



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2013127127, 14.06.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
14.06.2013Дата регистрации:  
11.10.2017

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
15.06.2012 US 13/524,084

(43) Дата публикации заявки: 20.12.2014 Бюл. № 35

(45) Опубликовано: 11.10.2017 Бюл. № 29

Адрес для переписки:

190000, Санкт-Петербург, Вох-1125,  
"ПАТЕНТИКА"

(72) Автор(ы):

КРО Стивен Б. (US)

(73) Патентообладатель(и):

Зе Боинг Компани (US)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: US 6549829 B1, 15.04.2003. US  
7579984 B2, 25.08.2009. US 7962255 B2,  
14.06.2011. RU 2236692 C2, 20.09.2004. RU  
2009145970 A, 20.06.2011.

## (54) КОМПЕНСАЦИЯ ЗАДЕРЖКИ

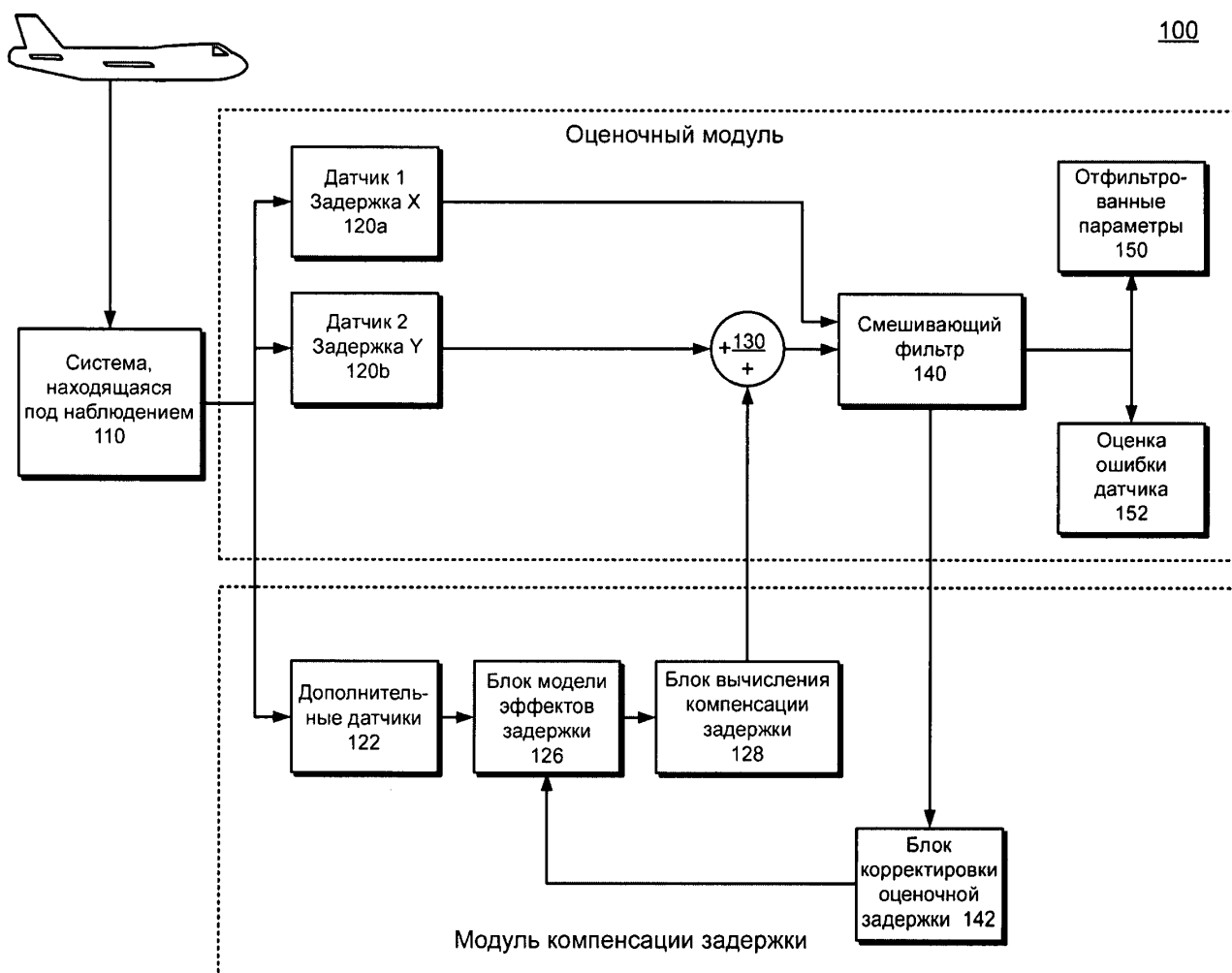
(57) Реферат:

Группа изобретений относится к способу и автоматизированной системе для компенсации задержки в динамической системе. Для компенсации задержки вычислительной системой принимают два массива параметрических данных от двух датчиков, вырабатывают первый параметр регулировки компенсации задержки, связанный со вторым массивом, на основе дополнительного массива параметрических данных от дополнительного датчика, вырабатывают отфильтрованные параметры на основе первого и второго массивов и параметра

регулировки компенсации задержки, вырабатывают выходные данные для автоматизированной системы управления самолета на основе отфильтрованных параметров. Автоматизированная система содержит процессор и машиночитаемый носитель, на который сохранены логические команды для реализации вышеуказанного способа. Обеспечивается компенсация задержки данных датчиков при передаче их вычислительной системе автоматизированной системы управления. 2 н. и 12 з.п. ф-лы, 3 ил.

RU 2 633 034 C2

RU 2 633 034 C2



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.

*G05B 17/00* (2006.01)*G06F 17/00* (2006.01)*G01S 19/00* (2010.01)*G05D 1/00* (2006.01)(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2013127127, 14.06.2013**(24) Effective date for property rights:  
**14.06.2013**Registration date:  
**11.10.2017**

Priority:

(30) Convention priority:  
**15.06.2012 US 13/524,084**(43) Application published: **20.12.2014** Bull. № 35(45) Date of publication: **11.10.2017** Bull. № 29

Mail address:

**190000, Sankt-Peterburg, Vokh-1125,  
"PATENTIKA"**

(72) Inventor(s):

**KRO Stiven B. (US)**

(73) Proprietor(s):

**Ze Boing Kompani (US)**(54) **DELAY COMPENSATION**

(57) Abstract:

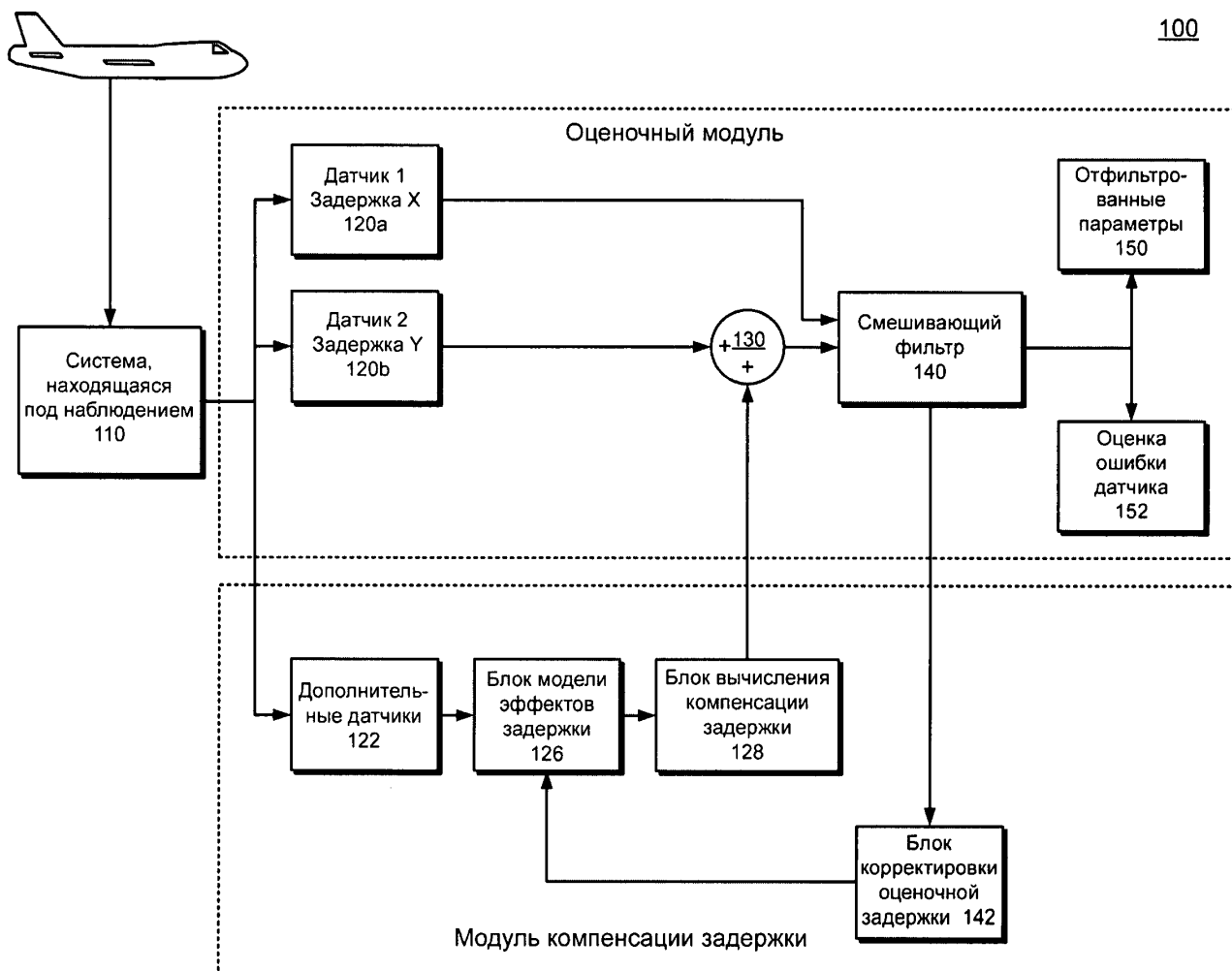
FIELD: radio engineering, communication.

SUBSTANCE: to compensate for the delay, the computer system receives two parametric data arrays from two sensors, generates the first delay compensation adjustment parameter associated with the second array based on an additional parametric data array from the additional sensor, the filtered parameters based on the first and the second arrays, and the adjustment parameter of the delay compensation are produced, the

output data for the aircraft automated control system based on the filtered parameters are generated. The automated system comprises a processor and a computer-readable medium, in which logical commands are stored for implementing the above method.

EFFECT: delay compensation of the sensor data, when it is transferred to the computation system of the automated control system.

14 cl, 3 dwg



Фиг. 1

## Уровень техники

Объект, описанный в данном документе, относится к электронной обработке и автоматизированному моделированию реальных событий, а конкретнее к методам компенсации задержки в автоматизированных системах, которые используют входные  
5 данные от многочисленных источников данных для измерения динамических характеристик реальных систем.

Комплексные, динамические системы могут быть смоделированы по входным данным от многочисленных датчиков, расположенных во всей системе. В качестве примера авиационная промышленность предоставила возможность автоматизированной посадки  
10 посредством дифференциальной глобальной системы позиционирования (GPS). Эта возможность известна как система посадки посредством глобальной навигационной спутниковой системы (GLS). GLS сертифицирована для предприятий коммерческого воздушного сообщения (CAT). Некоторые автоматизированные системы посадки могут принимать выходные данные многочисленных датчиков разного типа для получения  
15 информации о положении и ориентации самолета. Выходные данные различных датчиков могут быть подвержены эффектам задержки, в частности во время маневров, которые могут привести к отклонению результатов моделирования.

Соответственно системы и способы компенсации задержки можно признать полезными.

## Сущность изобретения

Далее раскрываются системы и способы компенсации задержки. В одном варианте осуществления автоматизированный способ компенсации задержки в динамической системе содержит прием по меньшей мере первого массива параметрических данных от первого датчика и второго массива параметрических данных от второго датчика,  
25 направление по меньшей мере первого массива параметрических данных и второго массива параметрических данных в обрабатывающий фильтр, прием дополнительного массива параметрических данных о динамической системе от по меньшей мере одного дополнительного датчика, построение модели эффектов задержки по первому массиву параметрических данных и второму массиву параметрических данных и использование  
30 модели эффектов задержки для компенсации вызванных задержкой расхождений между первым массивом параметрических данных и вторым массивом параметрических данных.

В другом варианте осуществления автоматизированная система компенсации задержки в динамической системе содержит процессор и логические команды,  
35 сохраненные на физическом машиночитаемом носителе, соединенном с процессором, которые при их исполнении процессором настраивают этот процессор на прием по меньшей мере первого массива параметрических данных от первого датчика и второго массива параметрических данных от второго датчика, направление по меньшей мере первого массива параметрических данных и второго массива параметрических данных  
40 в обрабатывающий фильтр, прием дополнительного массива параметрических данных о динамической системе от по меньшей мере одного дополнительного датчика, построение модели эффектов задержки по первому массиву параметрических данных и второму массиву параметрических данных и использование модели эффектов задержки для компенсации вызванных задержкой расхождений между первым массивом  
45 параметрических данных и вторым массивом параметрических данных.

Еще в одном варианте осуществления компьютерный программный продукт для компенсации задержки в динамической системе содержит логические команды, сохраненные на физическом машиночитаемом носителе, соединенном с процессором,

которые при их исполнении процессором настраивают этот процессор на прием по меньшей мере первого массива параметрических данных от первого датчика и второго массива параметрических данных от второго датчика, направление по меньшей мере первого массива параметрических данных и второго массива параметрических данных в обрабатывающий фильтр, прием дополнительного массива параметрических данных о динамической системе от по меньшей мере одного дополнительного датчика, построение модели эффектов задержки по первому массиву параметрических данных и второму массиву параметрических данных и использование модели эффектов задержки для компенсации вызванных задержкой расхождений между первым массивом параметрических данных и вторым массивом параметрических данных.

На чертежах и в тексте на примере одного объекта раскрывается способ компенсации задержки в динамической системе 100, включающий прием по меньшей мере первого массива параметрических данных от первого датчика 120a и второго массива параметрических данных от второго датчика 120b, направление по меньшей мере первого массива параметрических данных и второго массива параметрических данных в обрабатывающий фильтр, прием дополнительного массива параметрических данных о динамической системе от по меньшей мере одного дополнительного датчика 122, построение модели 126 эффектов задержки по первым параметрическим данным и вторым параметрическим данным и использование модели 126 эффектов задержки для компенсации вызванных задержкой расхождений между первым массивом параметрических данных и вторым массивом параметрических данных.

В другом варианте указанного способа используемая модель 126 эффектов задержки для компенсации вызванных задержкой расхождений между первым массивом параметрических данных и вторым массивом параметрических данных может включать в себя: вычисление параметра регулировки компенсации задержки для по меньшей мере одного из массивов параметрических данных - первого или второго - и применение параметра регулировки компенсации задержки к по меньшей мере одному из массивов параметрических данных - первому или второму.

В еще одном варианте способ может дополнительно включать определение, в обрабатывающем фильтре 140, обработанных параметрических данных, полученных из первого массива параметрических данных и второго массива параметрических данных.

В еще одном варианте способ может дополнительно включать определение, в обрабатывающем фильтре 140, возможных значений параметра регулировки компенсации задержки и передачу оценочных значений параметра регулировки компенсации задержки в качестве коэффициента обратной связи в блок модели 126 эффектов задержки.

В еще одном варианте способ может дополнительно включать получение, в обрабатывающем фильтре 140, выходных данных, соответствующих обработанным параметрическим данным.

В еще одном варианте способа построение модели 126 эффектов задержки по первым параметрическим данным и вторым параметрическим данным может включать в себя компенсацию позиционных расхождений с течением времени при движении между первым датчиком 120a и вторым датчиком 120b.

В еще одном варианте способа первый датчик 120a может содержать инерциальную измерительную систему, второй датчик 120b может содержать измерительную систему на основе системы глобального позиционирования (GPS) и построение модели 126 эффектов задержки по первым параметрическим данным и вторым параметрическим

данным может содержать компенсацию временных расхождений с течением времени при движении между первым датчиком 120a и вторым датчиком 120b.

На примере одного объекта раскрывается автоматизированная система 200 компенсации задержки в динамической системе 100, включающая: процессор 222 и логические команды, сохраненные на физическом машиночитаемом носителе, соединенном с процессором 222, которые при исполнении их процессором 222 настраивают процессор 222 на прием по меньшей мере первого массива параметрических данных от первого датчика 120a и второго массива параметрических данных от второго датчика 120b, направление по меньшей мере первого массива параметрических данных и второго массива параметрических данных в обрабатывающий фильтр 140, прием дополнительного массива параметрических данных о динамической системе 100 от по меньшей мере одного дополнительного датчика 122, построение модели 126 эффектов задержки по первым параметрическим данным и вторым параметрическим данным и использование модели 126 эффектов задержки для компенсации вызванных задержкой расхождений между первым массивом параметрических данных и вторым массивом параметрических данных.

В другом варианте эта система может дополнительно включать логические команды, сохраненные на физическом машиночитаемом носителе, соединенном с процессором 222, которые при исполнении их процессором 222 настраивают процессор 222 на вычисление параметра регулировки компенсации задержки для по меньшей мере одного из массивов параметрических данных - первого или второго - и применение параметра регулировки компенсации задержки к по меньшей мере одному из массивов параметрических данных - первому или второму.

В еще одном варианте автоматизированная система может дополнительно включать логические команды, сохраненные на физическом машиночитаемом носителе, соединенном с процессором 222, которые при исполнении их процессором 222 настраивают процессор 222 на определение, в обрабатывающем фильтре 140, обработанных параметрических данных, полученных из первого массива параметрических данных и второго массива параметрических данных.

В еще одном варианте автоматизированная система дополнительно включает в себя логические команды, сохраненные на физическом машиночитаемом носителе, соединенном с процессором 222, которые при исполнении их процессором 222 настраивают процессор 222 на определение, в обрабатывающем фильтре 140, оценочного значения параметра регулировки компенсации задержки и передачи оценочного значения параметра регулировки компенсации задержки в качестве коэффициента обратной связи в блок модели 126 эффектов задержки.

В еще одном варианте автоматизированная система дополнительно включает в себя логические команды, сохраненные на физическом машиночитаемом носителе, соединенном с процессором 222, которые при исполнении их процессором 222 настраивают процессор 222 на получение, в обрабатывающем фильтре 140, выходных данных, которые соответствуют обработанным параметрическим данным.

В еще одном варианте автоматизированной системы 200 построение модели 126 эффектов задержки по первым параметрическим данным и вторым параметрическим данным может содержать компенсацию позиционных расхождений с течением времени при движении между первым датчиком 120a и вторым датчиком 120b.

В еще одном варианте автоматизированная система 200 может включать в себя первый датчик 120a, содержащий инерциальную измерительную систему, второй датчик 120b, содержащий измерительную систему, основанную на системе глобального

позиционирования (GPS), и дополнительно содержать логические команды, сохраненные на физическом машиночитаемом носителе, соединенном с процессором 222, которые при исполнении их процессором 222 настраивают процессор 222 на компенсацию временных расхождений с течением времени при движении между первым датчиком 120a и вторым датчиком 120b.

На примере одного объекта раскрывается компьютерный программный продукт для компенсации задержки в динамической системе 100, содержащей логические команды, сохраненные на физическом машиночитаемом носителе, соединенном с процессором 222, которые при исполнении их процессором 222 настраивают процессор 222 на прием по меньшей мере первого массива параметрических данных от первого датчика 120a и второго массива параметрических данных от второго датчика 120b, направление по меньшей мере первого массива параметрических данных и второго массива параметрических данных в обрабатывающий фильтр 140, прием дополнительного массива параметрических данных о динамической системе 100 от по меньшей мере одного дополнительного датчика 122, построение модели 126 эффектов задержки по первым параметрическим данным и вторым параметрическим данным и использование модели 126 эффектов задержки для компенсации вызванных задержкой расхождений между первым массивом параметрических данных и вторым массивом параметрических данных.

В другом варианте компьютерный программный продукт дополнительно включает в себя логические команды, сохраненные на физическом машиночитаемом носителе, соединенном с процессором 222, которые при исполнении их процессором 222 настраивают процессор 222 на вычисление параметра регулировки компенсации задержки для по меньшей мере одного из массивов параметрических данных - первого или второго - и применение этого параметра регулировки компенсации задержки к по меньшей мере одному из массивов параметрических данных - первому или второму.

В еще одном варианте компьютерный программный продукт может дополнительно включать логические команды, сохраненные на физическом машиночитаемом носителе, соединенном с процессором 222 в приемнике, принимающем информационный поток, при этом исполнение логических команд процессором 222 настраивает процессор 222 на определение, в обрабатывающем фильтре 140, обработанных параметрических данных, полученных из первого массива параметрических данных и второго массива параметрических данных.

В еще одном варианте компьютерный программный продукт может дополнительно включать логические команды, сохраненные на физическом машиночитаемом носителе, соединенном с процессором 222, которые при исполнении их процессором 222 настраивают процессор 222 на определение, в обрабатывающем фильтре 140, оценочного значения параметра регулировки компенсации задержки и передачу оценочного значения параметра регулировки компенсации задержки в качестве коэффициента обратной связи в модель эффектов задержки 126.

В еще одном варианте компьютерный программный продукт может дополнительно включать логические команды, сохраненные на физическом машиночитаемом носителе, соединенном с процессором 222 в приемнике, принимающем информационный поток, при этом исполнение логических команд процессором 222 настраивают процессор 222 на получение, в обрабатывающем фильтре 140, выходных данных, которые соответствуют обработанным параметрическим данным.

В еще одном варианте компьютерного программного продукта построение модели 126 эффектов задержки по первым параметрическим данным и вторым параметрическим



данным может содержать компенсацию позиционных расхождений с течением времени при движении между первым датчиком 120a и вторым датчиком 120b.

В еще одном варианте компьютерный программный продукт включает в себя первый датчик 120a, содержащий инерциальную измерительную систему, второй датчик 120b, содержащий измерительную систему, основанную на системе глобального позиционирования (GPS), и дополнительно включает в себя логические команды, сохраненные на физическом машиночитаемом носителе, соединенном с процессором 222, которые при исполнении их процессором 222 настраивают процессор 222 на компенсацию временных расхождений с течением времени при движении между первым датчиком 120a и вторым датчиком 120b.

Более того, области применения будут ясны из описания, представленного в данном документе. Следует понимать, что описание и конкретные примеры приведены только с целью иллюстрации и не предназначены ограничивать объем настоящего изобретения.

#### Краткое описание чертежей

Варианты осуществления способов, систем и компьютерных программных продуктов в соответствии с основными положениями настоящего изобретения подробно описаны ниже по тексту со ссылкой на следующие чертежи.

Фиг.1 представляет собой упрощенную иллюстрацию системы для осуществления компенсации задержки, согласно вариантам осуществления.

Фиг.2 представляет собой упрощенную иллюстрацию вычислительного устройства, которое может быть приспособлено для внедрения в систему и способ компенсации задержки в соответствии с некоторыми вариантами осуществления.

Фиг.3 представляет собой алгоритмическую схему, изображающую операции способа компенсации задержки согласно вариантам осуществления.

#### Подробное описание

Далее в данном документе раскрываются системы и способы компенсации задержки. Характерные детали конкретных вариантов осуществления приведены далее в описании и на чертежах для полного понимания подобных вариантов осуществления. Однако специалисту в данной области техники понятно, что другие варианты осуществления могут быть внедрены без некоторых подробностей, приведенных в следующем описании.

В основном объект, описанный в данном документе, относится к методам компенсации задержки в системах, которые моделируют реальные события посредством смешивания входных данных от многочисленных датчиков, измеряющих различные параметры. В некоторых вариантах осуществления значения параметров датчика могут быть смешаны в фильтре, например комплементарном фильтре или фильтре Калмана. Во многих областях применения такие фильтры предназначены для получения оценки ошибки измерения, например оценки относительного отклонения, которую можно использовать для коррекции ошибки измерения, такого как отклонение, в данных одного из источников. Различные события могут ввести задержку между значениями параметров, передаваемыми различными датчиками. Разные задержки от источников входных данных таких фильтров могут вызвать нежелательные искажения выходных данных фильтра, которые могут нарушить оценку относительного отклонения, полученную в фильтре.

Как описано в данном документе, задержка может быть компенсирована посредством построения модели эффектов задержки на основе различных датчиков и использования модели для вычисления коэффициента компенсации задержки для по меньшей мере одного из параметров. Коэффициент компенсации задержки можно затем применить к этому (им) параметру (ам) для компенсации расхождений задержки между

многочисленными датчиками. В некоторых вариантах осуществления система компенсации задержки может принимать коэффициент обратной связи в виде оценочного значения задержки, которое можно применить для обновления модели, так что модель может уточняться со временем при использовании в реальных условиях.

5       Различные варианты осуществления могут быть воплощены применительно к автоматизированным системам посадки самолета. В качестве примера некоторый самолет включает в себя системы автоматизированного управления, которые содержат комплементарные фильтры, обрабатывающие входные данные положения от GPS-датчиков и гироскопических или инерциальных датчиков, расположенных по всему  
10       самолету. Когда самолет летит по прямой линии, выходные данные этих датчиков могут быть по существу взаимосвязанными. Однако когда самолет маневрирует, в выходные данные одного или более датчика может быть внесена задержка, например, из-за расхождений положений датчиков в самолете или из-за временных расхождений скоростей дискретизации. Системы и способы, описанные в данном документе,  
15       предоставляют возможность системам автоматизированного управления компенсировать ошибки, вносимые задержкой, в датчиках. В других вариантах осуществления системы и способы, описанные в данном документе, могут быть воплощены в инерциально-навигационном блоке или многорежимном приемнике, который смешивает GPS-данные положения с инерциальными данными.

20       Фиг.1 представляет собой упрощенную иллюстрацию системы 100 компенсации задержки согласно вариантам осуществления. Согласно фиг.1, упомянутому в кратком обзоре, в одном варианте осуществления система 110, находящаяся под наблюдением, может включать в себя множество датчиков, включающих первый датчик 120a и второй датчик 120b, которые регистрируют различные параметры, относящиеся к одному и  
25       тому же свойству. Кроме того, система 110, находящаяся под наблюдением, может включать в себя дополнительные датчики 122, которые регистрируют различные параметры, относящиеся к разным свойствам.

В качестве примера в некоторых вариантах осуществления система 110, находящаяся под наблюдением, может представлять собой самолет. В этом варианте осуществления  
30       первый датчик 120a может представлять собой GPS-датчик, а второй датчик 120b может представлять собой инерциальный датчик. Датчики 120a и 120b могут представлять собой компоненты автоматизированной системы управления, такой как система посадки, основанная на GPS и дополненная опорным инерциальным блоком, как описано в патенте США №7962255, выданном Krogh и др., описание которого включено в данный  
35       документ посредством ссылки в полном объеме. Дополнительные датчики 122 могут включать в себя датчики, которые регистрируют другие параметры самолета, например путевую скорость, ориентацию, скорость, перпендикулярную взлетно-посадочной полосе (ВПП), и аналогичные параметры.

Система 100 дополнительно включает в себя модель эффектов задержки 126, блок  
40       128 вычисления компенсации задержки, обрабатывающий фильтр 140 и блок 142 корректировки оценочного значения задержки.

Обрабатывающий фильтр 140 может быть выполнен как комплементарный фильтр, фильтр Калмана, фильтр Винера, алгоритм оценки максимального правдоподобия или другой синтез данных или алгоритм оценки; обрабатывающий фильтр выдает  
45       отфильтрованные параметрические данные 150 и оценку 152 ошибки датчика. В некоторых вариантах осуществления обрабатывающий фильтр может быть выполнен в виде дискретных логических компонентов, как описано в патенте США №6549829, выданном Anderson и др., описание которого включено в данный документ посредством

ссылки в полном объеме. В других вариантах осуществления блок 128 вычисления компенсации задержки и сумматор 130 могут быть включены в фильтр Калмана с величиной задержки, включенной в качестве состояния системы.

В альтернативных вариантах осуществления один компонент системы 100 или более может быть воплощен в виде логических команд, сохраненных на физическом машиночитаемом носителе, который может быть реализован в качестве периферийного устройства вычислительной системы. Фиг.2 представляет собой упрощенную иллюстрацию вычислительного устройства, которое может быть приспособлено для реализации системы и способа компенсации задержки в соответствии с некоторыми вариантами осуществления. В одном варианте осуществления система 200 может включать в себя одно прилагаемое устройство ввода-вывода или более, содержащее дисплей 202 с экраном 204, один динамик 206 или более, клавиатуру 210, одно или несколько других устройств 212 ввода-вывода и мышь 214. Другое (ие) устройство (а) 212 ввода-вывода может включать в себя сенсорную панель, входное устройство с голосовым управлением, шаровой манипулятор и любое другое устройство, которое предоставляет возможность системе 200 принять входные данные от пользователя.

Вычислительная система 200 включает в себя аппаратное обеспечение 220 системы и память 230, которые могут быть выполнены в виде оперативного запоминающего устройства и/или постоянного запоминающего устройства. Файловое запоминающее устройство 280 может быть связано с системой 200. Файловое запоминающее устройство 280 может представлять собой внутреннее устройство вычислительной системы 200, такое как, например, один или несколько накопителей на жестком диске, CD-ROM дисководы, DVD-ПЗУ дисководы или другие типы запоминающих устройств. Файловое запоминающее устройство 280 может также представлять собой внешнее устройство вычислительной системы 200, такое как, например, один или несколько внешних накопителей на жестком диске, сеть, сетевая система хранения или отдельная сеть хранения данных.

Аппаратное обеспечение системы 220 может включать в себя один процессор 222 или более, один графический процессор изображений 224 или более, сетевые интерфейсы 226 и шинные структуры 228. В данном документе термин "процессор" включает в себя любой тип вычислительного элемента, но не ограничивается ими, такой как микропроцессор, микроконтроллер, микропроцессор с комплексным набором команд (CISC), микропроцессор с сокращенным набором команд (RISC), микропроцессор с очень длинной машинной командой (VLIW) или любой другой тип процессора или устройства обработки данных.

Графический (ие) процессор (ы) 224 может работать в качестве дополнительного процессора, который управляет обработкой графических и/или видеоданных. Графический (ие) процессор (ы) 224 может быть интегрирован на материнской плате вычислительной системы 200 или может соединяться через расширительный разъем на материнской плате.

В одном варианте осуществления сетевой интерфейс 226 может быть проводным интерфейсом, таким как интерфейс Ethernet (см., например, Institute Electrical and Electronics Engineers/IEEE 802.3-2002) или беспроводным интерфейсом, таким как IEEE 802.11a, b или g-совместимым интерфейсом (см., например, IEEE Standard for IT-Telecommunications and information exchange between systems LAN/MAN--Part II: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications Amendment 4: Further Higher Data Rate Extension in the 2.4 GHz Band, 802.11G-2003). Другим примером беспроводного интерфейса может быть интерфейс обычного пакета услуг радиосвязи

(GPRS) (см., например, Guidelines on GPRS Handset Requirements, Global System for Mobile Communications / GSM Association, Ver. 3.0.1, December 2002).

Шинная структура 228 соединяет различные компоненты аппаратного обеспечения 220 системы. В одном варианте осуществления шинные структуры 228 могут включать в себя один тип шинных структур или более, включающий системную шину, периферийную или внешнюю шину и/или локальную шину, реализуемую посредством любого разнообразия доступных шинных структур, включающих в себя, но не ограничиваясь ими, 11-битную шину, Industrial Standard Architecture (ISA), Micro-Channel Architecture (MSA), Extended ISA (EISA), Intelligent Drive Electronics (IDE), VESA Local Bus (VLB), Peripheral Component Interconnect (PCI), Universal Serial Bus (USB), Advanced Graphics Port (AGP), Personal Computer Memory Card International Association bus (PCMCIA) и Small Computer Systems Interface (SCSI).

Память 230 может включать в себя операционную систему 240 для управления операциями вычислительного устройства 208. В одном варианте осуществления операционная система 240 включает в себя модуль 254 интерфейса аппаратного обеспечения, который предоставляет интерфейс аппаратного обеспечения 220 системы. В дополнение операционная система 240 может включать в себя файловую систему 250, которая управляет файлами, используемыми в работе вычислительного устройства 208, и подсистему 252 управления вычислительным процессом, которая управляет процессами, исполняющимися в вычислительном устройстве 208.

Операционная система 240 может включать в себя (или управлять) один интерфейс связи или более, который может работать совместно с аппаратным обеспечением системы 220 для приемопередачи пакетов данных и/или потоков данных от удаленного компьютера. Операционная система 240 может дополнительно включать модуль 242 интерфейса системных вызовов, который представляет собой интерфейс между операционной системой 240 и одним или более резидентным модулем приложений в памяти 230. Операционная система 240 может быть реализована как операционная система Windows или операционная система UNIX или любая их производная (например Linux, Solaris и т.д.) или другие операционные системы.

В одном варианте осуществления память 230 включает в себя модуль оценки 260, который может включать в себя логические команды, закодированные на физическом машиночитаемом носителе, которые при исполнении их процессором 222 приводят к выполнению процессором 222 операций по оценке. Аналогично модуль 262 компенсации задержки может включать в себя логические команды, закодированные на физическом машиночитаемом носителе, которые при исполнении их процессором 222 приводят к выполнению процессором 222 операций по компенсации задержки. Возвращаясь к фиг.1, в некоторых вариантах осуществления модуль 260 оценки соответствует компонентам в пунктирном поле, обозначенном как модуль оценки, в то время как модуль 262 компенсации задержки может соответствовать компонентам в пунктирном поле, обозначенном как модуль компенсации задержки. На практике оба модуля могут быть отдельными или могут быть объединены в один, общий компонент программного обеспечения.

Фиг.3 представляет собой алгоритмическую схему, изображающую операции способа компенсации задержки согласно вариантам осуществления. Согласно фиг.3 при операции 310 входные данные принимаются от датчиков 120a, 120b и от дополнительных датчиков 122. В некоторых вариантах осуществления входные данные от датчика 120a могут соответствовать сигналу положения, определенному по GPS, в то время как входные данные от датчика 120b могут соответствовать входным данным, полученным из

опорного инерциального блока. При операции 315 дополнительные входные данные состояния системы принимаются от дополнительных датчиков 122. Как описано выше, в некоторых вариантах осуществления дополнительные входные данные могут включать в себя другие параметры самолета, например путевую скорость, ориентацию, скорость, перпендикулярную ВПП, и аналогичные параметры.

При операции 320 модель задержки применяется для вычисления коэффициента компенсации задержки для по меньшей мере одного из значений выходных данных датчиков 120a или 120b. Как видно из фиг.1, в некоторых вариантах осуществления выходные данные дополнительных датчиков 122 представляют собой входные данные для модели 126 эффектов задержки, которая в свою очередь выдает результат устройству 128 вычисления компенсации задержки. В одном варианте осуществления модель 126 эффектов задержки и блок 128 вычисления компенсации задержки могут выполнять операции, которые определяют коэффициент компенсации задержки для скорости, перпендикулярной ВПП. Скорость, перпендикулярная посадочной прямой, может быть смоделирована уравнением (1):

$$\text{Vel\_xrwy} = \text{Vgnd} * \sin(\text{psi\_int}), \quad (1)$$

где Vel\_xrwy - скорость, перпендикулярная ВПП, Vgnd - путевая скорость и psi\_int - угол входа, т.е. разность между углом пути самолета и направлением ВПП.

Если самолет летит по прямой линии с постоянной путевой скоростью, Vel\_xrwy не изменяется со временем. Если существует лишь малая разница в задержке данных от GPS и инерциальной системы управления, обрабатывающий фильтр 140 все еще может выполнять предназначенную ему функцию. Значение Vel\_xrwy будет флуктуировать, но эта флуктуация будет усредняться по времени.

Однако ситуация изменяется во время маневра захвата, при котором самолет разворачивается с курса входа, чтобы следовать на участок осевой линии ВПП. Во время разворота скорость, перпендикулярная ВПП, будет стремиться к нулю в течение длительного времени. Если, например, данные GPS имеют большую задержку, чем данные от инерциальной системы, то будет наблюдаться разность между скоростями, перпендикулярными ВПП, полученными из двух источников. Обрабатывающий фильтр 140 ошибочно интерпретирует эту разность как смещение скорости.

Это наблюдаемое смещение изменяется во время разворота, поскольку изменяется угол входа. Наблюдаемое смещение исчезает, поскольку разворот завершается и осевая линия захватывается, что необходимо для того, чтобы фильтр 140 отменил свой расчет наблюдаемого смещения скорости, полученного на ранней стадии разворота.

Величина наблюдаемого смещения скорости во время маневра захвата может быть рассчитана при помощи уравнения [2]:

$$\text{vel\_xrwy\_bias} = \text{delay\_kt} * \text{vel\_xrwy\_dot}, \quad (2)$$

где delay\_kt=величина относительной задержки, а vel\_xrwy\_dot - темп изменения скорости, перпендикулярной ВПП. Дифференцирование уравнения [1] дает уравнение [3]:

$$\text{vel\_xrwy\_dot} = \text{Vgnd\_dot} * \sin(\text{psi\_int}) + \text{Vgnd} * \text{psi\_int\_dot} * \cos(\text{psi\_int}) \quad (3)$$

Подстановка vel\_xrwy\_dot из [3] в [2] дает уравнение [4]:

$$\begin{aligned} \text{vel\_xrwy\_bias} = & \text{delay\_kt} * [\text{Vgnd\_dot} * \sin(\text{psi\_int}) \\ & + \text{Vgnd} * \text{psi\_int\_dot} * \cos(\text{psi\_int})] \end{aligned} \quad (4)$$

В некоторых вариантах осуществления компенсации задержки блок вычисления получает результаты по формуле [4] и применяет их (операция 325) в качестве

компенсации задержки к инерциальной скорости, перпендикулярной ВПП, перед обрабатывающим фильтром 140 посредством сумматора 130. При операции 330 входные данные от датчиков 120a, 120b подаются на обрабатывающий фильтр 140. Коэффициент компенсации задержки предоставляет возможность обрабатывающему фильтру 140 выполнять предназначенную ему функцию при развороте самолета без искажения выходных данных или нарушения оценки отклонения скорости.

При операции 335 оценочное значение задержки обновляется и подается в качестве коэффициента обратной связи в блок модели 126 эффектов задержки. Таким образом, модуль компенсации задержки настраивается в том смысле, что он передает коэффициент обратной связи, соответствующий текущему состоянию, от обрабатывающего фильтра 140 в блок модели 126.

При операции 340 обрабатывающий фильтр 140 получает выходные данные из смешиваемых параметров. Выходные данные могут подаваться в систему управления, такую как, например, система автоматизированного управления самолетом, которая может выполнить одну или более стандартную программу управления с этими выходными данными. При операции 345 обрабатывающей фильтр 140 генерирует оценочные данные одного или более параметров ошибок датчиков.

Таким образом, структуры, изображенные на фиг.1-2, и операции, изображенные на фиг.3, предоставляют возможность осуществления компенсации задержки в системе управления, в которой используется обрабатывающий фильтр для смешивания входных данных от несопоставимых датчиков. Такие структуры и способы могут найти применение, например, в автоматизированных системах управления самолетом.

В вышеизложенном описаны конкретные варианты реализации процессов, представленных в качестве примера, однако, следует понимать, что в других вариантах реализации нет необходимости в выполнении определенных процессов в описанном выше порядке. В других вариантах осуществления некоторые действия могут быть скорректированы, осуществлены в другом порядке или могут быть полностью исключены в зависимости от обстоятельств. К тому же в различных альтернативных вариантах осуществления описанные действия могут быть осуществлены при помощи компьютера, контроллера, процессора, программируемого устройства, программно-аппаратных устройств или любого другого подходящего устройства на основе инструкций, сохраненных на одном или более машиночитаемом носителе или иначе сохраненным или запрограммированным в определенные устройства (например, включающие передачу машиночитаемых инструкций в реальном времени в такие устройства). Применительно к программному обеспечению действия, описанные выше, могут представлять инструкции компьютера, которые при исполнении их одним процессором или более выполняют изложенные операции. В случае использования машиночитаемого носителя этот машиночитаемый носитель может быть любым доступным носителем, к которому может обращаться устройство для выполнения инструкций, сохраненных на нем.

Наряду с описанными различными вариантами осуществления специалисты в данной области техники обнаружат модификации или вариации, которые могут быть осуществлены в пределах данного изобретения. Примеры иллюстрируют различные варианты осуществления и не предназначены для ограничения настоящего изобретения. Таким образом, описание и формулу изобретения следует интерпретировать по существу только с таким ограничением, которое диктуется с точки зрения существующего уровня техники.

## (57) Формула изобретения

1. Способ компенсации задержки в динамической системе, включающий:

прием вычислительной системой первого массива параметрических данных от первого датчика;

прием вычислительной системой второго массива параметрических данных от второго датчика;

выработку вычислительной системой параметра регулировки компенсации задержки, связанного с вторым массивом параметрических данных, на основе дополнительного массива параметрических данных, принятых от дополнительного датчика, и на основе модели эффектов задержки;

выработку вычислительной системой отфильтрованных параметров на основе первого массива параметрических данных, второго массива параметрических данных и параметра регулировки компенсации задержки;

выработку выходных данных на основе отфильтрованных параметров, причем выходные данные обеспечены для автоматизированной системы управления самолета.

2. Способ по п. 1, в котором дополнительный массив параметрических данных включает путевую скорость, ориентацию, скорость, перпендикулярную взлетно-посадочной полосе, или их комбинацию.

3. Способ по п. 1, в котором отфильтрованные параметры вырабатывают обрабатывающим фильтром вычислительной системы.

4. Способ по п. 1, дополнительно включающий:

выработку оценки задержки на основе первого массива параметрических данных, второго массива параметрических данных и параметра регулировки компенсации задержки;

обновление модели эффектов задержки на основе оценки задержки.

5. Способ по п. 1, дополнительно включающий выработку оценки ошибок датчика для второго датчика.

6. Способ по п. 1, в котором модели эффектов задержки компенсируют позиционные расхождения с течением времени при движении между первым датчиком и вторым датчиком.

7. Способ по п. 1, в котором:

первый датчик содержит инерциальную измерительную систему, а

второй датчик содержит измерительную систему, основанную на системе глобального позиционирования (GPS).

8. Автоматизированная система для компенсации задержки в динамической системе, содержащая:

процессор; и

логические команды, сохраненные на физическом машиночитаемом носителе, соединенном с процессором, и которые при исполнении их процессором настраивают процессор на:

прием первого массива параметрических данных от первого датчика;

прием второго массива параметрических данных от второго датчика;

выработку параметров регулировки компенсации задержки, соответствующих второму массиву параметрических данных, на основе дополнительного массива параметрических данных, принятых от дополнительного датчика, и на основе модели эффектов задержки;

выработку отфильтрованных параметров на основе первого массива параметрических

данных, второго массива параметрических данных и параметра регулировки компенсации задержки;

выработку выходных данных на основе отфильтрованных параметров, причем выходные данные обеспечены для автоматизированной системы управления.

5 9. Автоматизированная система по п. 8, в которой дополнительный массив параметрических данных включает путевую скорость, ориентацию, скорость, перпендикулярную взлетно-посадочной полосе, или их комбинацию.

10. Автоматизированная система по п. 8, в которой обеспечена возможность выработки отфильтрованных параметров обрабатывающим фильтром в процессоре.

10 11. Автоматизированная система по п. 8, дополнительно содержащая логические команды, сохраненные на физическом машиночитаемом носителе и которые при исполнении процессором настраивают процессор на:

15 выработку оценки задержки на основе первого массива параметрических данных, второго массива параметрических данных и параметра регулировки компенсации задержки; и

обновление модели эффектов задержки исходя из оценки задержки.

12. Автоматизированная система по п. 8, дополнительно содержащая логические команды, сохраненные на физическом машиночитаемом носителе и которые при исполнении их процессором, настраивают процессор на выработку оценки ошибок датчика для второго датчика.

20 13. Автоматизированная система по п. 8, в которой модель эффектов задержки выполнена с возможностью компенсации позиционных расхождений со временем при движении между первым датчиком и вторым датчиком.

25 14. Автоматизированная система по п. 8, в которой первый датчик содержит инерциальную измерительную систему.

30

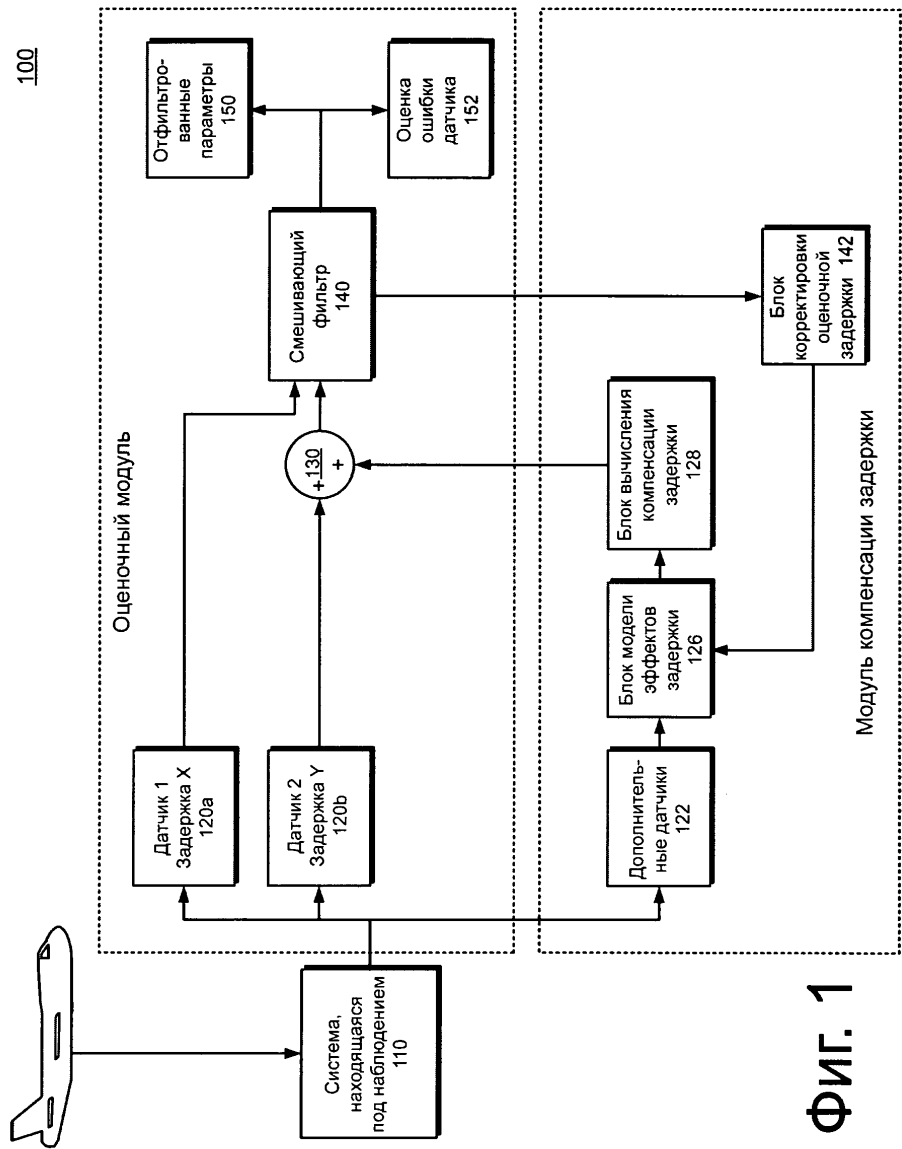
35

40

45

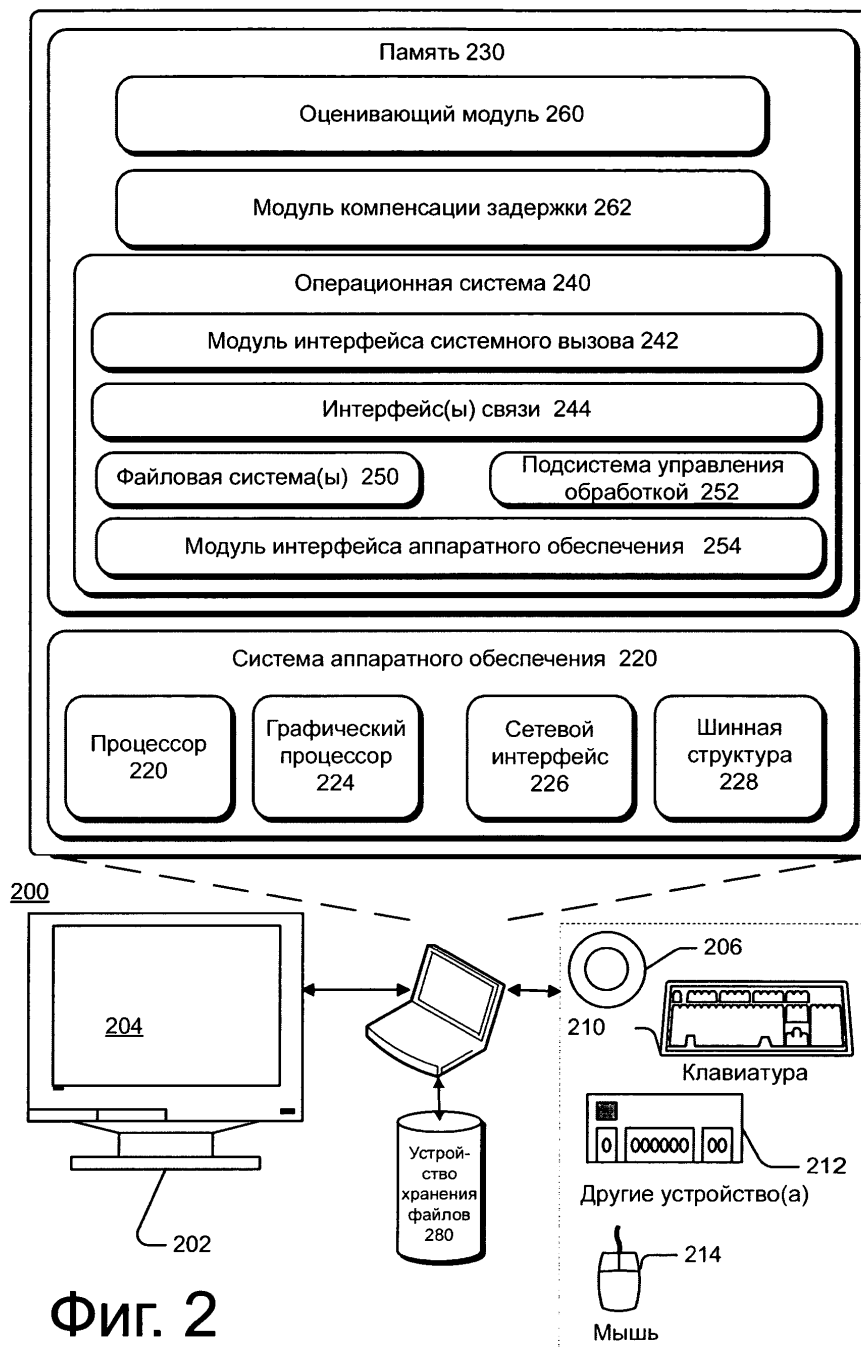


1



ФИГ. 1

2



Фиг. 2



Фиг. 3