

ИССЛЕДОВАНИЕ ВРЕМЕНИ РАЗРЕШЕНИЯ ИДЕНТИФИКАТОРОВ ЦИФРОВЫХ ОБЪЕКТОВ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ НА БАЗЕ АРХИТЕКТУРЫ ЦИФРОВЫХ ОБЪЕКТОВ

Д. О. Реутова¹, Р. В. Киричэк^{*1}, А. С. Бородин²

¹Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,

Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация

²ПАО «Ростелеком», Москва, 115172, Российская Федерация

*Адрес для переписки: kirichek.sut@mail.ru

Аннотация

Предмет исследования. Данная статья посвящена изучению времени разрешения идентификатора цифровых объектов дополненной реальности на базе архитектуры цифровых объектов, а также изучению влияния этого времени на качество восприятия цифровых объектов человеком. **Метод.** Рассмотрена архитектура цифровых объектов, как метод идентификации цифровых объектов дополненной реальности, построена имитационная модель фрагмента типовой сети технологии дополненной реальности на базе архитектуры цифровых объектов для изучения сетевых задержек. **Основные результаты.** Получена таблица времени разрешения идентификаторов. Разработаны рекомендации по построению сети дополненной реальности. **Практическая значимость.** Оценка влияния сетевой задержки, возникающей при идентификации цифровых объектов, на эффективное использование дополненной реальности.

Ключевые слова

DOA, цифровой объект, дополненная реальность, качество восприятия.

Информация о статье

УДК 004.7

Язык статьи – русский.

Поступила в редакцию 15.11.19, принята к печати 30.12.19.

Ссылка для цитирования: Реутова Д. О., Киричек Р. В., Бородин А. С. Исследование времени разрешения идентификаторов цифровых объектов дополненной реальности на базе архитектуры цифровых объектов // Информационные технологии и телекоммуникации. 2019. Том 7. № 2. С. 21–33. DOI 10.31854/2307-1303-2019-7-2-21-33.

THE STUDY OF THE RESOLUTION TIME OF IDENTIFIERS OF DIGITAL OBJECTS OF AUGMENTED REALITY BASED ON THE ARCHITECTURE OF DIGITAL OBJECTS

D. Reutova¹, R. Kiricher^{*1}, A. Borodin²

¹The Bonch-Bruевич Saint-Petersburg State University of Telecommunications,
St. Petersburg, 193232, Russian Federation

²PJSC "Rostelecom", Moscow, 115172, Russian Federation

*Corresponding author: kirichek.sut@mail.ru

Abstract—Research subject. This article is devoted to studying the resolution time of the identifier of digital objects of augmented reality based on the architecture of digital objects, as well as studying the influence of this time on the quality of perception of digital objects by a person. **Method.** The architecture of digital objects is considered as a method of identifying digital objects of augmented reality, a simulation model of a fragment of a typical network of augmented reality technology based on the architecture of digital objects to study network delays is built. The main results. A table of identifier resolution time was received. Recommendations on the construction of augmented reality network are developed. **Practical relevance.** Assessing the impact of network latency arising from the identification of digital objects on the effective use of augmented reality.

Keywords—DOA, digital object, augmented reality, perception quality.

Article info

Article in Russian.

Received 15.11.19, accepted 30.12.19.

For citation: Reutova D., Kiricher R., Borodin A.: The Study of the Resolution Time of Identifiers of Digital Objects of Augmented Reality Based on the Architecture of Digital Objects // Telecom IT. 2019. Vol. 7. Iss. 2. pp. 21-33 (in Russian). DOI 10.31854/2307-1303-2019-7-2-21-33.

Введение

Дополненная реальность (AR, *Augmented Reality*) на сегодняшний день является одной из самых перспективных направлений в области информационных технологий. Она способна сделать отношения людей с информацией более удобной. Данные будут автоматически доставляться пользователям в требуемом контексте для различных ситуаций в повседневной жизни. AR представляет собой среду, где в режиме реального времени виртуальные цифровые сущности добавляются к физическому миру при помощи компьютерных устройств, а также программного обеспечения к ним. Спектр применения этой технологии огромен: здравоохранение, транспорт, реклама, проектирование зданий, машиностроение и многие другие. Дополненная реальность дает человеку новые возможности восприятия окружающего мира, при этом, не требуя прилагать большие усилия к процессу.

Технология внедряется повсеместно, что приводит к стремительному увеличению количества цифровых объектов. В контексте рекомендаций сектора

стандартизации Международного союза электросвязи (МСЭ-Т) цифровыми объектами могут быть сервисы, документы, транспортная информация, устройства или отдельные чипы, или любая другая информация, представленная в виде структуры данных и связанных с ними метаданных. Следовательно, Интернет вещи бывают физические и виртуальные. Объекты дополненной реальности – это виртуальные интернет вещи, которые однозначно должны быть определены с помощью идентификаторов. Весь пользовательский контент находится в открытом доступе и становится важным не его наличие как таковое, а получение необходимых данных, связанных с цифровым объектом, в определенный момент времени. Это приводит к тому, что возникает необходимость создать механизмы идентификации цифровых объектов, а также механизмы проверки достоверности информации в сети [1, 2].

Методы идентификации

Идентификатор цифрового объекта используется для определения информации о состоянии самого объекта. Эта информация содержит: данные о создателе, методах аутентификации, данные о расположении объекта, и другие данные, позволяющие работать с информацией. Идентификация является важным компонентом для хранения, передачи, обнаружения цифровых объектов. Каждая сущность, которую можно распознавать в цифровых сетях, должна иметь хотя бы один публичный или несколько совместно используемых идентификаторов. Публичный идентификатор необязательно должен быть читаемым для человека, но важно, чтобы его можно было найти через сеть. Любой объект имеет набор определенных свойств, которые выделяют его из множества других. Эти самые различия между параметрами могут стать своего рода уникальными идентификаторами.

Идентификация необходима для решения таких задач, как:

- однозначное определение объекта;
- распознавание объекта по его свойствам;
- группирование объектов по определенным признакам;
- выделение объекта из множества.

Выбор системы идентификации является важной задачей для разработки реестра цифровых объектов. Системы DOA, URI, XRI, IRI позволяют идентифицировать любой виртуальный или реальный объект в сетях связи общего пользования, независимо от наличия или отсутствия у него сетевого интерфейса. Чего нельзя сказать о системах, использующих аппаратные решения, например, IPv4 + MAC, IPv6, IMEI и другие. Кроме того, необходимо отметить, что не все существующие системы идентификации объектов отвечают требованиям развития сетей связи в рамках концепции дополненной реальности.

Оптимальная система идентификации определяется следующими требованиями [3]:

- способность отвечать на множественные запросы;
- обеспечение различных уровней доступа;
- удаленная база данных;
- отсутствие динамических элементов и метаданных в идентификаторах.

Таким требованиям удовлетворяет система идентификации DOA. Архитектура цифровых объектов (*Digital Object Architecture, DOA*) – логическое расши-

рение архитектуры Интернета, которое учитывает необходимость поддержки управления информацией в более широком смысле, чем просто передача информации в цифровой форме из одного места в другое [4]. DOA предусматривает долгосрочное хранение информации, которой безопасно пользоваться и обмениваться. Архитектура определяет три основных компонента – систему резолюции, систему репозитория и систему реестра. А также два протокола: протокол системы резолюции IRP и протокол систем репозитория и реестра DOIP [5, 6, 7, 8].

Базовым элементом взаимодействия этих систем является цифровой объект. В системе DOA каждый цифровой объект имеет уникальный и постоянный цифровой идентификатор – DOI (*Digital Object Identifier*), с помощью которого можно найти этот объект и получить о нём информацию.

Структура идентификатора соответствует двухуровневой системе. На примере идентификатора, можно увидеть, что: первая часть – префикс, по которому определяется локальный реестр LHR (*Local Handle Register*), вторая часть – суффикс – однозначно идентифицирует конкретный объект (рис. 1).

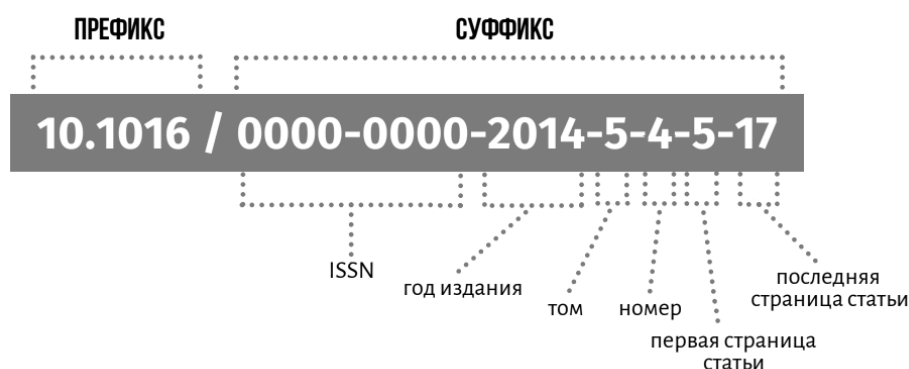


Рис. 1. Цифровой идентификатор

Основные компоненты DOA:

1. Система реестра представляет собой хранилище, в котором находятся метаданные о цифровых объектах, но не сама цифровая информация, что позволяет управлять доступом к объектам. Метаданные, находящиеся в реестре, могут управляться одной или несколькими системами репозитория. Реестр также используется для регистрации цифровых объектов и для извлечения сведений о ранее зарегистрированном объекте (место, свойства, авторы, владельцы прав и т. п.) по его идентификатору. Доступ к этой системе осуществляется средствами протокола DOIP.

2. Система репозитория хранит цифровые объекты, а также управляет ими, включая перемещение цифровых объектов между репозиториями с сохранением всех метаданных. Система не требует от пользователя знания технологий хранения цифровых объектов, обеспечивая тем самым долгоживущий механизм для доступа к цифровым объектам. Доступ к системе разрешен с помощью протокола DOIP.

3. Система резолюции отвечает за присвоение уникальных идентификаторов информации в цифровой форме, структурированной как цифровые объекты; преобразовывает идентификатор в актуальную информацию о соответству-

ющем цифровом объекте. Информация о состоянии хранится в виде цифрового объекта. Быстрое разрешение обеспечивается протоколом IRP.

Данная система состоит из двух уровней резолюции (рис. 2):

- GHR – global handle registry (глобальный реестр);
- LHR – local handle registry (локальный реестр).

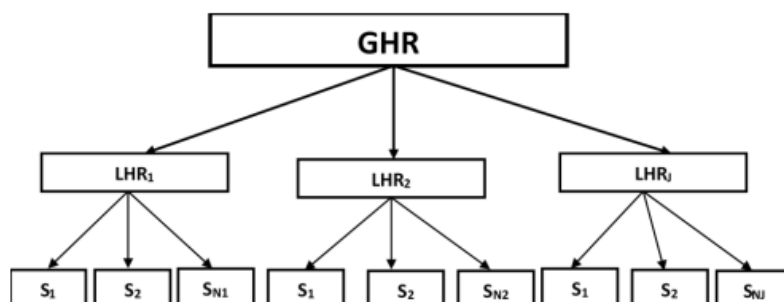


Рис. 2. Архитектура системы резолюций

При установке локального сервиса создается пара ключей. Публичный отправляется в GHR (частный хранится в LHR), а сервису выделяется префикс и права на изменение записей.

Архитектура цифровых объектов как система массового обслуживания

Перед тем как строить имитационную модель, требуется выделить ключевые этапы разрешения идентификатора в рамках архитектуры цифровых объектов. На рис. 3 представлена концептуальная модель работы DOA:

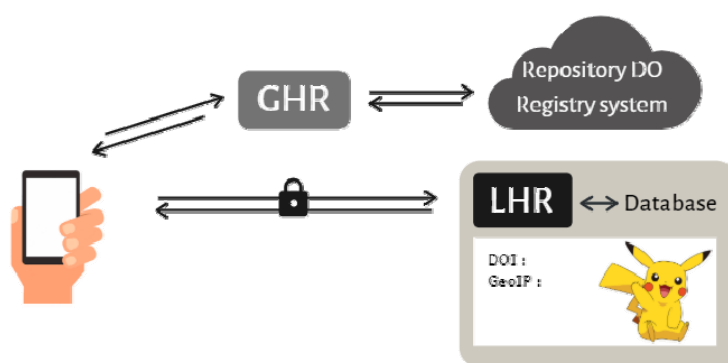


Рис. 3. Концептуальная модель работы DOA

1) Клиент отправляет запрос на получение информации об объекте в глобальный регистр, с помощью имеющегося открытого идентификатора DOI.

2) Данный запрос обрабатывается GHR, после чего он отправляет запрос в систему реестров, затем в репозиторий, где находится информация о LHR отвечающего за запрашиваемый цифровой объект.

3) Данная информация отправляется пользовательскому устройству, которое устанавливает защищенное соединение с LHR, при помощи алгоритмов асимметричного шифрования.

4) После обработки данного запроса LHR находит данные об объекте в базе данных и отправляет пользовательскому устройству.

В программе Anylogic была разработана модель DOA, как система массового обслуживания (СМО), где рассматривался процесс разрешения идентификатора верхним уровнем GHR и следующим уровнем работы системы – LHR. Данная модель характеризуется как система с экспоненциальным распределением времени обслуживания заявок и экспоненциальным распределением времени между поступления заявок. Кроме того, модель удовлетворяет следующим условиям:

- наличие нескольких каналов обработки. В данной модели будут рассматриваться серверы GHR и LHR как самостоятельные сущности, только лишь обрабатывающие приходящие в нее запросы;
- ограничение на длину буфера GHR и LHR отсутствует. Каждый запрос, поступивший в систему, будет обслужен;
- нет приоритетности у поступающих запросов, каждый запрос обрабатывается в той последовательности, в которой поступил в систему.

В качестве времени работы системы был выбран промежуток в 200 с. Использовать разработанную модель можно только на коротких промежутках времени.

Основной характеристикой для данной системы является среднее время разрешения одного запроса. Это время будет зависеть от компонентов системы и от интенсивности поступающих заявок.

На рис. 4 элемент clients соответствует источнику заявок на разрешение идентификаторов, поступающих от устройств. Элементы BUFFER_GHR и GHR имитируют глобальный реестр, который состоит из буфера заявок и сервера обработки идентификатора соответственно. GHR принимает поступившие заявки и равновероятно отправляет на случайный локальный регистр (_LHR#_BUFFER, _LHR#). На этом моделирование уничтожает заявки, но в теории LHR находит в своей базе данных по суффиксу информацию об объекте и отправляет его пользовательскому устройству. В рамках Архитектуры цифровых объектов GHR располагается в Женеве, а LHR-регистры расположены в разных странах. В таблице 1 приведены средние задержки на разрешения идентификатора.

Таблица 1.

Характеристики серверов

LHR	Средняя задержка на разрешение, мс
1. Америка	243,548
2. Китай	473,583
3. Китай	410,693
4. Тунис	82,510
5. Германия	44,356
6. Кения	258,450
GHR (Швейцария)	71,33

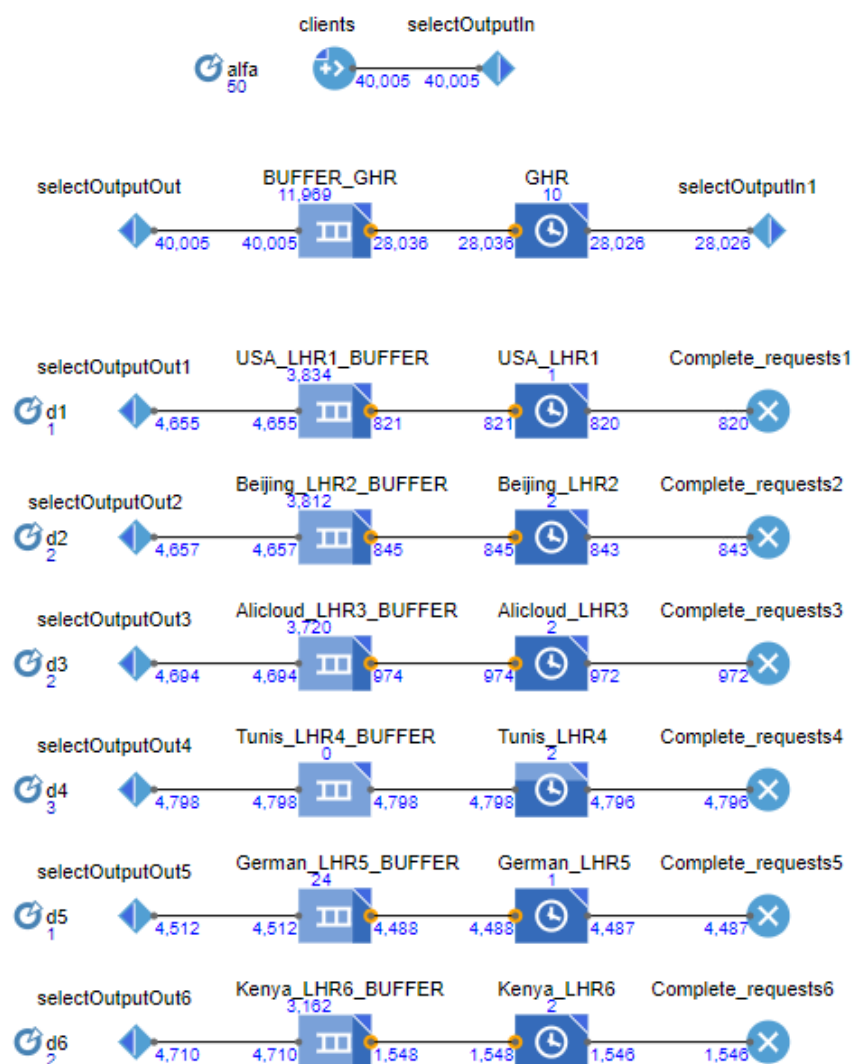


Рис. 4. DOA как система массового обслуживания

Параметр α – интенсивности нагрузки.

$d1...d6$ – количество серверов для каждого LHR соответственно, для простого эксперимента их значение было выбраны случайным образом.

Таблица 2.

Количество серверов и обработанные ими заявки при простом моделировании

Название сервера	Количество серверов	Количество обработанных заявок
d1	1	820
d2	2	843
d3	2	972
d4	3	4 796
d5	2	4 487
d6	1	1 546
d(GHR)	10	28 026

Из таблицы 2 видно, что регистр GHR за 200с моделирования успел обработать 28 тысяч 26 заявок, что значительно больше, чем на локальных регистрах, тем самым он является самым загруженным участком обработки заявок, а значит необходимо модифицировать систему для повышения её эффективности.

На рис. 5 гистограмма показывает полное время обработки идентификатора в системе DOA, из которой видно, что среднее время разрешения идентификатора было равно 47.383 с., при этом полностью было обработано 13 464 заявок.

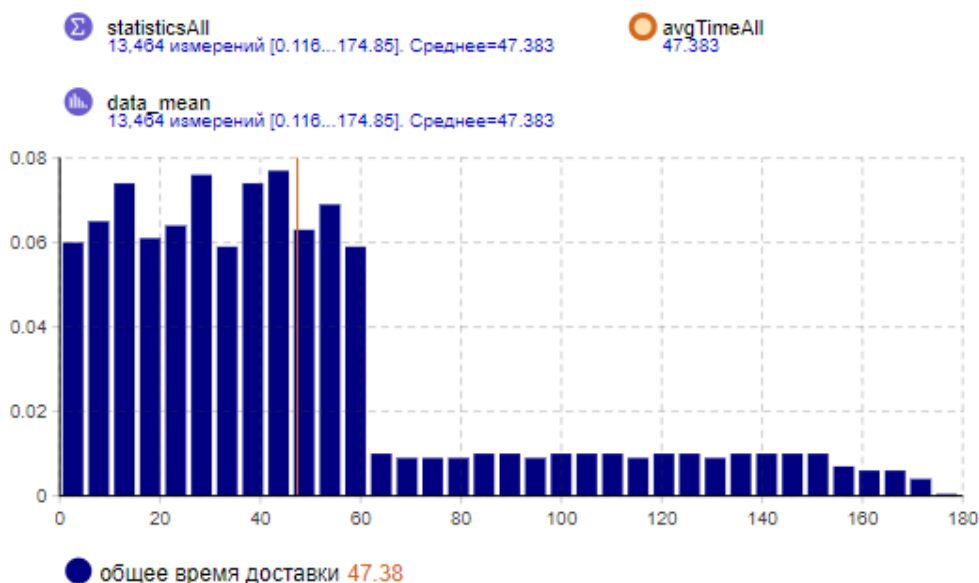


Рис. 5. Полное время обработки запроса в системе DOA

При анализе данных гистограммы (рис. 6) видно, что запросы в основном обработаны в течение первых 6с., это объясняется наличием очереди в буфере и определенном количестве серверов обработки запросов.

Эксперимент показал, что при данных сетевых задержках, выставленные случайным образом сервера разрешения идентификаторов обрабатывают неравномерное количество заявок, что оказывает влияние на общее время обработки запроса. Для установления оптимального количества серверов обработки необходимо провести дополнительный эксперимент, чтобы не допускать серьезных задержек.

При текущей конфигурации сети и временных задержках был проведен оптимизационный эксперимент, который направлен на установление наиболее подходящего количества серверов LHR и GHR в системе DOA. Эксперимент проводился путем многократного запуска модели с различным количеством серверов на LHR. Далее сравнивались результаты с предыдущим экспериментом, а именно время обработки и количество обработанных идентификаторов на каждом участке LHR и GHR. При улучшении показаний на определенном LHR количество серверов фиксировалось. Проводился эксперимент до тех пор, пока среднее время разрешения идентификатора не стало минимальным. Самый оптимальный вариант настройки параметров представлен в таблице 3 (см. ниже).

Кол-во	13,464			
Среднее	47.383			
Мин	0.116			
Макс	174.85			
Среднеквадр. отклонение	39.067			
Доверит. интервал для среднего	0.66			
Сумма	637,959.562			
от	до	Плотность вероятности	функция распределения	
0.11	5.23	813	813	
5.23	10.35	880	1,693	
10.35	15.47	1,003	2,696	
15.47	20.59	819	3,515	
20.59	25.71	867	4,382	
25.71	30.83	1,022	5,404	
30.83	35.95	791	6,195	
35.95	41.07	994	7,189	
41.07	46.19	1,041	8,230	
46.19	51.31	845	9,075	
51.31	56.43	930	10,005	
56.43	61.55	801	10,806	
61.55	66.67	141	10,947	
66.67	71.79	127	11,074	
66.67	71.79	127	11,074	
71.79	76.91	127	11,201	
76.91	82.03	127	11,328	
82.03	87.15	131	11,459	
87.15	92.27	128	11,587	
92.27	97.39	127	11,714	
97.39	102.51	131	11,845	
102.51	107.63	134	11,979	
107.63	112.75	132	12,111	
112.75	117.87	127	12,238	
117.87	122.99	136	12,374	
122.99	128.11	131	12,505	
128.11	133.23	119	12,624	
133.23	138.35	132	12,756	
138.35	143.47	129	12,885	
143.47	148.59	135	13,020	
148.59	153.71	131	13,151	
153.71	158.83	93	13,244	
158.83	163.95	78	13,322	
163.95	169.07	79	13,401	
169.07	174.19	57	13,458	
174.19	179.31	6	13,464	

Рис. 6. Анализ данных гистограммы полной обработки запроса

Таблица 3.

Результаты оптимизационного эксперимента

Регистр	Средняя задержка на разрешение, мс	Количество серверов	Количество обработанных заявок	Время обработки заявки на участке, мс
LHR 1	243,548	10	4 648	0,24
LHR 2	473,583	15	4 646	0,48
LHR 3	410,693	13	4 683	0,421
LHR 4	82,510	1	4 796	0,083
LHR 5	44,356	3	4 511	0,04
LHR 6	258,450	10	4 707	0,26
GHR	71,33	10	28 026	30,45

В результате эксперимента среднее время разрешения идентификатора снижается с 47,38 с до 30,67 с. Количество обработанных заявок становится в 1,5 раза больше с 13 464 до 27 991. На рис. 7 представлена гистограмма общего времени обработки запроса при оптимизационном эксперименте.

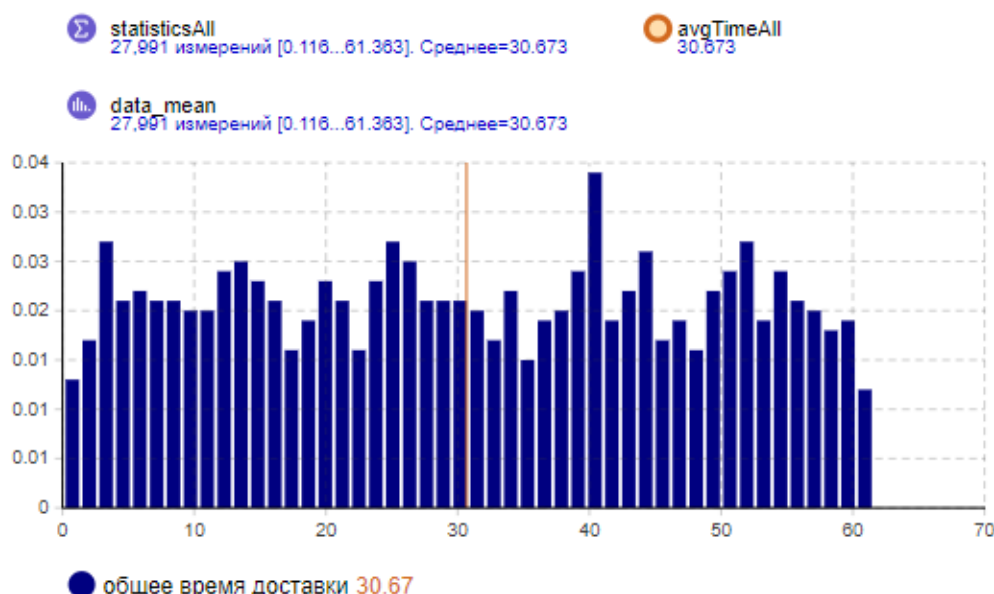


Рис. 7. Измерение общего времени обработки заявки при оптимизационном эксперименте

Так как трафиком этой технологии являются виртуальные Интернет вещи, от видеозаписи и трехмерных изображений до текстовых данных, то существует необходимость изучить влияние времени доставки информации на качество восприятия пользователя [9]. Ведь дальнейшее внедрение этой технологии в нашу жизнь зависит от удобства её использования в реальном времени. В этой главе будет изучен пользовательский опыт технологии дополненной реальности.

Рекомендации по планированию построения сетей приложений дополненной реальности

Качество восприятия (*Quality of Experience, QoE*) – это показатель восторга или раздражения опыта клиента в отношении услуги или приложения. QoE фокусируется на всем опыте обслуживания; включая в себя все системные составляющие и влияние человеческого фактора, связанного с присущими индивиду ожиданиями или содержимым получаемой информации.

В первую очередь, качество услуги дополненной реальности может быть субъективно оценено только человеком, так как происходит передача зрительной информации. Быстрое отображение информации пользователю является залогом успеха дополненной реальности [10].

Главная задача технологии – это создание модернизированного реального мира с добавленными в реальном времени цифровыми сущностями, если эта информация заставит пользователя ждать, то дополненная реальность обречена на провал. Это связано с активным использованием AR в большом бизнесе – это могут быть проекты, связанные с военным применением, строительным делом или здравоохранения. Следовательно, в дополненной реальности должны вовремя отображаться планируемые цифровые объекты, оперативно обрабатываться данные, поступающие сигналы от датчиков должны восприниматься и передаваться без ошибок, изменения и передвижения объектов должны быть приятны человеческому глазу.

Обеспечение корректной работы приложений дополненной реальности полностью зависит от качества обслуживания сети. Качество обслуживания определяется 4 ключевыми параметрами: полоса пропускания, задержка при передаче пакета, джиттер и потеря пакетов.

В предыдущем пункте была рассмотрена сетевая задержка, которая образована временем на разрешение идентификатора цифрового объекта. В результате имитационного моделирования среднее время разрешения идентификатора составляет 30,67 мс. На сегодняшний день известно, что в оптимальных условиях сетевая задержка составляет не менее 20 мс, а задержка сервера около 15 мс. Естественно это время сильно зависит от местоположения и вычислительной мощности серверной инфраструктуры. Следовательно, на данный момент необходимо изучить варианты уменьшения времени сетевой задержки и написать рекомендации по планированию построения сети приложений дополненной реальности.

1. Самое очевидное решение для полноценного погружения в дополненную реальность – это беспроводная технология 5G. Эта технология позволит обрабатывать данные в тысячу раз быстрее, чем они обрабатываются в современных беспроводных сетях. Чем выше скорость соединения, тем быстрее будут обрабатываться данные, и качество визуализации улучшится. В нынешних сетях 4G скорость передачи данных ограничивается до 100 Мбит/с. и поэтому пользователю заметна существующая сетевая задержка сигнала до 30 мс. Для реализации дополненной реальности в бизнесе этот факт является неприемлемым.

2. В рамках DOA предполагает взаимодействие глобального регистра GHR и распределенными LHR-серверами, расположенными в разных странах. Данная конфигурация элементов приводит к увеличенной сетевой задержки, величина которой оказывается неприемлемой для сервисов и приложений дополненной реальности. Для уменьшения времени сетевой задержки предлагается изменить систему резолюций, введя новый уровень MHR (*Middle Handle Register*) между GHR и LHR регистрами. Каждый MHR может быть привязан к определенному географическому региону на карте мира с учетом плотности и количества расположенных там устройств.

Заключение

В статье были рассмотрены методы идентификации цифровых объектов дополненной реальности на базе архитектуры цифровых объектов, а также составные части DOA: система репозитория, система реестра и система резолюции. Была исследована и смоделирована система DOA, как система массового обслуживания. В заключении, стоит отметить, что DOA является предпочтительной системой для идентификации объектов дополненной реальности, так как удовлетворяет требованиям оптимальной системы идентификации и позволяет следить за достоверностью информации в сети и безопасным ее использованием. Основываясь на результатах моделирования можно сказать, что текущая инфраструктура системы требует дальнейшего масштабирования и распределения для того, чтобы выдерживать большие нагрузки и минимизировать время разрешения поступающих запросов.

Литература

1. Белявский Д. М., Дарбинян С. С., Засурский И. И., Казарьян К. Р., Левова И. Ю., Харитонов В. В. Цифровая идентификация объектов: технология и не только. М.: Научное обозрение, 2016. 228 с.
2. Данилов К. Н., Кулик В. А., Киричек Р. В. Исследование методов идентификации и аутентификации устройств интернета вещей. М: Информационные технологии и телекоммуникации. 2016. Том 4. № 3. 49–57 с.
3. Аль-Бахри М. С., Киричек Р. В., Бородин А. С. Архитектура цифровых объектов как основа идентификации в эпоху цифровой экономики // Электросвязь. 2019. № 1. С. 12–22.
4. Аль-Бахри М. С. Метод идентификации устройств и приложений интернета вещей в гетерогенных сетях связи на базе архитектуры цифровых объектов // Электросвязь. 2019. № 4. С. 41–47.
5. Аль Бахри М. С., Киричек Р. В., Сазонов Д. Д. Моделирование системы идентификации устройств интернета вещей на базе архитектуры цифровых объектов // Труды учебных заведений связи. 2019. Т. 5, № 1. С. 42–47.
6. Al-Bahri M., Ateya A. A., Muthanna A. et al. Combating Counterfeit for IoT System based on DOA // Proceedings of the 2018 10th International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT) 2018, St. Petersburg, Russia, November 5–9, 2018. IEEE, 2018. Pp. 338–342.
7. Al-Bahri M., Yankovsky A., Borodin A., Kirichek R. Smart System Based on DOA and IoT for Products Monitoring and Anti-counterfeiting // 2019 4th MEC International Conference on Big Data and Smart City (ICBDSC). IEEE, 2019. Pp. 25–31.
8. Al-Bahri M., Yankovsky A., Borodin A., Kirichek R. Testbed for Identify IoT Devices Based on Digital Object Architecture // Internet of Things, Smart Spaces, and Next Generation Networks and Systems. Proceedings of 18th International Conference, NEW2AN 2018, and 11th Conference, ruSMART 2018, St. Petersburg, Russia, August 27–29, 2018. Cham: Springer, 2018. Pp. 129–137.
9. Michele Nitti, Virginia Pilloni, Giuseppe Colistra, Luigi Atzori. The Virtual Object as a Major Element of the Internet of Things: a Survey.
10. Маколкина М. А., Атея А. А., Мутханна А. С. А., Кучерявый А. Е. Метод выгрузки трафика приложений дополненной реальности в многоуровневой системе граничных вычислений // Электросвязь. 2019. № 6. С. 36–42.

References

1. Belyavskiy, D., Darbinyan, S., Zasurskiy, I., Kazaryan, K., Levova, I., Kharitonov, V. The Digital Object Identifier: Technology and Not Only. M.: Nauchnoe obozrenie, 2016. 228 p.
2. Danilov, K., Kulik, V., Kirichek, R. Review and Analysis of Methods of Identification and Authentication of the Internet of Things Devices // Telecom IT. 2016. Vol. 4. No. 3. Pp. 49–57. (in Russian).
3. Al-Bahri, M., Kirichek, R., Borodin, A. The Digital Object Architecture as a Basis for Identification in the Era of the Digital Economy // Elektrosvyaz'. 2019. No. 1. Pp. 12–22.
4. Al-Bahri, M. Method of Identification of Devices and Applications of the Internet of Things in Heterogeneous Communication Networks Based on Digital Object Architecture // Elektrosvyaz'. 2019. No. 4. Pp. 41–47.
5. Al-Bahri, M., Kirichek, R., Sazonov, D. A Digital Object Architecture Based Internet of Things Devices Identification System Modeling // Proceedings of Telecommunication Universities. 2019. Vol. 5. Iss. 1. Pp. 42–47.
6. Al-Bahri M., Ateya A. A., Muthanna A. et al. Combating Counterfeit for IoT System based on DOA // 10th International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT). 2018. Pp. 338–342.
7. Al-Bahri, M., Yankovsky, A., Borodin, A., Kirichek, R. Smart System Based on DOA and IoT for Products Monitoring and Anti-counterfeiting // 4th MEC International Conference on Big Data and Smart City (ICBDSC). 2019. Pp. 25–31.
8. Al-Bahri, M., Yankovsky, A., Borodin, A., Kirichek, R. Testbed for Identify IoT Devices Based on Digital Object Architecture // Lecture Notes in Computer Science. 2018. Vol. 11118. Pp. 129–137.

9. Nitti, M., Piloni, V., Colistra, G., Atzori, L. The Virtual Object as a Major Element of the Internet of Things: a Survey // IEEE Communications Surveys & Tutorials. 2016. Vol. 18. Iss. 2. Pp. 1228–1240.

10. Makolkina, M., Ateya, A. A., Muthanna, A. S., Koucheryavy, A. A New Multilevel MEC Based Scheme for Traffic Management in AR Based Networks // Elektrosvyaz'. 2019. No. 6. Pp. 36–42.

**Реутова
Дарья Олеговна**

– магистрант, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232,
Российская Федерация

**Киричек
Руслан Валентинович**

доктор технических наук, профессор, СПбГУТ,
Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация,
kirichek.sut@mail.ru

**Бородин
Алексей Сергеевич**

– кандидат политических наук, представитель в Женеве,
Ростелеком, Москва, 115172, Российская Федерация,
borodin.msk@mail.ru

Reutova Darya

– Undergraduate student, SUT, St. Petersburg, 193232,
Russian Federation

Kirichek Ruslan

Doctor of Engineering Sciences, Professor, SUT,
St. Petersburg, 193232, Russian Federation,
kirichek.sut@mail.ru

Borodin Alexey

– Candidate of Political Sciences, Representative in Geneva,
Rostelecom, Moscow, 115172, Russian Federation,
borodin.msk@mail.ru