



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **131090** (13) **C2**
(51) МПК (2026.01)
G03B 15/00
G03B 21/00
H04N 5/00

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

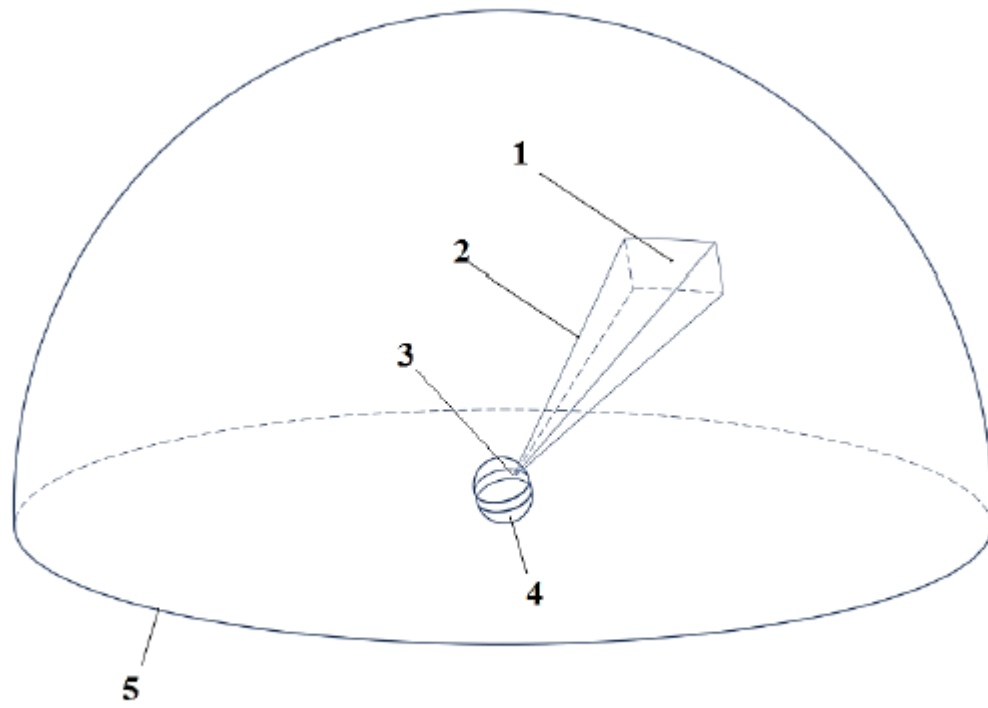
(21) Номер заявки:	а 2021 04281	(72) Винахідник(и):	Слюсаренко Віталій Сергійович (UA)
(22) Дата подання заявки:	22.07.2021	(73) Володілець (володільці):	Слюсаренко Віталій Сергійович, просп. Радянської України, 9, кв. 122, м. Київ, 04208 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності:	06.08.2026	(74) Представник:	Пурик Володимир Вікторович, реєстр. №493
(41) Публікація відомостей про заяву:	25.01.2023, Бюл.№ 4	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	JP 5339688 13.11.2013 UA 137184 U, 10.10.2019 JP 5068007 B2, 07.11.2012 JP 5224721 B2, 03.07.2013 JP 5036226 B2, 26.09.2012 JP 2002014611 A, 18.01.2002 JP 2010122679 A, 03.06.2010
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію:	05.08.2026, Бюл.№ 31		

(54) СПОСІБ КАЛІБРУВАННЯ ОПТИЧНО-ЦИФРОВОЇ ПРОЄКЦІЙНОЇ СИСТЕМИ (ВАРІАНТИ)

(57) Реферат:

Заявлений спосіб калібрування оптично-цифрової проєкційної системи належить до засобів налаштування проєкційних систем або пристроїв для перегляду проєкційного типу. Перший варіант втілення заявленого технічного рішення передбачає визначення калібрування оптично-цифрової проєкційної системи на основі точок, що відображаються на поверхні купола і при цьому є видимими в охопленому фрагменті поверхні купола. Другий варіант спрямовано на калібрування оптично-цифрової проєкційної системи, який передбачає, що розрахункова точка не може бути визначеною безпосередньо, оскільки розміщена в сліпій зоні проєкції цифрової проєкційної системи або на екваторі проєкції цифрової проєкційної системи та частково або повністю за межами поверхні купола. Технічний результат, який досягається запропонованим винаходом, полягає в зменшенні часу на калібрування оптично-цифрової проєкційної системи порівняно з найближчим аналогом. Додатковим технічним результатом є зменшення спотворень та збільшення точності суміщення при проєктуванні зображення. Ще однією перевагою заявленого технічного рішення є підвищення точності калібрування, яке досягається за рахунок збільшення кількості розпізнаних контрольних точок.

UA 131090 C2



Фиг. 1

Заявлений спосіб калібрування оптично-цифрової проєкційної системи належить до засобів налаштування проєкційних систем або пристроїв для перегляду проєкційного типу.

Запропоноване технічне рішення може бути застосоване для калібрування і синхронізації оптичної та цифрової систем відтворення зображення або відео, що проєктують зображення на один екран або поверхню.

РІВЕНЬ ТЕХНІКИ

З рівня техніки відома система відеопроєкції, описана в патенті Японії JP5339688 (B2) від 13.11.2013, відповідно до якого система відеопроєкції для проєктування точних відеозаписів, із встановленням екранного центра камери керованим до довільної висоти, а довільний азимутальний кут збігається із курсором, який проєктується з відеопроєктора, вимірюючи позиційне співвідношення між відеопроєктором і фіксованою зіркою, а також обчислення позиції та кута повороту проєктора шляхом виконання інтерполяційних розрахунків тощо, з посиланням на вимірюване значення, щоб точно працювати в унісон з роздавальним проєктором.

Відношення відеокамери контролюється так, щоб встановлені висота та азимут на куполі збігались з екраном центра відеокамери. Курсор, що проєктований з відеопроєктора, зроблений таким чином, щоб він збігався із екраном центра відеокамери, а азимутальний кут і висота зображення цього пункту та координати проєктора курсору вимірюються в декількох положеннях. На основі вимірюваних значень виконується координатне перетворення потрібних горизонтальних координат та зображення проєкції, а також положення, в якому встановлений проєктор, та обчислюється кут нахилу; і на основі цих значень виконується перетворення координат, а потрібні зображення та графіки відображаються у потрібних горизонтальних координатах.

Недоліком відомої системи є тривалість у часі калібрування системи. Причому наявність одного проєктора не дозволяє охопити весь купол, що обмежує його застосування.

ЗАДАЧА, НА ВИРІШЕННЯ ЯКОЇ НАПРАВЛЕНО ВИНАХІД

В основу заявленого технічного рішення поставлено задачу створення такого способу, який забезпечить калібрування і синхронізацію множини цифрових проєкторів та оптичної проєкційної системи і забезпечить коригування впливу спотворень. Іншими словами, задача полягає у суміщенні між собою координатних систем проєкцій цифрової проєкційної системи та оптичної системи проєктування.

КОРОТКИЙ ОПИС СУТІ ВИНАХОДУ

Поставлена задача вирішується тим, що спосіб калібрування оптично-цифрової проєкційної системи, що включає використання оптичної проєкційної системи, яку розміщують в демонстраційному залі, для проєктування зображення зоряного неба на поверхню купола демонстраційного залу. Згідно з технічним рішенням в оптично-цифрову проєкційну систему додатково вводять цифрову проєкційну систему, яка містить множину цифрових проєкторів для відтворення додаткового зображення шляхом відтворення проєкції на відповідному фрагменті поверхні купола демонстраційного залу, та електронно-обчислювальну машину, причому оптичну проєкційну систему сполучають з електронно-обчислювальною машиною, причому оптична проєкційна система містить корпус та камеру, з'єднану з електронно-обчислювальною машиною, яка передає зображення охопленого фрагмента поверхні купола, що має визначені координати, електронно-обчислювальна машина містить пристрій для візуального виведення даних, пристрій для введення даних та процесорний блок, причому процесорний блок містить збережений набір команд.

Спосіб включає етапи, на яких:

для визначення контрольної точки точку нульової широти/довготи системи координат оптичної проєкційної системи відтворюють на поверхні купола за допомогою лазерного променя, спроектованого на поверхню купола демонстраційного залу,

попередньо калібрують камеру до моменту визначення точки нульової широти/довготи системи координат оптичної проєкційної системи,

одноразово визначають контрольну точку в кадрі камери,

визначають координати розрахункової точки, на основі орієнтації оптичної проєкційної системи для відповідного положення оптичної проєкційної системи в системі координат проєкції цифрової проєкційної системи,

охоплюють за допомогою камери фрагмент поверхні купола, що має визначені координати, з множини фрагментів поверхні купола, для формування зображення охопленого фрагмента поверхні купола,

визначають наявність зміщення розрахункової точки відносно контрольної точки на основі орієнтації оптичної проєкційної системи для відповідного положення оптичної проєкційної

системи в системі координат проєкції цифрової проєкційної системи та визначають числову величину зміщення,

вносять спотворення до проєкції цифрової проєкційної системи в даній розрахунковій точці на величину зміщення.

5 Додатково, відтворюють розрахункову точку на поверхні купола за допомогою цифрової проєкційної системи,

визначають розрахункову точку, пов'язану з позиціонуванням оптичної проєкційної системи, на одержаному з камери зображенні охопленого фрагмента поверхні купола, що має визначені координати,

10 ітеративно зміщують розрахункову точку на проєкції цифрової проєкційної системи до збігу з контрольною точкою в кожному відповідному положенні оптичної проєкційної системи.

Крім того, альтернативно для визначення контрольної точки,

після кожного повертання оптичної проєкційної системи цифрова проєкційна система відтворює на поверхні купола проєкційного залу послідовність графічних патернів,

15 фіксують камерою зазначені патерни для подальшого аналізу за допомогою коду Грея, визначають фактичні координати контрольної точки в системі координат проєкції цифрової проєкційної системи в кожному положенні оптичної проєкційної системи,

зміщують розрахункову точку до збігу з контрольною точкою.

Поставлена задача вирішується варіантом запропонованого винаходу, відповідно до якого 20 спосіб калібрування оптично-цифрової проєкційної системи, що включає використання оптичної проєкційної системи, яку розміщують в демонстраційному залі, для проєктування зображення зоряного неба на поверхню купола демонстраційного залу. Згідно з цим варіантом заявленого рішення, в оптично-цифрову проєкційну систему додатково вводять цифрову проєкційну систему, яка містить множину цифрових проєкторів для відтворення додаткового зображення 25 шляхом відтворення проєкції на відповідному фрагменті поверхні купола демонстраційного залу, та електронно-обчислювальну машину, причому оптичну проєкційну систему сполучають з електронно-обчислювальною машиною, причому оптична проєкційна система містить корпус та камеру, з'єднану з електронно-обчислювальною машиною, яка передає зображення охопленого фрагмента поверхні купола, що має визначені координати, електронно-обчислювальна машина 30 містить пристрій для візуального виведення даних, пристрій для введення даних та процесорний блок, причому процесорний блок містить збережений набір команд.

Варіант способу включає етапи, на яких:

для визначення контрольної точки точку нульової широти/довготи системи координат оптичної проєкційної системи відтворюють на поверхні купола за допомогою лазерного променя, спроектованого на поверхню купола демонстраційного залу, 35

попередньо калібрують камеру до моменту визначення точки нульової широти/довготи системи координат оптичної проєкційної системи,

одноразово визначають контрольну точку в кадрі камери,

40 визначають координати розрахункової точки на основі орієнтації оптичної проєкційної системи для відповідного положення оптичної проєкційної системи в системі координат проєкції цифрової проєкційної системи,

охоплюють за допомогою камери фрагмент поверхні купола, що має визначені координати, з множини фрагментів поверхні купола, для формування зображення охопленого фрагмента поверхні купола,

45 якщо розрахункова точка розміщена на екваторі проєкції цифрової проєкційної системи та частково або повністю - за межами поверхні купола, визначають координати шуканої розрахункової точки за допомогою екстраполяції координат суміжних розрахункових точок, після чого перераховують координати шуканої розрахункової точки при зміні положень щонайменше одної суміжної розрахункової точки,

50 якщо розрахункова точка розміщена в сліпій зоні проєкції цифрової проєкційної системи, визначають координати шуканої розрахункової точки за допомогою інтерполяції координат суміжних розрахункових точок, після чого перераховують координати шуканої розрахункової точки при зміні положень щонайменше одної суміжної розрахункової точки,

55 якщо розрахункова точка розміщена в межах поверхні купола на проєкції цифрової проєкційної системи і не в сліпій зоні проєкції цифрової проєкційної системи, то за допомогою камери визначають наявність зміщення розрахункової точки відносно контрольної точки на основі орієнтації оптичної проєкційної системи для відповідного положення оптичної проєкційної системи в системі координат проєкції цифрової проєкційної системи та визначають числову величину зміщення,

вносять спотворення до проєкції цифрової проєкційної системи в даній розрахунковій точці на величину зміщення.

Додатково варіант способу передбачає, що, якщо розрахункова точка розміщена в межах поверхні купола на проєкції цифрової проєкційної системи і не в сліпій зоні проєкції цифрової проєкційної системи,

відтворюють розрахункову точку на поверхні купола за допомогою цифрової проєкційної системи,

визначають розрахункову точку, пов'язану з позиціонуванням оптичної проєкційної системи, на одержаному з камери зображенні охопленого фрагмента поверхні купола, що має визначені координати,

ітеративно зміщують розрахункову точку на проєкції цифрової проєкційної системи до збігу з контрольною точкою в кожному відповідному положенні оптичної проєкційної системи.

Також, додатково варіант способу альтернативно передбачає, що, якщо розрахункова точка розміщена в межах поверхні купола на проєкції цифрової проєкційної системи і не в сліпій зоні проєкції цифрової проєкційної системи, то для визначення контрольної точки, після кожного повертання оптичної проєкційної системи цифрова проєкційна система відтворює на поверхні купола проєкційного залу послідовність графічних патернів,

фіксують камерою зазначені патерни для подальшого аналізу за допомогою коду Грея, визначають фактичні координати контрольної точки в системі координат проєкції цифрової проєкційної системи в кожному положенні оптичної проєкційної системи,

зміщують розрахункову точку до збігу з контрольною точкою.

ТЕХНІЧНИЙ РЕЗУЛЬТАТ

Технічний результат, який досягається запропонованим винаходом, полягає в зменшенні часу на калібрування оптично-цифрової проєкційної системи порівняно з найближчим аналогом. Додатковим технічним результатом є зменшення спотворень та збільшення точності суміщення при проєктуванні зображення. Ще однією перевагою заявленого технічного рішення є підвищення точності калібрування, яке досягається за рахунок збільшення кількості розпізнаних контрольних точок.

Більш детально, для першого варіанта здійснення способу забезпечується можливість більш точно відкалібрувати систему на купольному екрані, на якому присутні сліпі зони на проєкції цифрової проєкційної системи.

При цьому сліпі зони можуть бути представлені:

технічними отворами на поверхні купола, де проєкція цифрової проєкційної системи не може бути відтвореною;

тінями на поверхні купола від різних об'єктів, тобто об'єктів, які знаходяться на шляху променів цифрових проєкторів, і тим самим перешкоджають потраплянню частини проєкції на поверхню купола, відкидаючи тіні.

Для другого варіанта способу забезпечується можливість більш точно відкалібрувати систему на куполі, в разі коли проєкція цифрової проєкційної системи виходить за межі купола. Тобто долається перешкода, за якою розрахункові точки на екваторі проєкції цифрової проєкційної системи, частково або повністю візуально не фіксуються, так як вони проєктуються за межами купола.

У всіх вищеповисаних випадках, без наявності нововведених ознак заявленого способу, калібрування не було б завершено або було завершено, але некоректно.

КОРОТКИЙ ОПИС КРЕСЛЕНЬ

Суть запропонованого способу пояснюється доданими кресленнями, на яких схематично зображено розміщення складових системи відносно сцени. Фахівцю в даній галузі буде зрозумілим на основі даного опису, що складові системи можуть мати інше розміщення. Тобто зазначений на кресленні варіант здійснення не є таким, що обмежує виконання запропонованого способу лише наведеним взаємним розміщенням. Інші варіанти взаємного розміщення допустимі, якщо вони дозволяють вирішувати поставлену задачу та забезпечують досягнення запропонованого технічного результату.

На Фіг. 1 зображено розміщення оптичної проєкційної системи в демонстраційному залі.

На Фіг. 2 зображено передане на електронно-обчислювальну систему одержаного з камери зображення охопленого фрагмента поверхні купола.

На Фіг. 3 зображено зміни в координатній сітці проєкції цифрової проєкційної системи, де на Фіг. 3а зображено утворену умовну сітку положень розрахункових точок до суміщення оптичної та цифрової систем,

на Фіг. 3b зображена координатна сітка проєкції цифрової проєкційної системи з накладеними розрахунковими точками, в яких виконується спотворення проєкції цифрової проєкційної системи,

на Фіг. 3с зображено проєкцію цифрової проєкційної системи з внесеними спотвореннями та накладеними розрахунковими точками.

На зазначених кресленнях використано наступні позначення:

1 - фрагмент поверхні купола,

2 - поле зору камери,

3 - камера,

4 - оптична проєкційна система,

5 - поверхня купола (екрана) в демонстраційному залі,

6 - зображення фрагмента поверхні купола,

7 - місце виявлення розрахункової точки,

8 - місце встановлення контрольної точки.

ДЕТАЛЬНИЙ ОПИС ВИНАХОДУ З РОЗКРИТТЯМ НАЙКРАЩОГО ВАРІАНТА ВТІЛЕННЯ

Далі буде наведено детальний опис заявленого винаходу в його найкращому варіанті втілення з посиланням на додані креслення.

При подальшому описі враховано, що перший варіант втілення заявленого технічного рішення передбачає визначення калібрування оптично-цифрової проєкційної системи на основі точок, що відображаються на поверхні купола і при цьому є видимими в охопленому фрагменті поверхні купола. Другий варіант спрямовано на калібрування оптично-цифрової проєкційної системи, який передбачає, що розрахункова точка не може бути визначеною безпосередньо, оскільки розміщена в сліпій зоні проєкції цифрової проєкційної системи або на екваторі проєкції цифрової проєкційної системи та частково або повністю - за межами поверхні купола.

Оптично-цифрова система може бути втіленою для демонстрації зоряного неба на куполі планетарію. Проте фахівцю має бути зрозумілим на основі даного опису застосування заявленої системи для відтворення зображення на будь-якій статичній поверхні демонстраційного залу. Тут і далі під демонстраційним залом розуміють деяке обмежене площею місце, що містить поверхню, на якій можливе відтворення зображення. Поверхня, на якій відтворюється зображення, може бути екраном або мати інше визначення. Для спрощення розуміння суті заявленого технічного рішення передбачають, що під демонстраційним залом потрібно розуміти планетарій, а під поверхнею, на якій відтворюється зображення - купол.

Оптична проєкційна система може бути виконаною на основі зоряного проєктора планетарію, що виконує відтворення на поверхні купола імітацію зоряного неба. Така система розміщується переважно в центрі демонстраційного залу. Оптична проєкційна система проєктує зображення зоряного неба на поверхню купола планетарію, де зазначене зображення прийняте за еталон.

Оптична проєкційна система сполучена з електронно-обчислювальною машиною через канали зв'язку для передавання зображення охопленого фрагмента поверхні купола, що має визначені координати. Перевага віддається дровим каналам, які мають більшу пропускну здатність.

Оптична проєкційна система містить корпус, що містить камеру, виконану з можливістю охоплення фрагмента поверхні купола, що має визначені координати, з множини фрагментів поверхні купола, для формування зображення охопленого фрагмента поверхні купола та направлення його на електронно-обчислювальну машину. Камера переважно встановлюється на екваторі оптичної проєкційної системи і може бути розміщеною як зовні корпусу, так і всередині корпусу. Крім того, оптична проєкційна система переважно містить джерело світла, що випромінює лазерний промінь на певний фрагмент поверхні купола. Зокрема зазначене джерело світла може бути спрямованим в точку, якій присвоюють нульові координати (нульова широта/довгота) в системі координат оптичної проєкційної системи.

На електронно-обчислювальній машині завжди відомі координати точки нульової широти/довготи системи координат оптичної проєкційної системи в будь-якому положенні оптичної проєкційної системи. Це забезпечується проєкцією лазерного променя на поверхню купола демонстраційного залу, де проєкція лазерного променя вказує на точку нульової широти/довготи системи координат оптичної проєкційної системи. Таким чином, коли оптична проєкційна система повернута на певний кут відносно положення з нульовими координатами (нульова широта/довгота), камера може охоплювати відповідний фрагмент поверхні купола із попередньо заданими координатами.

Цифрова проєкційна система містить множину цифрових проєкторів, які попередньо відкалібровані між собою для відтворення додаткового зображення. Це дозволяє відтворити

цілісне зображення всією множиною цифрових проєкторів. При цьому кожний цифровий проєктор із множини цифрових проєкторів відтворює проєкцію на відповідному фрагменті поверхні купола демонстраційного залу. Причому дані для відтворення цифрова проєкційна система одержує від електронно-обчислювальної машини.

5 Проте, система координат проєкції цифрової проєкційної системи має потребу бути скоригованою з координатною системою оптичної системи проєктування. Відсутність такого калібрування буде супроводжуватись десинхронізацією зображень оптичної проєкційної системи та цифрової проєкційної системи. Наприклад, на купол виводять зображення зоряного неба через оптичну проєкційну систему, а за допомогою цифрової проєкційної системи 10 домальовують сполучні лінії між "зірками" для виділення серед зоряного неба сузір'я. За наявності синхронізації сполучні лінії будуть побудованими від зірки до зірки. Без синхронізації побудовані цифровим проєктором лінії будуть побудовані зі зміщенням відносно відображуваних об'єктів.

Електронно-обчислювальна машина виконана на базі програмно-керованого пристрою для 15 обробки інформації, що містить пристрій візуального виведення даних, пристрій введення даних та процесорний блок. Такою електронно-обчислювальною машиною може бути стаціонарний персональний комп'ютер, ноутбук тощо, які підтримують мережну комунікацію.

В загальному варіанті здійснення електронно-обчислювальна система виконана з 20 можливістю подавання команд на оптичну проєкційну систему для виконання нею повертання на заданий кут в заданому напрямку по заданій осі. Переважно використовується 36 контрольних точок.

Під пристроєм візуального виведення інформації потрібно розуміти електронний засіб з високою роздільною здатністю, наприклад монітор, екран персонального електронного обчислювального засобу типу ноутбук, планшет тощо.

25 Під пристроєм введення розуміють: 1) пристрої ручного введення даних, такі як клавіатура, миша, сенсорний екран, тачпад тощо 2) інформаційні входи для одержання сигналів із зовнішніх джерел, таких як камера та цифровий проєктор.

Під процесорним блоком розуміють пристрій машинної логіки, призначений для керування електронно-обчислювальною машиною. Процесорний блок містить збережений набір команд, 30 виконання яких забезпечує роботу запропонованої системи, в тому числі калібрування та керування відтворенням оптичної і цифрової проєкційних систем.

Відповідно до запропонованого способу спочатку визначають контрольну точку. Для цього на оптичній проєкційній системі нерухомо встановлюють джерело лазерного випромінювання. Переважно, одноразово визначають контрольну точку в кадрі камери. Тобто контрольна точка 35 має апіорі бути знайденою в кадрі камери.

На Фіг. 1 зображено встановлену оптичну проєкційну систему в демонстраційному залі, переважно на нерухомих основу. Встановлюють множини цифрових проєкторів та калібрують їх між собою для одержання цілісного зображення, відтворюваного зазначеною множиною 40 цифрових проєкційних пристроїв. Орієнтують оптичну систему в попередньо визначеному положенні та в попередньо визначені координати, пов'язані з кутом повороту оптичної проєкційної системи. Калібрують камеру до моменту визначення в кадрі точки нульової широти/довготи системи координат оптичної проєкційної системи. Переважно застосовують лазер, спроектований на поверхню купола демонстраційного залу, для визначення розміщення точки нульової широти/довготи системи координат оптичної проєкційної системи. В кадрі 45 камери визначають розміщення точки нульової широти/довготи системи координат оптичної проєкційної системи, яку відтворює пляма, утворена падінням лазерного променя на поверхню купола. Це дозволяє встановити первинну точку відліку для подальшого калібрування та створити прив'язку до певної точки.

Потрібно зазначити, що точка в кадрі камери займає певну область, охарактеризовану 50 набором пікселів цифрового зображення. Математичний центр даної області буде відповідати координатам контрольної точки.

Потім на основі орієнтації оптичної проєкційної системи для відповідного положення оптичної проєкційної системи визначають координати розрахункової точки в системі координат проєкції цифрової проєкційної системи.

55 Далі під час кожної зупинки в одному з попередньо заданих положень оптичної проєкційної системи, охоплюють за допомогою камери фрагмент поверхні купола, що має визначені координати, з множини фрагментів поверхні купола, для формування зображення охопленого фрагмента поверхні купола.

Потім визначають наявність зміщення розрахункової точки відносно контрольної точки. 60 Завершенням даного етапу є визначення зміщень для всіх розрахункових точок. Кількість точок

має дорівнювати кількості попередньо заданих положень оптичної проєкційної системи, в яких виконують визначення зазначеного зміщення. Після цього суміщають розрахункову та контрольну точки, тим самим вносячи спотворення в проєкцію цифрової проєкційної системи. Варто зауважити, що під "визначенням наявності зміщення" слід розуміти ініціацію алгоритму визначення числового значення, тобто числову величину зміщення. У випадку нульового значення зміщення значення спотворень, що вносяться до проєкції в даній розрахунковій точці, дорівнює нулю. У випадку числового значення відмінного від нуля, це числове значення є вирішальним для визначення спотворення, що вноситься до проєкції в даній розрахунковій точці.

Визначення зміщення та синхронізація можуть бути виконаними за двома альтернативними втіленнями, які є уточненнями виконання такого зміщення.

Згідно з першим альтернативним втіленням поєднання системи координат проєкції оптичної та цифрової проєкційних систем відбувається за рахунок внесення коригувальних спотворень до проєкції цифрової проєкційної системи в розрахункових точках.

Оптична проєкційна система, знаючи і контролюючи свою орієнтацію по всіх осях, послідовно позиціонується в певні положення. Для цих положень оптичної проєкційної системи (використовуючи дані про орієнтацію) попередньо визначені координати відповідних розрахункових точок. Тобто визначені координати точок, які відповідають координатам точки нульової широти/довготи системи координат оптичної проєкційної системи, у відповідних положеннях оптичної системи, але в системі координат проєкції цифрової проєкційної системи.

Під час кожної зупинки, відтворюють за допомогою цифрової проєкційної системи розрахункову точку з координатами, аналогічними координатам контрольної точки (для оптичної проєкційної системи) з урахуванням повороту оптичної проєкційної системи, але в координатній системі проєкції цифрової проєкційної системи. Виконують захоплення камерою фрагмента поверхні купола та направляють це зображення до електронно-обчислювальної машини. Потрібно зазначити, що оптична проєкційна система синхронно повертається з джерелом лазерного випромінювання та камерою. Це дозволяє зберігати положення контрольної точки в певному місці кадру камери незалежно від орієнтації оптичної проєкційної системи. Потрібно також зазначити, що точка в кадрі камери займає певну область, охарактеризовану набором пікселів цифрового зображення. Визначають розрахункову точку, пов'язану з позиціонуванням оптичної проєкційної системи, на одержаному з камери зображенні охопленого фрагмента поверхні купола, що має визначені координати. Далі, збережений набір команд процесорного блока ітеративно зміщує відповідну розрахункову точку на проєкції цифрової проєкційної системи доти, доки вона не буде збігатися із попередньо відомою (контрольною) точкою в кадрі камери в конкретному положенні оптичної проєкційної системи. Контроль положення розрахункової точки на проєкції цифрової проєкційної системи відбувається завдяки камері.

Під ітеративним зміщенням слід розуміти покрокове зміщення розрахункової точки на проєкції цифрової проєкційної системи до збігу з контрольною точкою, яке виконується за допомогою програмованого процесорного блока, конструкція якого має бути зрозумілою фахівцеві в даній галузі, наступним чином. За першою ітерацією визначають величину зміщення між розрахунковою точкою та контрольною точкою та зберігають це значення. Далі, на другій ітерації, генерують позицію розрахункової точки на основі закону випадкових чисел або подібного закону. Визначають величину зміщення між розрахунковою точкою та контрольною точкою та порівнюють це значення зміщення із збереженим значенням. Якщо одержане значення зміщення є більшим за збережене значення, то процесорний блок визначає, що вибрано невірний напрямок для генерації координат розрахункової точки для її суміщення з контрольною, оскільки одержане значення вказує на те, що згенеровані координати позиціонуються на більшій відстані, ніж при першій ітерації. Якщо одержане значення зміщення є меншим за збережене значення, то процесорний блок визначає, що вибрано вірний напрямок для генерації координат розрахункової точки. В цьому випадку координати згенерованої розрахункової точки на третій ітерації будуть основою для визначення зміщення відносно розрахункової точки, визначеною на другій ітерації. Результатом такого ітеративного зміщення буде зменшення зміщення між розрахунковою точкою та контрольною точкою до їх збігу. Коли розрахункова точка збіглася з контрольною, порівнюють останнє положення з першопочатково розрахованим. Різниця між цими координатами і буде необхідне числове значення, на яке треба внести спотворення в проєкцію цифрової проєкційної системи в даній розрахунковій точці.

На Фіг. 2, що характеризує перше альтернативне втілення здійснення заявленого рішення, показано зображення фрагмента поверхні купола в кадрі камери, з контрольною та розрахунковою точками, одержаними електронно-обчислювальною машиною. Потрібно зазначити, що Фіг. 2 надана для розуміння суті заявленого об'єкта: зокрема, при ітеративному

зміщенні розрахункової точки, в кадрі не буде видно контрольної точки. Контрольна точка, позначена плямою від перетину лазерного променя з поверхнею купола, фіксується у кадрі лише при первинному визначенні контрольної точки в кадрі камери. Але вона показана для полегшення розуміння суті заявленого способу.

5 Таким чином послідовно зміщують точки проєкції цифрової проєкційної системи, за допомогою чого вносяться необхідні коригувальні спотворення в проєкцію цифрової проєкційної системи.

Варто зазначити, що зображення проєкції цифрової проєкційної системи є віртуальною площиною, переважно у формі окружності, на яку нанесена певна текстура. Текстура являє собою будь-яке графічне зображення, як статичне, так і динамічне, що відтворюється на віртуальній поверхні.

10 На Фіг. 3b зображено площину проєкції цифрової проєкційної системи з накладеними розрахунковими точками. По цих точках з розрахунковими координатами в просторі проєкції цифрової проєкційної системи вносять коригувальні спотворення у проєкцію цифрової проєкційної системи.

15 Прорєкцію цифрової проєкційної системи деформують (як показано на Фіг. 3c) і її розрахункові точки тепер збігаються з контрольними (по орієнтації оптичної проєкційної системи). Таким чином, зміщують розрахункові точки проєкції цифрової проєкційної системи на величину відхилення розрахункових координат від фактичних. Іншими словами, на Фіг. 3c зображено площину проєкції цифрової проєкційної системи з внесеними спотвореннями.

20 Знаючи відхилення розрахункових координат від фактичних, за допомогою передспотворення проєкції цифрової проєкційної системи, можна розрахувати положення будь-якого небесного тіла (проектowanego оптичною проєкційною системою) в координатах проєкції цифрової проєкційної системи. Це дає можливість за допомогою проєкції цифрової проєкційної системи формувати і відображати графічний контент щодо будь-якого небесного тіла, проекowanego оптичною проєкційною системою, і синхронно переміщувати його разом з рухом зоряного неба, формованого оптичною проєкційною системою.

Відповідно до другого альтернативного втілення здійснення запропонованого способу, визначають контрольну точку на одержаному з камери зображенні охопленого фрагмента 30 поверхні купола, що має визначені координати, причому координати контрольної точки визначають в системі координат проєкції цифрової проєкційної системи, зокрема точки нульової широти/довготи системи координат оптичної проєкційної системи для її відповідної орієнтації, визначаються за допомогою коду Грея, де спосіб включає етапи, на яких:

35 для визначення координат контрольної точки в координатній системі кадру камери попередньо одноразово калібрують камеру до моменту визначення точки нульової широти/довготи системи координат оптичної проєкційної системи, зокрема до моменту фіксації в кадрі точки нульової широти/довготи системи координат оптичної проєкційної системи,

40 під час кожної зупинки в одному з попередньо заданих положень оптичної проєкційної системи цифрова проєкційна система відтворює на поверхні купола проєкційного залу послідовність графічних патернів,

фіксують камерою зазначені патерни для подальшого аналізу за допомогою коду Грея,

в системі координат проєкції цифрової проєкційної системи визначають фактичні координати контрольної точки в кожному положенні оптичної проєкційної системи,

45 зміщують розрахункову точку до злиття з контрольною точкою, тобто зміщують розрахункову точку в координати контрольної.

Заявлений спосіб має варіант втілення, детальний опис якого наведено нижче.

50 Технічним рішенням передбачено, що розрахункова точка може бути розміщена на екваторі проєкції цифрової проєкційної системи та цілком або частково за - межами поверхні купола. Для здійснення калібрування, визначають координати шуканої розрахункової точки за допомогою екстраполяції координат суміжних розрахункових точок. При зміні положення щонайменше одної суміжної розрахункової точки перераховують координати шуканої розрахункової точки. Перевагами даного варіанта є зменшення кількості зон, щодо яких спотворення не можуть бути компенсованими.

55 За варіантом втілення технічним рішенням передбачено, що розрахункова точка може бути розміщена в сліпій зоні проєкції цифрової проєкційної системи. Для здійснення калібрування визначають координати шуканої розрахункової точки за допомогою інтерполяції координат суміжних розрахункових точок, її координати перераховують при зміні положень щонайменше одної суміжної розрахункової точки. За розрахованими координатами виконують подальше калібрування. Це дозволяє зменшити кількість сліпих зон, щодо яких неможливе калібрування 60 оптично-цифрової проєкційної системи.

Варіантом винаходу також передбачено, що розрахункова точка може бути розміщена в межах поверхні купола на проєкції цифрової проєкційної системи і не в сліпій зоні проєкції цифрової проєкційної системи.

Контроль положення розрахункової точки на проєкції цифрової проєкційної системи відбувається завдяки камері.

В результаті виконання способу послідовно зміщують точки проєкції цифрової проєкційної системи, за допомогою чого вносяться необхідні коригувальні спотворення в проєкцію цифрової проєкційної системи.

За цим варіантом втілення заявленого способу першочергово одноразово визначають контрольну точку в кадрі камери. Після цього координати контрольної точки є відомими і подальше їх визначення непотрібне.

Потім визначають координати розрахункової точки на основі орієнтації оптичної проєкційної системи для відповідного положення оптичної проєкційної системи в системі координат проєкції цифрової проєкційної системи. Слід зазначити, що усі положення оптичної проєкційної системи під час процесу калібрування є попередньо визначеними і можуть визначатися, наприклад, кутами повороту оптичної проєкційної системи.

Після цього охоплюють за допомогою камери фрагмент поверхні купола, що має визначені координати, з множини фрагментів поверхні купола, для формування зображення охопленого фрагмента поверхні купола. Попередньо задані параметри орієнтації оптичної проєкційної системи надають можливість встановити орієнтовну область на поверхні купола, на яку звернено точку з координатами нульової широти/довготи в системі координат оптичної проєкційної системи і камеру.

Якщо розрахункова точка розміщена на екваторі проєкції цифрової проєкційної системи та частково або повністю - за межами поверхні купола, визначають координати шуканої розрахункової точки за допомогою екстраполяції координат суміжних розрахункових точок. Після чого перераховують координати шуканої розрахункової точки при зміні положень щонайменше одної суміжної розрахункової точки. Проблема, яка вирішується на даному етапі, полягає в тому, що при даних умовах координати розрахункової точки технічно складно або неможливо визначити безпосередньо за допомогою камери.

Якщо розрахункова точка розміщена в сліпій зоні проєкції цифрової проєкційної системи, то безпосередньо визначити її координати неможливо. Для цього використовують опосередкований підхід, за яким визначають координати шуканої розрахункової точки за допомогою інтерполяції координат суміжних розрахункових точок. В результаті одержують опосередковане значення, яке перераховують при зміні положення щонайменше одної суміжної розрахункової точки.

Якщо розрахункова точка розміщена в межах поверхні купола на проєкції цифрової проєкційної системи і не в сліпій зоні проєкції цифрової проєкційної системи, то за допомогою камери визначають наявність зміщення розрахункової точки відносно контрольної точки на основі орієнтації оптичної проєкційної системи для відповідного положення оптичної проєкційної системи в системі координат проєкції цифрової проєкційної системи та визначають числову величину зміщення. Цей метод дозволяє визначити величину спотворень для більшості розрахункових точок.

Після того як визначено величину зміщення розрахункової точки відносно контрольної, вносять спотворення до проєкції цифрової проєкційної системи в даній розрахунковій точці на величину зміщення.

За одним з уточнень варіанта винаходу для визначення зміщення розрахункової точки відносно контрольної точки в системі координат проєкції цифрової проєкційної системи виконують наступне.

Поєднання системи координат проєкції оптичної та цифрової проєкційних систем відбувається за рахунок визначення величини відхилення координат попередньо відомої точки в кадрі камери і розрахункових точок (визначених для відповідних орієнтацій оптичної проєкційної системи) і внесення коригувальних спотворень до проєкції цифрової проєкційної системи в розрахункових цих точках на значення відхилень.

Оптична проєкційна система, знаючи і контролюючи свою орієнтацію по всіх осях, послідовно позиціонується в певні положення. Для цих положень оптичної проєкційної системи (використовуючи дані про орієнтацію) попередньо визначені координати відповідних розрахункових точок. Тобто визначені розрахункові координати точок, які відповідають координатам точки нульової широти/довготи системи координат оптичної проєкційної системи, у відповідному положенні оптичної проєкційної системи, але в системі координатах проєкції цифрової проєкційної системи.

Під час кожної зупинки, відтворюють за допомогою цифрової проєкційної системи розрахункову точку з координатами, аналогічними координатам контрольної точки (оптична проєкція) з урахуванням повороту оптичної проєкційної системи, але в координатній системі проєкції цифрової проєкційної системи. Виконують захоплення камерою фрагмента поверхні купола та направляють це зображення до електронно-обчислювальної машини. Потрібно зазначити, що оптична проєкційна система синхронно повертається з джерелом лазерного випромінювання та камерою. Це дозволяє зберігати положення контрольної точки в певному місці кадру камери незалежно від орієнтації оптичної проєкційної системи. Потрібно також зазначити, що точка в кадрі камери займає певну область, охарактеризовану набором пікселів цифрового зображення.

Визначають розрахункову точку, пов'язану з позиціонуванням оптичної проєкційної системи, на одержаному з камери зображенні охопленого фрагмента поверхні купола, що має визначені координати. Під час кожної зупинки оптичної проєкційної системи збереженням набором команд процесорного блока ітеративно зміщують розрахункову точку на проєкції цифрової проєкційної системи до збігу з контрольною точкою в кожному відповідному положенні оптичної проєкційної системи описаним вище шляхом.

Відповідно до іншого уточнення цього варіанта способу, якщо розрахункова точка розміщена в межах поверхні купола на проєкції цифрової проєкційної системи і не в сліпій зоні проєкції цифрової проєкційної системи, для визначення величини зміщення розрахункової точки відносно контрольної точки в системі координат проєкції цифрової проєкційної системи виконують наступне.

Під час кожної зупинки в одному з попередньо заданих положень оптичної проєкційної системи цифрова проєкційна система відображає послідовність графічних патернів (Structured Light Algorithm), а камера на екваторі оптичної проєкційної системи фіксує той фрагмент кожного патерну, який потрапляє в поле її зору.

На підставі аналізу зображень із фрагментами графічних патернів, зафіксованих камерою, за допомогою structured light algorithm, зокрема коду Грея, як описано вище, отримують поле координат, інтерполюючи які визначають фактичні координати точки нульової широти/довготи системи координат оптичної проєкційної системи (для конкретної орієнтації) в просторі координат еквідистантної або іншої проєкції цифрової проєкційної системи. Для кожної фактично обчисленої контрольної точки відома відповідна розрахункова точка на проєкції цифрової проєкційної системи, як показано на Фіг. 3а. Іншими словами, на Фіг. 3а зображено розрахункові точки проєкції цифрової проєкційної системи, які використовують для внесення спотворень до проєкції цифрової проєкційної системи і які утворюють між собою умовну сітку положень розрахункових точок.

Тепер можливо розрахувати положення будь-якого небесного тіла (проєктованого оптичною проєкційною системою) в координатах проєкції цифрової проєкційної системи. Це дає можливість за допомогою проєкції цифрової проєкційної системи формувати і відображати графічний контент відносно будь-якого небесного тіла, проєктованого оптичною проєкційною системою, і синхронно переміщувати його разом з рухом Зоряного неба, формованого оптичною проєкційною системою.

Таким чином вирішуються поставлені перед заявленим технічним рішенням задачі та досягається зазначений технічний результат.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб калібрування оптично-цифрової проєкційної системи, що включає використання оптичної проєкційної системи, яку розміщують в демонстраційному залі, для проєктування зображення зоряного неба на поверхню купола демонстраційного залу, який **відрізняється** тим, що в оптично-цифрову проєкційну систему додатково вводять цифрову проєкційну систему, яка містить множину цифрових проєкторів для відтворення додаткового зображення шляхом відтворення проєкції на відповідному фрагменті поверхні купола демонстраційного залу, та електронно-обчислювальну машину, причому оптичну проєкційну систему сполучають з електронно-обчислювальною машиною, причому оптична проєкційна система містить корпус та камеру, з'єднану з електронно-обчислювальною машиною, яка передає зображення охопленого фрагмента поверхні купола, що має визначені координати, електронно-обчислювальна машина містить пристрій для візуального виведення даних, пристрій для введення даних та процесорний блок, причому процесорний блок містить збережений набір команд, де спосіб включає етапи, на яких:

- для визначення контрольної точки точку нульової широти/довготи системи координат оптичної проєкційної системи відтворюють на поверхні купола за допомогою лазерного променя, спроектованого на поверхню купола демонстраційного залу, попередньо калібрують камеру до моменту визначення точки нульової широти/довготи системи координат оптичної проєкційної системи,
- 5 одноразово визначають контрольну точку в кадрі камери, визначають координати розрахункової точки на основі орієнтації оптичної проєкційної системи для відповідного положення оптичної проєкційної системи в системі координат проєкції цифрової проєкційної системи,
- 10 охоплюють за допомогою камери фрагмент поверхні купола, що має визначені координати, з множини фрагментів поверхні купола, для формування зображення охопленого фрагмента поверхні купола, якщо розрахункова точка розміщена на екваторі проєкції цифрової проєкційної системи та частково або повністю - за межами поверхні купола, визначають координати шуканої розрахункової точки за допомогою екстраполяції координат суміжних розрахункових точок, після чого перераховують координати шуканої розрахункової точки при зміні положень щонайменше
- 15 одної суміжної розрахункової точки, якщо розрахункова точка розміщена в сліпій зоні проєкції цифрової проєкційної системи, визначають координати шуканої розрахункової точки за допомогою інтерполяції координат суміжних розрахункових точок, після чого перераховують координати шуканої розрахункової точки при зміні положень щонайменше одної суміжної розрахункової точки,
- 20 якщо розрахункова точка розміщена в межах поверхні купола на проєкції цифрової проєкційної системи і не в сліпій зоні проєкції цифрової проєкційної системи, то за допомогою камери визначають наявність зміщення розрахункової точки відносно контрольної точки на основі орієнтації оптичної проєкційної системи для відповідного положення оптичної проєкційної системи в системі координат проєкції цифрової проєкційної системи та визначають числову величину зміщення,
- 25 вносять спотворення до проєкції цифрової проєкційної системи в даній розрахунковій точці на величину зміщення.
- 30 2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що, якщо розрахункова точка розміщена в межах поверхні купола на проєкції цифрової проєкційної системи і не в сліпій зоні проєкції цифрової проєкційної системи, відтворюють розрахункову точку на поверхні купола за допомогою цифрової проєкційної системи,
- 35 визначають розрахункову точку, пов'язану з позиціонуванням оптичної проєкційної системи, на одержаному з камери зображенні охопленого фрагмента поверхні купола, що має визначені координати, ітеративно зміщують розрахункову точку на проєкції цифрової проєкційної системи до збігу з контрольною точкою в кожному відповідному положенні оптичної проєкційної системи.
- 40 3. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що, якщо розрахункова точка розміщена в межах поверхні купола на проєкції цифрової проєкційної системи і не в сліпій зоні проєкції цифрової проєкційної системи, то для визначення контрольної точки після кожного повертання оптичної проєкційної системи цифрова проєкційна система відтворює на поверхні купола проєкційного залу послідовність графічних патернів,
- 45 фіксують камерою фрагменти зазначених патернів, які потрапили до поля зору камери для подальшого аналізу за допомогою коду Грея, визначають фактичні координати контрольної точки в системі координат проєкції цифрової проєкційної системи в кожному положенні оптичної проєкційної системи, зміщують розрахункову точку до збігу з контрольною точкою.
- 50

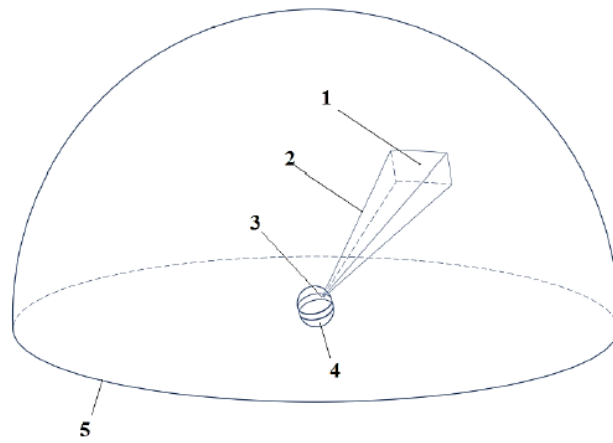


Fig. 1

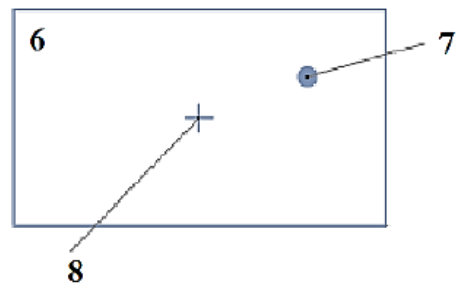


Fig. 2

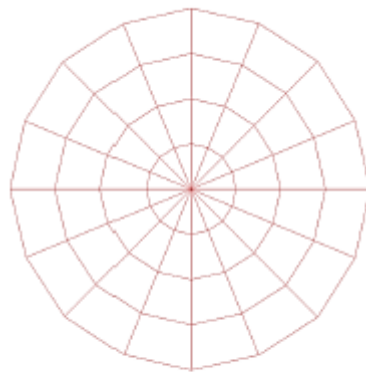


Fig. 3a

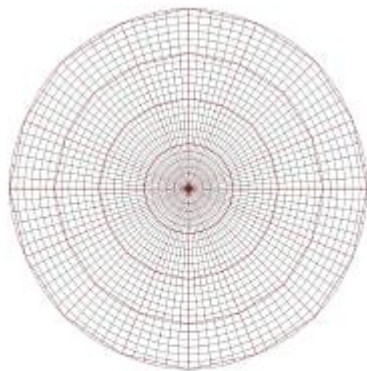


Fig. 3б

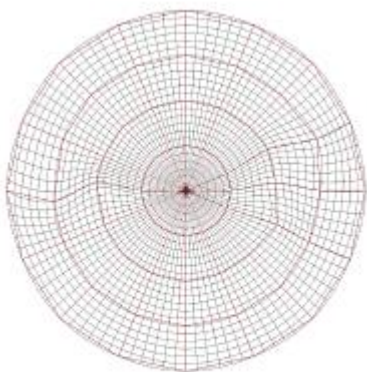


Fig. 3с