOMM Conference*, New York, USA, 2023, pp. 816–831.
- [3] Qiu Y., Jin Y., Yu L., Wang J., Wang Y., Zhang X. Improving sample efficiency of multi-agent reinforcement learning with non-expert policy for flocking control. *IEEE Internet of Things Journal*, 2023, № 10 (14), pp. 14014–14027.
- [4] Jin Y., Wei S., Montana G. *Achieving collective welfare in multi-agent reinforcement learning via suggestion sharing*. Machine Learning, 2025, 27 p.
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2412.12326>
- [5] Zhang Y., Meng Q., Hu C., Ren F. Revisiting congestion control for lossless ethernet. *21st USENIX Symposium on Networked Systems Design and Implementation (NSDI 24)*, Santa Clara, CA, 2024, pp. 131–148.