



МОДЕЛИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ ДЛЯ ТРАФИКА (РОБОТОВ-МАНИПУЛЯТОРОВ)

Л. С. Горбачева^{*}, А. И. Парамонов

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация

* Адрес для переписки: 777gls@mail.ru

Аннотация—В данной статье рассматривается удаленная работа роботов под управлением оператора с применением обратной связи. При передаче данных по сети качество выполнения задач может ухудшаться из-за задержек и потерь пакетов, что приводит к некорректной работе робота и его механизмов. Для решения этих проблем необходимо контролировать качество обслуживания и качество восприятия. Сначала были рассмотрены: связь между качеством обслуживания и качеством восприятия, различия между человеком и роботом, наличие у робота качества восприятия. Далее определены параметры для оценки качества обслуживания для роботов, и какие ключевые показатели необходимы для модели качества обслуживания для роботов. Представлены требования к качеству обслуживания для трафика в зависимости от класса промышленных роботов. В заключении была рассмотрена оценка требований к показателям по передаче команд от пользователя к манипулятору с обратной связью.

Ключевые слова—качество обслуживания, качество восприятия, качество выполнения действия, роботы-манипуляторы, ключевые показатели качества, задержка, услуги телеприсутствия.

Информация о статье

УДК 004.7

Язык статьи – русский.

Поступила в редакцию 04.12.2022, принята к печати 20.12.2022.

Для цитирования: Горбачева Л. С., Парамонов А. И. Модели показателей качества обслуживания для трафика (роботов-манипуляторов) // Информационные технологии и телекоммуникации. 2022. Том 10. № 3. С. 13–19. DOI 10.31854/2307-1303-2022-10-3-13-19.



MODELS OF QUALITY OF SERVICE INDICATORS FOR TRAFFIC (ROBOTS-MANIPULATORS)

L. Gorbacheva*, A. Paramonov

The Bonch-Bruевич Saint-Petersburg State University of Telecommunications,
St. Petersburg, 193232, Russian Federation

*Corresponding author: 777gls@mail.ru

Abstract—This article discusses the remote operation of robots under the control of an operator using feedback. When transferring data over the network, the quality of tasks can be degraded due to delays and packet loss. Which leads to incorrect operation of the robot and its mechanisms. To solve these problems, it is necessary to control Quality of Service and Quality of Experience. First, the following problems were considered: the relationship between Quality of Service and Quality of Experience, the differences between a person and a robot, the presence of the Quality of Experience of the robot. Further, the parameters for evaluating the quality of service for robots are defined, and what key performance indicators are needed for the quality of service model for robots. The requirements for the quality of service for traffic depending on the class of industrial robots are presented. In conclusion, an assessment of the requirements for indicators for the transmission of commands from the user to the manipulator with feedback was considered.

Keywords—quality of service, quality of experience, quality of action, robotic manipulators, key performance indicators, delay, telepresence services.

Article info

Article in Russia.

Received 04.12.2022, accepted 20.12.2022.

For citation: Gorbacheva L., Paramonov A.: Models of Quality of Service Indicators for Traffic (Robots-Manipulators) // Telecom IT. 2022. Vol. 10. Iss. 3. pp. 13–19. DOI 10.31854/2307-1303-2022-10-3-13-19.



Введение

В последнее время все больший интерес приобретают исследования в части реализации удаленной работы роботов под управлением оператора или сервера с применением обратной связи. Пользователь может управлять удаленно роботом, который имеет некоторые датчики, и одновременно наблюдать за операциями с помощью камеры и/или ощущать реакцию тактильно. Благодаря обратной связи можно повысить эффективность и точность выполнения задач роботом. Однако, когда данные передаются по сети Интернет, то качество реализации подобных функций может ухудшиться из-за задержек и потерь пакетов. Это может привести, например, к вибрации манипулятора, некорректной работе механизма. Для решения этих проблем необходимо контролировать QoS и QoE [1].

Связь QoS и QoE. Различие между роботом и человеком

На сегодняшний день принято характеризовать качество обслуживания (QoS – *Quality of Service*) и качество восприятия (QoE – *Quality of Experience*). Для услуг, потребителем которых является человек QoE является целевым показателем, который необходимо, по возможности, повышать. QoS же представляет собой набор параметров, которые в наибольшей степени влияют на QoE. Следует отметить, что качество восприятия фокусируется как на объективном, так и на субъективном понимании обслуживания. Под субъективными факторами понимают человеческие факторы, такие как эмоции, стоимость, опыт, и т. д.

Таким образом, QoS и QoE представляют собой различные подходы к оценке качества услуг, но при этом они связаны друг с другом. QoS определяет операционные характеристики сети, QoE определяет удовлетворение ожиданиям и соответствие требованиям пользователя.

Для изучения управления QoS и QoE подходит взаимодействие между человеком и роботом. Робот – это автоматическое устройство, которое предназначено для выполнения различных манипуляций по заранее заложенной программе. С развитием робототехники разница между роботом и человеком, в части выполнения механических операций, стирается. Главным отличием было то, что робот – это механизм и не имеет чувств. Однако, сегодня люди ставят себе протезы, сделанные из искусственных материалов, и люди с помощью мыслей могут ими управлять. У роботов устанавливают датчики, с помощью которых они могут чувствовать подобно человеческим органам чувств и на основе этого выполнять те или иные действия [2].

В основном, функции роботов направлены на повторение действий человека, и чаще всего на массовом или опасном производстве. Они имеют определенные достоинства: не забывают сделать какой-нибудь шаг, или не отклоняются от алгоритма (если такое не предусмотрено), в отличие от человека. Главная их задача – это помощь человеку в различных (опасных) сферах деятельности.

Под качеством восприятия понимают меру удовольствия или раздражения клиента от взаимодействия с услугой или общую удовлетворенность клиента услугой. На оценку клиентом влияет его предыдущий опыт, полученные эмоции



от использования услуги и т. д. При оценке качества восприятия в качестве клиента может выступать только человек, так как робот не сможет дать общую оценку QoE. Например, при задержке видео во время игры, робот просто зафиксирует ее, что она была и продолжит выполнять свой алгоритм дальше. Человек же начнет раздражаться и в дальнейшем задумается о использовании данной услуги снова.

Ключевые параметры и показатели QoS для роботов

Для оценки качества обслуживания связи для роботов важны следующие ключевые параметры:

- скорость передачи данных;
- задержка при передаче пакета;
- джиттер;
- потеря пакетов при передаче.

Передавая команды роботу через сеть, необходимо, чтобы он выполнял их с заданной скоростью, без задержек, в заданном порядке и без потерь¹.

Поэтому для услуг телеуправления важно определить показатели QoS, при этом приходится оперировать не, или не только традиционным QoE, но и некоторыми оценками качества выполнения механизмом, возложенных на него функций. Назовем этот показатель как «качество выполнения действия», если привести аналогичную аббревиатуру это может звучать как QoA (*Quality of Action*). Вероятно, этот показатель должен быть интегральным и оцениваться по индивидуальным методикам для различных приложений. Оценка данного показателя является предметом дальнейших исследований, однако, уже сейчас с достаточной уверенностью можно говорить о наборе показателей QoS, который в наибольшей степени влияет на QoA.

В модель качества входят следующие ключевые показатели:

- вероятностный показатель – потери – это количество отброшенных пакетов в сети, которые не были доставлены получателю.
- временные показатели – это время ожидания или задержка и скорость передачи данных. Задержка – это время, которое затрачивается на доставку пакета от отправителя до получателя. Скорость передачи данных – объём данных, передаваемых за единицу времени.
- функциональные показатели – точность, защищенность и доступность. Точность – это показатель потерь информации. Защищенность – способность предотвращать несанкционированный доступ к данным. Сетевая доступность – диапазон времени сетевой достижимости между входной и выходной точкой. Доступность сервиса – это диапазон времени, в течение которого этот сервис доступен [3].

¹ Показатели качества услуг (QoS). Их сопоставление с NP // Учебные материалы. URL: <http://thebard.narod.ru/kost/6.html>



Классификация промышленных роботов. Требования к качеству обслуживания

Промышленные роботы можно классифицировать по следующим классам:

- мобильные/стационарные – стационарные роботы выполняют свои задачи в ограниченной области, без возможности передвигаться. Мобильные роботы оснащаются дополнительными движителями. Они могут либо иметь запрограммируемый маршрут, либо автоматически определять цель местонахождения.

- информационные и управляющие – данные роботы производят автоматически сбор, обработку и передачу информации, на основе которых формируют управляющие сигналы. Могут самостоятельно контролировать и управлять процессами на производстве.

- манипуляционные – такие роботы имитируют движения руки человека. Управление может быть, как ручным, так и автоматическим [4].

В зависимости от класса роботов к ним могут применяться различные требования к качеству обслуживания (табл. 1). Так, для робота-манипулятора, управляемого человеком, важна минимальная задержка, которая не будет ощутима человеку. При тактильном ощущении это до 1 мс, при визуальном ощущении – до 10 мс. Для мобильного робота необходима точная скорость его передвижения. Если скорость робота уменьшится или увеличится, то выполнение команд станут некорректными. Роботам, которые могут автоматически контролировать и управлять процессами, важна точность в сборе и обработке информации, на основе которых потом робот выполняет дальнейшие команды.

Таблица 1.

Требования к качеству обслуживания

Тип устройства	QoS
Манипулятор	Не ощутимая задержка сети
Мобильный	Точная скорость передвижения
Автоматический	Точность в сборе и обработке информации

Оценка требований к ключевым показателям

Передача команд от пользователя к манипулятору и наблюдение результата представлена на рис. 1. Сначала пользователь отправляет команду на ПК, который распознает ее и начинает передавать эти данные по сети к серверу. На сервере происходит обработка этих данных и передается дальше по сети к терминалу робота-манипулятора. Этот терминал получает и обрабатывает полученные команды, отправляет их роботу, и манипулятор начинает их выполнять. Далее пользователю необходимо убедиться в правильности выполнения его команды. Это происходит с помощью дополнительных датчиков или камер, установленных на манипуляторе. Терминал робота получает и распознает результат, передает их по сети к серверу. Сервер обрабатывает полученную информацию и отправляет ее к ПК пользователя. Происходит представление этого результата в понятном для человека виде. И пользователь делает выводы по выполнению команды.

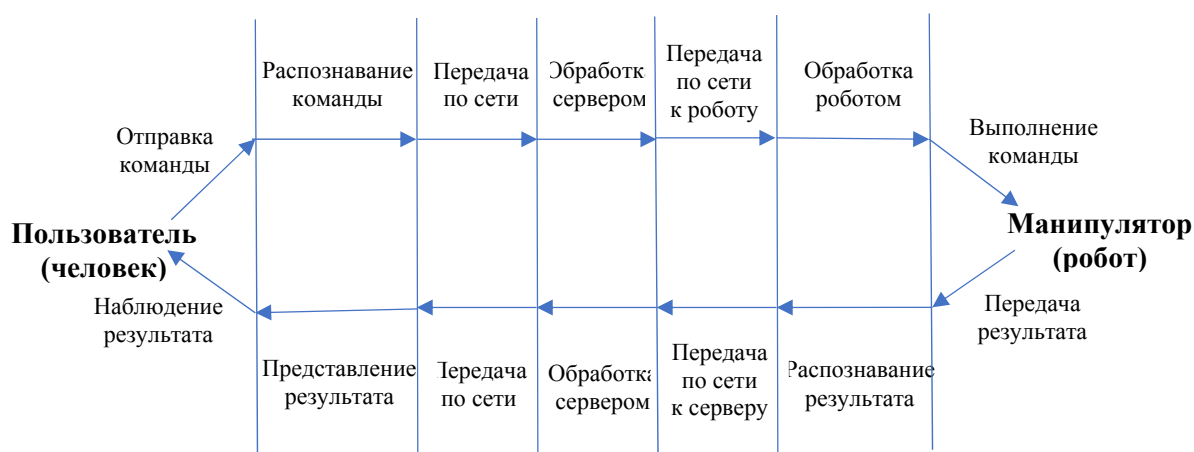


Рис. 1. Передача команд от пользователя к манипулятору и наблюдение пользователем результата выполнения команды манипулятором

Время на передачу команды будет складываться из времени обработки и передачи на стороне пользователя, времени обработки сервером, времени обработки и передачи на стороне манипулятора (1). На получение ответа о результате выполнения команды роботом складывается из тех же показателей (2).

$$T_{\text{пер.команды}} = t_{\text{пользователя}} + t_{\text{сети}} + t_{\text{робота}} = \\ = t_{\text{расп команд}} + t_{\text{пер по сети}} + t_{\text{обр сервером}} + t_{\text{пер по сети к роботу}} + t_{\text{обр роботом}} \quad (1)$$

$$T_{\text{пер результата}} = t_{\text{робота}} + t_{\text{сети}} + t_{\text{пользователя}} = \\ = t_{\text{расп результата}} + t_{\text{пер по сети к серверу}} + t_{\text{обр роботом}} + t_{\text{пер по сети}} + t_{\text{представл}} \quad (2)$$

Максимально допустимая задержка по доставке данных манипулятору и пользователю не должна превышать (3):

$$T_{\text{max}} = T_{\text{пер.команды}} + T_{\text{пер результата}} \quad (3)$$

Таким образом, чтобы избежать некорректные явления в работе робота, необходимо контролировать качество обслуживания на терминале пользователя и робота, а также учитывать возможные потери или задержки на стороне сервера.

Выводы

1. Для услуг телеуправления важны ключевые показатели QoS, при этом оперировать приходится не только QoE, но и оценками качества выполнения действия (*Quality of Action*). Оценка данного показателя является предметом дальнейших исследований.

2. Рассмотрена передача команд от пользователя к манипулятору с обратной связью. Требования по максимально допустимой задержке в доставке данных манипулятору и пользователю не должны превышать 1 мс во избежание некорректной работы.



Литература

1. Huang P., and Ishibashi Y., "QoS Control in Remote Robot Operation with Force Feedback", in Robotics Software Design and Engineering. London, United Kingdom: IntechOpen, 2021 [Online]. Available: <https://www.intechopen.com/chapters/75911>
2. Хаменок В. Разница между человеком и роботом будет стираться // probusiness.io. URL: <https://probusiness.io/experience/2914-viktor-khamenok-raznica-mezhdu-chelovekom-i-robotom-budet-stiratsya.html>
3. Петрухин В. А., Лаврищева Е. М. Методы и средства инженерии программного обеспечения. Электронная книга. НОУ ИНТУИТ. 2008. URL: <https://intuit.ru/studies/courses/2190/237/lecture/6136>
4. Козырев Ю. Г. Промышленные роботы: основные типы и технические характеристики: учебное пособие. М.: КНОРУС, 2017. 560 с.

References

1. Huang P., and Ishibashi Y., "QoS Control in Remote Robot Operation with Force Feedback", in Robotics Software Design and Engineering. London, United Kingdom: IntechOpen, 2021 [Online]. Available: <https://www.intechopen.com/chapters/75911>
2. Hamenok V. Raznica mezhdu chelovekom i robotom budet stirat'sya // probusiness.io. URL: <https://probusiness.io/experience/2914-viktor-khamenok-raznica-mezhdu-chelovekom-i-robotom-budet-stiratsya.html>
3. Petruhin V. A., Lavrishcheva E. M. Metody i sredstva inzhenerii programmnoogo obespecheniya. Elektronnaya kniga. NOU INTUIT. 2008. URL: <https://intuit.ru/studies/courses/2190/237/lecture/6136>
4. Kozyrev YU. G. Promyshlennye roboty: osnovnye tipy i tekhnicheskie harakteristiki: uchebnoe posobie. M.: KNORUS, 2017. 560 s.

Парамонов Александр Иванович

доктор технических наук, доцент, профессор кафедры Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, alex-in-spb@yandex.ru

Paramonov Alexander I.

Doctor of Engineering Sciences, Docent, Professor at the Department, The Bonch-Bruевич Saint-Petersburg State University of Telecommunications, alex-in-spb@yandex.ru

Горбачева Любовь Сергеевна

ассистент Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, 777gls@mail.ru

Gorbacheva Lyubov S.

Assistant, The Bonch-Bruевич Saint-Petersburg State University of Telecommunications, 777gls@mail.ru