

## АНАЛИЗ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕДАЧИ МНОГОМОДАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

*Ташкентский Государственный Технический Университет,  
кафедра «Радиотехнические устройства и системы» +998 946905731.  
ст. пр. Короткова Лариса Александровна,*

**Аннотация:** В статье представлены важные свойства многомодальной системы, определяющие способность системы передавать информацию в заданные временные рамки. Они включают в себя не только скорость передачи данных, но и учет задержек, допустимых для каждой модальности информации.

**Ключевые слова:** многомодальные сообщения, критериев эффективности, виртуальной реальности (VR) и дополненной реальности (AR).

В методике системного анализа является оценка результативности принятых решений и последствий их реализации. Под результативностью информационной системы понимается степень достижения поставленных целей при ее создании. Для принятия решения о степени достижения желаемой цели необходимо использовать критерий результативности - правило, которое позволяет сравнивать стратегии, характеризующиеся различной степенью достижения цели, и выбирать из них оптимальные варианты.[1]

Критерий результативности системы определяется на основе набора показателей. Показатель представляет собой количественную характеристику, которая позволяет оценить свойства системы с определенной стороны. Один из ключевых аспектов при оценке результативности информационных систем заключается в выборе и обосновании номенклатуры критериев результативности, которые описывают систему. Конкретный набор критериев результативности зависит от типа и задач информационной системы. В этом контексте выделяются следующие категории: интегральный показатель результативности системы; обобщенные и специфические показатели результативности. Интегральный показатель оценивает результативность системы в целом, обобщенные показатели результативности отражают различные аспекты функционирования системы, такие как технические, технологические, организационные и другие, а специфические показатели результативности включают конкретные характеристики системы в каждой из групп обобщенных показателей.

Обобщение специфических показателей часто решается с помощью взвешенного среднего:

$$F = \sum_{i=1}^k h_i F_i. \quad (1)$$

где  $F_i$  – частный показатель эффективности,  $h_i$  – вес частного показателя  $F_i$ . Вес, как правило, определяется экспертом, нормируется по  $k$  частным показателям. Однако подобная оценка носит субъективный характер.

При выборе критериев результативности необходимо понимать, что универсальных критериев, способных отразить специфику всех систем, не существует. Поэтому необходимо разработать критерии, которые отражают сущность информационных процессов в конкретной системе. На разных этапах разработки информационной системы оценка результативности преследует разные цели. Например, на этапе разработки системы оценка результативности проводится с целью проверки качества предлагаемых системотехнических решений и выбора наиболее подходящего варианта для достижения заданных характеристик, определенных требованиями технического задания. На этапе эксплуатации системы оценка результативности проводится для оценки качества ее функционирования, анализа характеристик в различных условиях и разработки рекомендаций по обеспечению требуемых условий функционирования, включая обоснование необходимости модернизации системы.

Качество информационной системы - это совокупность ее свойств, которые обеспечивают возможность использования системы для удовлетворения определенных потребностей согласно ее назначению. Выделяются 10 характеристик качества функционирования информационной системы (надежность, своевременность, полнота, актуальность, безошибочность, конфиденциальность и т.д.) и 16 основных показателей качества функционирования информационной системы, для которых устанавливаются конкретные значения. В этом контексте следует уделить внимание свойствам, отражающим функционал передачи многомодальной информации, таким как точность, своевременность и производительность. Точность является свойством многомодальной системы, обеспечивающим получение согласованных результатов обработки и передачи многомодальных сообщений. Это означает, что система должна гарантировать правильность и надежность передачи всех модальностей информации, чтобы обеспечить точность передаваемых данных. Система должна обеспечивать своевременную доставку всех модальностей информации без превышения заданных временных ограничений. Производительность представляет собой характеристику многомодальной системы, отражающую ее способность обрабатывать и передавать информацию с высокой эффективностью. Это может включать в себя скорость передачи, пропускную способность системы, а также оптимальное использование ресурсов для обеспечения эффективной работы всех модальностей информации.[2]

При разработке критериев эффективности для системы передачи многомодальной информации следует учитывать эти специфические свойства и обеспечивать их соответствие требованиям и целям конкретной системы. В рамках систем передачи данных свойство точности можно формализовать в следующем виде:

Своевременность – свойство системы передачи обеспечивать доставку информации в сроки, гарантирующие выполнение соответствующей функции согласно целевому назначению системы.

Производительность – свойство системы обеспечивать обслуживание с требуемым качеством требуемого объема данных на заданном интервале времени. В простейшем случае это характеристика удовлетворения требований класса QoS. Передачи информации в IP-сетях можно поделить на категории, исходя из значений основных характеристик передачи IP-пакетов. Требования к QoS вытекают из характера предоставляемых услуг. Удовлетворение требований системы обеспечивать обслуживание с требуемым качеством требуемого объема данных на заданном интервале времени определяет такой критерий эффективности как производительность.

Выделяют следующие классы QoS (таблица 1): Классы 0 и класс 1 определены для потоков данных реального времени, которые крайне чувствительны к вариации задержки; Классы 2 и 3 определены для передачи данных, для которых характерна высокая степени интерактивности; Класс 4 определен для данных, чувствительных к потере (передача массивов данных, потоковое видео); Класс 5 – приложения IP-сетей с характеристиками передачи по умолчанию.

Таблица 1. Классы QoS и предельные значения характеристик доставки пакетов согласно МСЭ У.1541

Характеристики доставки IP-пакета	Классы качества передачи информационных потоков					
	0	1	2	3	4	5
Задержка доставки IP-пакета, IPTD	100 мс	400 мс	100 мс	400 мс	1 с	Не опр.
Вариация задержки доставки IP-пакета, IPDV	50 мс	50 мс	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.
Доля потерянных пакетов, IPLR	$1 * 10^{-3}$	$1 * 10^{-3}$	$1 * 10^{-3}$	$1 * 10^{-3}$	$1 * 10^{-3}$	Не опр.
Доля IP-пакетов, переданных с ошибкой, IPER	$1 * 10^{-4}$	$1 * 10^{-4}$	$1 * 10^{-4}$	$1 * 10^{-4}$	$1 * 10^{-4}$	Не опр.

В [3] были рассмотрены все характеристики QoS для различных модальностей (таблица 2): тактильной, визуальной, речевой, и 3D. В контексте взаимодействия оператора рассмотрена тактильная модальность. Нестабильная работа таких

систем вызвана нежелательной задержкой, вариацией задержки и потерей пакетов. Тактильные данные особенно чувствительны к задержке, так как кинестетические и тактильные обратные связи требуют быстрого временного отклика (обычно от 1 до 50 мс). Для систем межмашинного взаимодействия (M2M) критически важным является низкая задержка (1–10 мс) для взаимодействия с быстро движущимися объектами. Для обеспечения стабильности и прозрачности таких систем необходимо, чтобы вариация задержки была менее 2 мс, а потеря данных составляла от 0,01% до 10%. Для достижения высокой точности в передаче тактильных ощущений требуется частота обновления более 1 кГц, то есть устройство должно получать 1000 кадров в секунду. Полоса пропускания тактильных данных обычно не оказывает значительного влияния, так как объем данных на кадр (обычно 512 кбит/с) для кинестетической и тактильной обратной связи относительно невелик. Модель поступления тактильной модальности может быть описана с помощью модели Гилберта-Эллиота с марковским процессом с двумя состояниями. Таким образом, для тактильных систем критическими параметрами являются задержка, вариация задержки, частота обновления, а также устойчивость к потере данных и пропускной способности.

Видео представляет собой последовательность визуальных кадров, синхронизированных по времени. Частота обновления видео обычно составляет 30 кадров в секунду, и требования к качеству обслуживания (QoS) должны быть выполнены в установленные временные рамки для поддержания связи между кадрами. Задержка видео не должна превышать 400 мс, вариация задержки должна быть менее 30 мс. Видео в реальном времени требует большой пропускной способности. Потеря данных при рендеринге видео не должна превышать 1%, а частот обновления видео должна составлять около 30 кадров в секунду.

Таблица 2. Требования к характеристикам QoS для передачи различных модальностей

QoS метрика	Человеко-машинные тактильные ощущения	Видео	Аудио	3D	Обоняние	Машинно-человеческая тактильная обратная связь	
Тип пакета	Позиция, Сила, Крутящий момент	H.264/MPEG-4	Долби-Сураунд	Сетка, Текстура	Запах	Кинестетические сигналы	Тактильные сигналы
Размер пакета(В)	1 DoF: 2-8	1.5К	>50	1.5	1	1 DoF: 2-8	1 DoF: 2-8
	3 DoFs: 6-24					10 DoFs: 20-80	
	6 DoFs: 12-48					100 DoFs: 200-800	
Вариация задержки (мс)	1-2	30	30	30	$\leq 2$ 3	2	1
Задержка (мс)	1-50	$\leq 400$	$\leq 150$	100-300	0-1500	10	1
Пропускная способность (кбит/с)	$\geq 512$	$\geq 2500$	$\geq 128$	$\geq 1200$	0.008	$\geq 512$	$\geq 1000$
Уровень потери данных (%)	0.01-10	1	1	1-10	1	10	0.01
Частота обновления (Гц)	$\geq 1000$	30	20	30	0.1-10	$\geq 500$	$\geq 1000$

Таким образом, для видео требуются низкая задержка, низкая вариация задержки, высокая пропускная способность и достаточная частота обновления для обеспечения приемлемого качества воспроизведения.

Аудио данные представляют собой непрерывный колебательный сигнал голоса или звука. В случае передачи голосовых пакетов по IP-сети в приложениях VoIP, требуются гарантированная пропускная способность и минимальная задержка и вариация задержки. Для аудио модальности диапазон задержки должен быть менее 150 мс, а вариация задержки должна оставаться в пределах 30 мс. Частота обновления аудио должна быть не менее 20 кадров в секунду, учитывая, что человеческое ухо воспринимает частоты примерно до 20 Гц. Для обеспечения качества воспроизведения аудио потеря данных должна быть ниже 1%, а пропускная способность должна быть достаточной (более 200 Кбит/с).

В итоге, для каждой модальности (тактильной, видео и аудио) существуют определенные требования к задержке, вариации задержки, частоте обновления, потере данных и пропускной способности. Эти требования направлены на обеспечение высокого качества обслуживания и удовлетворения пользователей

в мультимодальных системах.

Трехмерная графика (3D) представляет собой способ представления данных в геометрическом пространстве, используя элементы длины, ширины и глубины. В контексте виртуальной реальности (VR) и дополненной реальности (AR), 3D играет важную роль в создании и разработке приложений. Для обеспечения качества обслуживания (QoS) трехмерной графики были определены некоторые параметры. В частности, сквозная задержка должна быть от 100 мс до 300 мс, вариация задержки не должна превышать 30 мс, частота обновления 3D-изображения должна составлять 30 кадров в секунду, потеря данных должна быть менее 10%, а пропускная способность должна превышать 1,2 Мбит/с.[4]

Система телеобоняния представляет собой передачу запахов через вычислительную сеть. Пользователи могут ощущать ароматы, находящиеся в удаленном месте, с помощью ароматических датчиков и обонятельного дисплея. Однако создание системы передачи запахов представляет фундаментальные трудности, связанные с множеством обонятельных рецепторов в носу человека. Несмотря на ограниченное количество исследований в этой области, было определено несколько параметров QoS для телеобоняния. Одна из работ оценивала задержку, время очищения от предыдущего запаха, время формирования запаха и время доставки. В другом исследовании изучалось влияние задержки передачи данных запаха на игровой процесс, и определено, что максимальная вариация задержки должна быть менее 23 мс. Воспринимаемая задержка может колебаться от 0 до 1500 мс. Пропускная способность для передачи запахов должна быть основана на качестве запахов, а не их количестве. Также было исследовано необходимая частота обновления виртуального ольфакторного приложения, которая составляет от 0,1 до 10 Гц, а время переключения между ароматами составляет от 1 до 10 с.

Таким образом, для каждой модальности существуют определенные требования к параметрам QoS. С учетом этих требований и особенностей каждой многомодальной системы, можно сделать вывод, что класс QoS для передачи многомодальной информации может быть выбран индивидуально, в зависимости от набора модальностей, используемых в конкретной системе. Определение класса QoS для сервиса передачи многомодальной информации зависит от предельных значений характеристик QoS и спецификаций многомодальных приложений. С учетом этих факторов, можно сказать, что такой сервис может относиться как к нулевому классу QoS, который предполагает минимальные требования и низкую степень гарантированности качества обслуживания, так и к первому классу QoS, который обеспечивает более высокую степень гарантированности и уровень качества обслуживания.



Выбор класса QoS будет зависеть от конкретных потребностей и целей системы передачи многомодальной информации.

### Список литературы

1. Карпов А.А. Реализация автоматической системы многомодального распознавания речи по аудио-и видеоинформации / А.А. Карпов // Автоматика и телемеханика. – 2014. – № 12. – С. 125-138.
2. Басов О.О. Качество функционирования и эффективность полимодальных инфокоммуникационных систем/ О.О. Басов, И.А. Сайтов // Информатика и автоматизация. – 2014. – Т. 1. – №. 32. – С. 152-170.
3. Басов О.О. Модели и метод синтеза полимодальных инфокоммуникационных систем: дис.д-ра техн. наук: 05.13.01 / Олег Олегович Басов. – Санкт-Петербург, 2016. – 292 с.
4. Волкова В. Н. Теория систем и системный анализ/ В.Н. Волкова, А. А Денисов. – Москва: Юрайт, 2012. – С. 679.