



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 59366

(13) C2

(51) 7 G06T7/20

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ТА ПРИСТРІЙ, ЩО ДІЮТЬ У РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ, ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ, ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЯ ЗНАХОДЖЕННЯ, ШВИДКОСТІ ТА НАПРЯМУ РУХУ ДІЛЯНКИ ВІДНОСНОГО ПЕРЕМІЩЕННЯ В СЦЕНІ

1

2

(21) 99010431

(22) 22 07 1997

(24) 15 09 2003

(86) PCT/FR97/01354, 22 07 1997

(31) 96/09420

(32) 26 07 1996

(33) FR

(46) 15 09 2003, Бюл. № 9, 2003 р

(72) Пірім Патрік, FR

(73) ХОЛДІНГ Б Е В С А, LU

(56) US, 5488430, 30 01 1996

(57) 1 Спосіб здійснення у реальному часі виявлення і визначення місцеположення ділянки, що здійснює відносне переміщення у межах зони спостереження, за якою спостерігають за допомогою системи спостереження, що має на виході цифровий відеосигнал такого типу, що включає послідовність відповідних кадрів, кожний з яких складається з послідовності рядків, кожний з яких складається з послідовності пікселів, а також визначення швидкості й орієнтованого напрямку переміщення, який відрізняється тим, що полягає у здійсненні з вихідним цифровим відеосигналом такої послідовності операцій

згладжувальна обробка згаданого вихідного цифрового відеосигналу з використанням цифрової константи, чисельне значення якої може змінюватися незалежно для кожного пікселя згаданого вихідного сигналу, введення в ЗП, по-перше, кадру згаданого вихідного сигналу, що зазнав згладжування, і, по-друге, константи згладжування, що відповідає даному кадру,

часова обробка, яка включає, для кожної піксельної позиції, визначення, по-перше, наявності і, по-друге, величини значущої зміни рівня піксельного сигналу при переході до поточного кадру від безпосередньо попереднього згладженого й введеного у ЗП кадру, і генерування двох цифрових сигналів, перший з яких є двійковим однобітовим сигналом із двома можливими значеннями, одне з яких вказує на наявність, а інше вказує на відсутність значущої зміни при переході між двома послідовними кадрами, причому значення згаданого двійкового сигналу змінює значення згаданого введеного в ЗП константи шляхом її зменшення, якщо згаданий сигнал вказує на наявність значущої змі-

ни, або збільшення - якщо згаданий сигнал вказує на відсутність такої зміни, причому зменшення або збільшення здійснюють покроково, тоді як другий цифровий сигнал, тобто сигнал, що характеризує величину зміни, є багатобитовим сигналом з певною обмеженою кількістю бітів, що кількісно визначають величину даної зміни, і

просторова обробка, що включає виконання таких операцій для кожного кадру вхідного цифрового відеосигналу розподілення піксельних значень лише для частини з пікселів кадру, що відповідають певному моменту спостереження (частини, що сканується через згадану матрицю, впродовж інтервалу часу, що відповідає тривалості кадру), по-перше, згаданого двійкового сигналу і, по-друге, згаданого цифрового сигналу, що характеризує величину зміни, по матриці, в якій кількість рядків і стовпців є незначною у порівнянні, відповідно, з кількістю рядків і кількістю пікселів у рядку у відеосигналі, для отримання характеристик піксельних значень, визначення у цій двомиттєвій матричній формі такої ділянки, в якій згаданий двійковий сигнал має певне конкретне значення, вказуючи на наявність або відсутність значущої зміни, і згаданий цифровий сигнал, що характеризує величину зміни, змінюється (або не змінюється) на значущу величину по пікселях згаданого матриці, які є суміжними вздовж певного напрямку, починаючи від початкового пікселя, в межах тієї самої ділянки кадру і, відповідно, в той саме момент спостереження, і генерування сигналів, що вказують на наявність і місцеположення ділянки, що здійснює відносне переміщення, і також вказують відносну швидкість при переході від кадру до кадру, а також напрям цього переміщення, якщо воно відбувається, відносно оточення, причому ці сигнали визначаються за згаданим миттєвим матричним розподілом згаданих двох цифрових сигналів, двійкового сигналу й сигналу, що характеризує величину зміни

2 Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що він також включає формування, по-перше, гістограм значень сигналу, розподілених по матрицях, і, по-друге, гістограм кутів нахилу двох координатних осей із змінним в площині кутот нахилу, виявлення області, в якій спостерігається значуща зміна значень, що обробляються, в кожній зі сформова-

(13) C2

(11) 59366

(19) UA

них гістограм, для кожної виявленої області, визначення наявності або відсутності ділянки, що здійснює відносне переміщення, і, якщо вона є наявною - визначення її місцеположення, швидкості й напрямку переміщення

3 Спосіб за п 1 або п 2, який **відрізняється** тим, що згадана матриця є квадратною матрицею з однаковою непарною кількістю рядків і стовпців $(2l+1)$, що має вкладені матриці, що містять 3×3 , 5×5 , 7×7 , ..., $(2l+1) \times (2l+1)$ елементів, розташовані по центру згаданої квадратної матриці, причому ці матриці аналізують для визначення найменшої вкладеної матриці, в якій згаданий цифровий сигнал змінюється у певному орієнтованому напрямі, починаючи від згаданого центра, причому значення згаданого двійкового сигналу вказує на перевищення порогового значення для даного напрямку

4 Спосіб за п 1 або п 2, який **відрізняється** тим, що згадана матриця є гексагональною матрицею і містить вкладені гексагональні матриці, розміри яких поступово збільшуються, розташовані по центру згаданої гексагональної матриці, причому ці матриці аналізують для визначення найменшої вкладеної матриці, в якій згаданий цифровий сигнал змінюється у певному орієнтованому напрямі

5 Спосіб за п 1 або п 2, який **відрізняється** тим, що згадана матриця є Г-подібною матрицею з одним рядком і одним стовпцем, причому вкладені матриці, що містять 3×3 пікселів, 5×5 пікселів, 7×7 пікселів, ..., $(2l+1) \times (2l+1)$ пікселів, аналізують за згаданими одним рядком і одним стовпцем для визначення найменшої матриці, в якій сигнал змінюється у певному орієнтованому напрямі, а саме - лінії, що має найбільший кут нахилу і постійну кількісну характеристику

6 Спосіб за будь-яким із попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що згадана константа має форму 2^p , де p - число, що не перевищує 16, отже - яке може бути виражено не більш ніж чотирма бітами, причому цю константу зменшують або збільшують шляхом віднімання або додавання одиниці від/до p

7 Спосіб за п 6, який **відрізняється** тим, що за допомогою алгоритму Малла аналізують послідовні ділянки, що зменшуються, повних кадрів, і вибирається найбільша з цих ділянок, яка дає характеристики переміщення, швидкості й напрямку, що відповідають значенню p

8 Пристрій для здійснення у реальному часі виявлення й визначення місцеположення ділянки, що здійснює відносне переміщення у межах зони спостереження, за якою спостерігають за допомогою системи спостереження, що має на виході цифровий відеосигнал такого типу, що містить послідовність відповідних кадрів, кожний з яких складається з послідовності рядків, кожний з яких складається з послідовності пікселів, а також визначення швидкості й орієнтованого напрямку переміщення, із використанням описаного вище способу, причому цей пристрій приймає на своєму виході згаданий вихідний відеосигнал, який **відрізняється** тим, що включає в себе

засіб (15) для згладжування згаданого вихідного цифрового відеосигналу з використанням цифрової константи (CO), чисельне значення якої може

змінюватися незалежно для кожного пікселя згаданого вихідного сигналу,

засіб (16) для введення в ЗП, по-перше, кадру згаданого вихідного сигналу (LI), що зазнав згладжування, і, по-друге, константи згладжування (CI), що відповідає даному кадру,

блок часової обробки (15) для аналізування, для кожної піксельної позиції у кадрі вхідного відеосигналу, змінювання із плином часу значень піксельного сигналу для тієї саме піксельної позиції при переході до поточного кадру від безпосередньо попереднього згладженого й введеного у ЗП кадру згаданого цифрового сигналу, причому цей блок включає в себе ЗП, виконаний із можливістю приймати, зберігати й видавати інформацію про відповідний попередній згладжений кадр, засіб порівняння (15a), призначений для визначення, чи не перевищує абсолютне значення різниці між піксельним сигналом поточного пікселя і величиною, що характеризує піксельний сигнал у цій самій піксельній позиції у попередньому кадрі, що зберігається у згаданому ЗП, певне порогове значення, шляхом генерування двійкового, або однобітового, сигналу (DP) з двома значеннями, одне з яких вказує на перевищення порогового значення, а інше вказує на відсутність такого перевищення, а також обчислювальний засіб (15c), виконаний з можливістю визначати багатобітовий цифровий сигнал, що характеризує величину зміни, з невеликою кількістю бітів, значення якого залежить від величини зміни значення того саме пікселя при переході до поточного кадру від безпосередньо попереднього згладженого і введеного в ЗП кадру цифрового відеосигналу, і

блок (11) просторової обробки, на вхід якого подаються згадані послідовні двійковий цифровий сигнал і цифровий сигнал, що характеризує величину зміни, що генеруються блоком часової обробки для пікселів певного кадру, причому згаданий блок просторової обробки включає в себе засіб, що характеризує значення пікселів, який здійснює розподілення лише двійкового сигналу й сигналу, що характеризує величину зміни, що відповідають тому саме моменту часу, тобто одному кадру, по матриці (21), в якій кількість рядків і кількість стовпців є меншими, ніж, відповідно, кількість рядків і кількість пікселів у рядку в кадрі згаданого цифрового відеосигналу, причому кадр сканується через згадану матрицю впродовж інтервалу часу, що відповідає тривалості кадру, локалізувальний засіб для визначення ділянки-сукупності пікселів в межах згаданої матриці, в якій у певний конкретний момент часу згаданий двійковий сигнал має певне конкретне значення, і засіб для визначення у згаданій матриці ділянки-сукупності пікселів, в якій у той саме момент часу цифровий сигнал, що характеризує величину зміни, змінюється для суміжних пікселів на значущу величину, а також засіб, який у відповідь на вказівки від двох попередніх засобів генерує сигнали, що визначають згадану ділянку-сукупність пікселів, і, отже, вказують на наявність і місцеположення ділянки, що здійснює відносне переміщення у межах зони спостереження, а також на відносну швидкість при переході від кадру до кадру і орієнтований напрям переміщення зга-

даної ділянки, коли вона дійсно переміщається відносно оточення

9 Пристрій за п. 8, який **відрізняється** тим, що згаданий блок просторової обробки включає в себе каскад перших засобів затримки (t_1), причому кожний із цих засобів зумовлює затримку, тривалість якої дорівнює інтервалу часу між початками двох послідовних рядків, і каскад других засобів затримки (d_1), для кожного рядка, причому кожний із цих засобів зумовлює затримку, тривалість якої дорівнює інтервалу часу між двома послідовними пікселями в рядку, при цьому на виходах з усіх других засобів затримки (d_1) і на вході каскаду других засобів затримки (d_1) кожного рядка в певний конкретний момент часу на згаданий засіб (17а) для виявлення одночасно видаються значення згаданого двійкового сигналу і згаданого цифрового сигналу, що характеризує величину зміни

10 Пристрій за п. 8 або п. 9, який **відрізняється** тим, що він додатково включає в себе засіб (24-29) для формування гістограм за значеннями на виході згаданого блока просторової обробки й гістограм за кутами нахилу двох координатних осей із змінним в площині кутом нахилу, а також засіб для виявлення в кожній гістограмі області, в якій спостерігається значуща зміна оброблюваних значень, так що ця область визначається на виході цього засобу, і визначення за всіма гістограмами вихідних сигналів, які ідентифікують ділянку, що здійснює відносне переміщення у межах зони спостереження, якщо таке переміщення відбувається, і визначають місцеположення цієї ділянки, а також швидкість і напрям орієнтованого переміщення, якщо згадана ділянка переміщується відносно її оточення

11 Пристрій за пп. 8, 9 або 10, який **відрізняється** тим, що згаданий засіб (15с, 15d) для згладжування має вхід для приймання згаданого цифрового відеосигналу $S(PI)$ і визначає для кожного послідовного пікселя кадру згаданого відеосигналу згладжений сигнал (LO), який характеризується тим, що зміни з плином часу вхідного цифрового відеосигналу зменшуються шляхом використання порогового сигналу, що приймається на іншому вході, і константи (CO), співвіднесеної з кожною піксельною позицією кадру, значення якої змінюється послідовно таким чином, що згладжування залишає незмінним, хоча і робить його слабкішим, характер змін вхідного цифрового відеосигналу, причому згаданий засіб для згладжування функціонує у взаємодії із згаданим ЗП (16), який служить для приймання, зберігання і видавання значень згладженого сигналу і згаданої константи, що оно-влюються, для кожної ділянки-сукупності пікселів кадру, а також видає для кожної піксельної позиції принаймні послідовність значень оновленої константи і значень двійкового сигналу, які вказують, чи перевищується згадане порогове значення абсолютним значенням різниці між значеннями піксе-

ла і його згладженим значенням, причому згаданий блок просторової обробки здійснює розподілення по матриці із зменшеною кількістю рядків і стовпців інформації з виходів згаданого засобу для згладжування, а саме послідовних значень згаданої константи і згаданого однобітового сигналу

12 Пристрій за будь-яким із пп. 8-11, який **відрізняється** тим, що згаданий блок просторової обробки (17, 18), що здійснює розподілення по матриці зі зменшеною кількістю рядків і стовпців інформації з виходів згаданого засобу для згладжування, а саме - послідовних значень згаданої константи (CO) і згаданого двійкового сигналу, включає в себе засіб (17а) для виявлення у згаданому матричному розподілі ділянки-сукупності пікселів, в якій водночас або значення згаданого двійкового сигналу відповідає випадку перевищення порогового значення і значення згаданої константи для пікселів, які є суміжними вздовж певного напрямку, відрізняються на значущу величину, а також для генерування вихідних сигналів, що вказують місцезнаходження згаданої ділянки, а також швидкість і орієнтований напрям переміщення у цій ділянці, або ж значення згаданого двійкового сигналу відповідає випадку, коли порогове значення не перевищено і значення згаданої константи для суміжних пікселів не відрізняються

13 Пристрій, який допомагає при водінні наземного транспортного засобу по дорозі або при керуванні пільним апаратом поблизу злітно-посадочної смуги (ЗПС) аеропорту, який **відрізняється** тим, що він включає в себе пристрій за п. 10, п. 11 або п. 12, а також засіб для відображення правого й лівого узбіччя дороги або сторін ЗПС, V_d і V_g відповідно, і засіб для орієнтування принаймні однієї з осей координат за змінним кутом нахилу таким чином, щоб вона залишалася практично ортогональною відносно відповідного узбіччя або сторони (положення P_0)

14 Спосіб контролювання пильності водія автомобіля для виявлення можливого засинання водія, який включає такі стадії

(а) генерування відеосигналу, що первісно відповідає послідовним зображенням обличчя водія, а потім - безперервно, в реальному часі, послідовним зображенням тільки очей водія,

(б) обробка згаданого відеосигналу лише щодо згаданих очей для того, щоб послідовно, в реальному часі, виявляти у згаданому зображенні очей вертикальні переміщення повік, що відповідає моргання, визначати швидкість цих переміщень і виявляти значення швидкості, що не перевищують порогової швидкості моргання, що практично відповідає стану водія, проміжному між станом пильнування й станом засинання, і

(с) ініціювання сигналу попередження, що повідомляє водія про небезпеку, тільки-но згадана порогова швидкість моргання перевищується

Призначенням цього винаходу є надати спосіб і пристрій для виявлення й локалізації ділянки, що

здійснює відносне переміщення в межах зони спостереження, і для визначення швидкості й орієнто-

ваного напрямку цього відносного переміщення, в реальному часі

Відносне переміщення означає переміщення згаданої ділянки (що може бути "об'єктом" у найширшому значенні цього слова, включаючи живу істоту або частину живої істоти, наприклад, руку) у практично нерухомому оточенні, і більш-менш повну нерухомість згаданої ділянки (або "об'єкта") у оточенні, що рухається, принаймні частково

Винахід відноситься до обробки вихідного цифрового відеосигналу від системи спостереження, яка складається з оптичної системи введення, або об'єктива, виконаної з можливістю формування зображення зони спостереження, і оптоелектронної системи перетворення, або утворювача сигналу зображення (сенсора), виконаного з можливістю перетворювання згаданого зображення, одержаного нею, у вихідний цифровий сигнал

Загалом, система спостереження може бути відеокамерою або камескопом, яка/який спостерігає за зоною спостереження, моніторинг якої здійснюють, причому в цьому випадку згаданий вихідний цифровий сигнал буде цифровим відеосигналом, одержаним на виході камери з цифровим виходом, або на виході аналогово-цифрового перетворювача, вхід якого підключено до виходу камери, що видає на виході аналоговий відеосигнал

Система спостереження може також складатися з об'єктива якого-небудь оптичного приладу (бінокля, візуального рефракторного приладу, видошукача), принаймні частина вихідного пучка світла від якого обробляється за допомогою фотоелектронного перетворювача, наприклад, ПЗЗ-або КМОН-типу, зі звичайною підключеною до нього електронною системою, причому перетворювач приймає зображення, утворене згаданою частиною пучка світла, і за допомогою згаданої електронної системи його перетворюють у вихідний цифровий відеосигнал

Винахід полягає здебільшого в обробці вихідного цифрового відеосигналу системи спостереження, зокрема - відеокамери з цифровим виходом, для визначення сигналів, що повідомляють про існування й місцезположення ділянки, що здійснює відносне переміщення у межах згаданої зони спостереження, а також про швидкість і напрям переміщення, якщо згадана ділянка дійсно переміщається у межах згаданої зони спостереження відносно практично нерухомого оточення, в реальному часі

Найкраща створена до цього часу система для виявлення й локалізації об'єкта, що здійснює відносне переміщення, і для визначення його швидкості й напрямку переміщення — це зір тварин або людини, і прикладом цього є мисливець у сховку, який локалізує переміщення звіра (визначає його місцезположення), і визначає напрям і швидкість переміщення

Раніше вже пропонувалися технічні рішення пристроїв для спостереження, подібні штучним сітківкам, як аналогові (Джозомо Індівері та інші у журналі "Proceedings of MicroNeuro" '96, стор 15-22), так і цифрові (П'єр-Франсуа Реді в журналі "Proceedings of MicroNeuro" '96, стор 23-29), однак у першій статті розглянуті детектори й аналогові

блоки зі складними конструкціями, а у другій описаний засіб для виявлення обрисів об'єкта Крім того, в описаних пристроях використовуються дуже швидкодіючі й місткі ЗП для уможливлення роботи в реальному часі, а про ділянки або об'єкти, що переміщуються, може бути отримана лише обмежена інформація

Тому було запропоновано запам'ятовувати в першому двовимірному ЗП кадровий вихідний сигнал від відеокамери або подібного приладу, що складається з послідовних даних, які характеризують піксели, що відповідають зоні спостереження, за якою спостерігають за допомогою камери у момент часу t_0 , і потім запам'ятовувати відеосигнал відповідного наступного кадру, що відповідає цій зоні спостереження у момент часу t_1 , у другому двовимірному ЗП Якщо об'єкт перемістився в часовому інтервалі між моментами часу t_0 і t_1 , то перше, визначають відстань d , на яку об'єкт перемістився в межах зони спостереження між моментами часу t_1 і t_0 , і, по-друге, визначають часовий інтервал $T=t_1-t_0$ між початками двох послідовних відповідних кадрів, для одних і тих же пікселів При цьому швидкість переміщення становить d/T При необхідності отримання точних показників швидкості й напрямку, що характеризують переміщення, система такого типу вимагає дуже великої загальної місткості ЗП Крім того, отримання показників швидкості й напрямку відбувається із затримкою, ця інформація може бути отримана тільки після моменту часу t_1+R , де R - час, необхідний для здійснення обчислень для часового інтервалу t_0-t_1 Ці два недоліки (потреба у великій місткості ЗП і затримка в отриманні необхідної інформації) обмежують застосування системи такого типу

Далі, в патенті Франції №2611083, одним з авторів винаходу за яким є автор винаходу за даною заявою (Патрік Пірім), описані спосіб і пристрій для обробки в реальному часі потоку послідовних даних, що складається, зокрема, з вихідного сигналу від камескопа, для здійснення ущільнення (компресії) даних Згідно з цим патентом, із використанням певного закону класифікації для першої послідовності формується гістограма рівнів сигналу, в ЗП вводиться представницька функція Гауса, що відповідає цій гістограмі, і з неї вибираються максимальний і мінімальний рівні, рівні наступної або другої послідовності порівнюються із згаданим сигналом, вводиться в ЗП рівень першої послідовності з константною, ідентичною для кожного пікселя, генерується двійковий класифікаційний сигнал, який характеризує наступну згадану послідовність відносно закону класифікації, із згаданого двійкового сигналу генерується допоміжний сигнал, що представляє тривалість і положення діапазону значущих величин, і, нарешті, згаданий допоміжний сигнал використовується для генерування сигналу, що локалізує діапазон максимальної тривалості, званий домінантним діапазоном, і дані операції повторюються для чергових послідовностей упорядкованого сигналу Ці спосіб і класифікаційний пристрій забезпечують можливість ущільнення даних, утримуючи тільки ті характеристики послідовних даних потоку даних, що обробляється, які становлять інтерес Зокрема, цей спосіб дозволяє проводити обробку цифрового

відеосигналу, що характеризує відеозображення, для того, щоб виділяти й локалізувати щонайменше одну характеристику з щонайменше однієї ділянки у згаданому зображенні. Таким чином, стає можливим класифікувати яскравість і/або кольоровість сигналу і характеризувати й локалізувати об'єкт на зображенні.

У патенті США №5488430 описано виявлення й оцінювання переміщення шляхом окремого визначення горизонтальної й вертикальної змін у зображенні ділянки, за якою спостерігають. Для виявлення переміщення справа наліво або зліва направо, або згори вниз або знизу вгору, у, відповідно, горизонтальному або вертикальному напрямі, використовують різницеві сигнали, спочатку здійснюють операцію XOR із горизонтальними/вертикальними різницеви сигналами і кадровими різницеви сигналами, і, по-друге, використовують відношення сум горизонтального/вертикального сигналів і сум кадрових різницеви сигналів відносно вікна $K \times 3$. У згаданому патенті США №5488430 обчислені величини зображення у двох ортогональних напрямках, горизонтальному й вертикальному, використовуються з ідентичною різницею K , що повторюється у згаданих двох ортогональних напрямках, причому згадана різниця K визначається як функція швидкостей переміщення, що визначаються. Пристрій за згаданим патентом США визначає напрям переміщення за кожним із двох ортогональних напрямків шляхом застосування сукупності обчислювальних операцій, вказаних у стовпцях 12 (на початку і в кінці) і 13 (на початку), з різницеви сигналами, що зв'язано з використанням дуже складних (і тому складних у реалізації) електронних обчислювальних блоків, які виконують, зокрема, операції ділення, множення й додавання, крім того, необхідні додаткові складні обчислювальні блоки для визначення швидкості й орієнтованого напрямку переміщення (добування квадратного кореня для одержання значення швидкості й обчислення функції арктангенсу для отримання орієнтованого напрямку), починаючи від проєкцій на дві (горизонтальну та вертикальну) осі. Нарешті, в патенті №5488430 не передбачено ніякого засобу для згладжування величини пікселів за допомогою константи, яка змінюється в залежності від конкретного пікселя, для компенсування занадто швидких коливань згаданих величин.

Навпаки, спосіб за цим винаходом здійснюється за допомогою пристрою цифрового типу, що становить об'єкт винаходу і має відносно просту конструкцію і відносно малу місткість ЗП, завдяки чому необхідну інформацію можна отримувати швидко із широким спектром результатів і застосувань (відповідно до закінченого половинного зображення для черезрядкових кадрів або повного зображення, в залежності від конкретного застосування).

У статті Альберто Томіа Ст і Рокуя Іші "Отримання форми руки з послідовності цифрових півтованих зображень" у трудах Інституту інженерів електротехніки й електроніки, т.3, 1994, стор 1925-1930, реалізується виявлення переміщення за різницею між послідовними зображення-

ми з подальшим формуванням гістограм, побудованих на формі руки людини для отримання її на цифровій зоні спостереження. Аналіз гістограм базується на шкалі яскравості, що притаманна руці людини. При цьому не передбачено якогонебудь засобу для формування гістограм площинних координат. Єдиною метою авторів цієї статті є виявлення переміщення руки людини, наприклад, при оперуванні звичайною мишею, причому це переміщення виявляють при введенні даних у комп'ютер.

Натомість цей винахід не обмежений лише виявленням переміщення руки, а забезпечує можливість виявлення відносного переміщення будь-якого об'єкта (у найширшому значенні цього терміну) у межах зони спостереження, і не використовує гістограм, побудованих на півтонових рівнях, що характеризують руку, а використовує натомість гістограми певних конкретних цифрових змінних, що характеризують переміщення (якщо воно відбувається), і гістограми площинних координат.

Суть винаходу

Згідно з цим винаходом

- відомим способом обробляють вихідний цифровий відеосигнал системи спостереження, який складається з послідовності кадрів (що відповідають половинному зображенню у випадку, коли "картинці" відповідають два черезрядкові кадри, або повному зображенню — коли "картинці" відповідає один кадр), кожний з яких складається з певної кількості послідовних рядків і певної кількості пікселів, або елементів зображення, в кожному із згаданих рядків,

- для того, щоб отримати, використовуючи ЗП із відносно малою місткістю, сигнали, які б указували, чи існує в межах зони спостереження ділянка, що здійснює відносне переміщення, і, якщо вона існує, визначали б місцеположення, швидкість і напрям переміщення згаданої ділянки, якщо остання дійсно переміщається відносно оточення,

- шляхом генерування двох цифрових сигналів, один з яких характеризує значущу зміну або відсутність значущої зміни сигналу пікселя для пікселів, розташованих в одному й тому ж місці двох послідовних відповідних кадрів, а інший характеризує величину згаданої зміни, якщо вона має місце, і виконання матричного розподілення цих двох сигналів для пікселів певної ділянки кадру в один і той саме момент часу.

Першою метою винаходу є надати спосіб здійснення у реальному часі виявлення й визначення місцеположення ділянки, що здійснює відносне переміщення в межах зони спостереження, за якою спостерігають за допомогою системи спостереження, що має на виході цифровий відеосигнал такого типу, що містить послідовність відповідних кадрів, кожний з яких складається з послідовності рядків, кожний з яких складається з послідовності пікселів, а також визначення швидкості й орієнтованого напрямку переміщення, який відрізняється тим, що полягає у здійсненні з вихідним цифровим відеосигналом такої послідовності операцій

- згладжувальна обробка згаданого вихідного цифрового відеосигналу з використанням цифрової константи, чисельне значення якої може змінюватися незалежно для кожного пікселя згадано-

го вихідного сигналу,

- уведення в ЗП, по-перше, кадру згаданого вихідного сигналу, що зазнав згладжування, і, по-друге, константи згладжування, що відповідає даному кадру,

- часова обробка, яка включає, для кожної піксельної позиції, визначення, по-перше, наявності і, по-друге, величини значущої зміни рівня піксельного сигналу при переході до поточного кадру від безпосередньо попереднього згладженого й введеного у ЗП кадру, й генерування двох цифрових сигналів, перший з яких є двійковим однобитовим сигналом із двома можливими значеннями, одне з яких указує на наявність, а інше вказує на відсутність значущої зміни при переході між двома послідовними кадрами, причому значення згаданого двійкового сигналу змінює значення згаданого введеного в ЗП константи шляхом її зменшення, якщо згаданий сигнал указує на наявність значущої зміни, або збільшення - якщо згаданий сигнал указує на відсутність такої зміни, причому зменшення або збільшення здійснюються покроково, тоді як другий цифровий сигнал, тобто сигнал, що характеризує величину зміни, є багатобитовим сигналом із певною обмеженою кількістю бітів, що кількісно визначають величину даної зміни, і

- просторова обробка, що включає виконання таких операцій для кожного кадру вхідного цифрового відеосигналу

- розподілення піксельних значень лише для частини з пікселів кадру, що відповідають певному моменту спостереження (частини, що сканується через згадану матрицю, впродовж інтервалу часу, що відповідає тривалості даного кадру), по-перше, згаданого двійкового сигналу і, по-друге, згаданого цифрового сигналу, що характеризує величину зміни, по матриці, в якій кількість рядків і стовпців є незначною у порівнянні, відповідно, з кількістю рядків і кількістю пікселів у рядку у відеосигналі, для отримання характеристик піксельних значень,

- визначення у цій двомиттєвій матричній формі такої ділянки, в якій згаданий двійковий сигнал має певне конкретне значення, вказуючи на наявність або відсутність значущої зміни, і згаданий цифровий сигнал, що характеризує величину зміни, змінюється (або не змінюється) на значущу величину по пікселях згаданого матриці, які є суміжними вздовж певного напрямку, починаючи від початкового пікселя, в межах однієї і тієї ж ділянки кадру і, відповідно, в один і той же момент спостереження, і

- генерування сигналів, що вказують на наявність і місцеположення ділянки, що здійснює відносне переміщення, і також указують відносну швидкість при переході від кадру до кадру, а також напрям цього переміщення, якщо воно відбувається, відносно оточення, причому ці сигнали визначаються за згаданим миттєвим матричним розподілом згаданих двох цифрових сигналів, двійкового сигналу й сигналу, що характеризує величину зміни

У варіанті здійснення, якому віддається перевага, запропонований спосіб відрізняється тим, що він також включає

- формування, по-перше, гістограм значень сигналу, розподілених по матрицях, і, по-друге, гісто-

грам кутів нахилу двох координатних осей з кутом нахилу, що змінюється в площині,

- виявлення області, в якій спостерігається значуща зміна оброблюваних значень в кожній зі сформованих гістограм,

- для кожної виявленої області, визначення наявності або відсутності ділянки, що здійснює відносне переміщення, і, якщо вона є наявною - визначення її місцеположення, швидкості й напрямку переміщення

У конкретних варіантах здійснення

- згадана матриця є квадратною матрицею з однаковою непарною кількістю рядків і стовпців $(2l+1)$, що має вкладені матриці, що містять 3×3 , 5×5 , 7×7 , ..., $(2l+1) \times (2l+1)$ елементів, розташовані по центру згаданої квадратної матриці, причому ці матриці аналізують для визначення найменшої вкладеної матриці, в якій згаданий цифровий сигнал змінюється у певному орієнтованому напрямі, починаючи від згаданого центра, причому значення згаданого двійкового сигналу вказує на перевищення порогового значення для даного напрямку,

- згадана матриця є гексагональною матрицею і містить вкладені гексагональні матриці, розміри яких поступово збільшуються, розташовані по центру згаданої гексагональної матриці, причому ці матриці аналізують для визначення найменшої вкладеної матриці, в якій згаданий цифровий сигнал змінюється у певному орієнтованому напрямі,

- згадана матриця є Г-подібною матрицею з одним рядком і одним стовпцем, причому вкладені матриці, що містять 3×3 пікселів, 5×5 пікселів, 7×7 пікселів, ..., $(2l+1) \times (2l+1)$ пікселів, аналізують за згаданими одним рядком і одним стовпцем для визначення найменшої матриці, в якій сигнал змінюється у певному орієнтованому напрямі, а саме - лінії, що має найбільший кут нахилу і постійну кількісну характеристику

У варіанті, якому віддається перевага, згадана константа має форму 2^p , де p - число, що не перевищує 16, отже - яке може бути виражено не більш ніж чотирма бітами, причому цю константу зменшують або збільшують шляхом віднімання або додавання одиниці від/до p

У цьому випадку, якщо необхідно, за допомогою алгоритму Малла аналізують послідовні ділянки, що зменшуються, повних кадрів, і вибирається найбільша з цих ділянок, яка дає характеристики переміщення, швидкості й напрямку, що відповідають значенню p

Іншою метою винаходу є надати пристрій для здійснення у реальному часі виявлення й визначення місцеположення ділянки, що здійснює відносне переміщення у межах зони спостереження, за якою спостерігають за допомогою системи спостереження, що має на виході цифровий відеосигнал такого типу, що включає послідовність відповідних кадрів, кожний з яких складається з послідовності рядків, кожний з яких складається з послідовності пікселів, а також визначення швидкості й орієнтованого напрямку переміщення, з використанням описаного вище способу, причому цей пристрій приймає на своєму вході згаданий вихідний відеосигнал і відрізняється тим, що включає в себе

- засіб (15) для згладжування згаданого вихідного цифрового відеосигналу з використанням цифрової константи, чисельне значення якої може змінюватися незалежно для кожного пікселя згаданого вихідного сигналу,

- засіб для введення в ЗП, по-перше, кадру згаданого вихідного сигналу, що зазнав згладжування, і, по-друге, константи згладжування, що відповідає даному кадру,

- блок часової обробки для аналізування, для кожної піксельної позиції у кадрі вхідного відеосигналу, змінювання з плином часу значень піксельного сигналу для однієї й тієї ж піксельної позиції при переході до поточного кадру від безпосередньо переднього згладженого й введеного у ЗП кадру згаданого цифрового сигналу, причому цей блок включає в себе ЗП, виконаний з можливістю приймати, зберігати й видавати інформацію про відповідний попередній згладжений кадр, засіб порівняння, призначений для визначення, чи не перевищує абсолютне значення різниці між піксельним сигналом поточного пікселя і величиною, що характеризує піксельний сигнал у цій самій піксельній позиції у попередньому кадрі, що зберігається у згаданому ЗП, певне порогове значення, шляхом генерування двійкового, або однобітового, сигналу із двома значеннями, одне з яких вказує на перевищення порогового значення, а інше вказує на відсутність такого перевищення, а також обчислювальний засіб, виконаний з можливістю визначати багатобітовий цифровий сигнал, що характеризує величину зміни, з невеликою кількістю бітів, значення якого залежить від величини зміни значення одного і того ж пікселя при переході до поточного кадру від безпосередньо попереднього згладженого і введеного в ЗП кадру цифрового відеосигналу, і

- блок просторової обробки, на вхід якого подаються згадані послідовні двійковий цифровий сигнал і цифровий сигнал, що характеризує величину зміни, що генеруються блоком часової обробки для пікселів певного кадру, причому згаданий блок просторової обробки включає в себе засіб, що характеризує значення пікселів, який здійснює розподілення лише двійкового сигналу й сигналу, що характеризує величину зміни, що відповідають одному й тому самому моменту часу, тобто одному кадру, по матриці (21), в якій кількість рядків і кількість стовпців є меншими, ніж, відповідно, кількість рядків і кількість пікселів у рядку в кадрі згаданого цифрового відеосигналу, причому кадр сканується через згадану матрицю впродовж інтервалу часу, що відповідає тривалості кадру, локалізувальний засіб для визначення ділянки-сукупності пікселів у межах згаданої матриці, в якій у певний конкретний момент часу згаданий двійковий сигнал має певне конкретне значення, і засіб для визначення у межах згаданої матриці ділянки-сукупності пікселів, в якій у той самий момент часу цифровий сигнал, що характеризує величину зміни, змінюється для суміжних пікселів на значущу величину, а також засіб, який у відповідь на вказівки від двох попередніх засобів генерує сигнали, що визначають згадану ділянку-сукупність пікселів, і, отже, вказують на наявність і місцеположення ділянки, що здійснює відносне переміщення у межах зони

спостереження, а також на відносну швидкість при переході від кадру до кадру і орієнтований напрям переміщення згаданої ділянки, коли вона дійсно переміщується відносно оточення

У варіанті здійснення, якому віддається перевага, блок просторової обробки має також вихід, з якого видається затриманий цифровий відеосигнал, який являє собою вхідний цифровий відеосигнал із затримкою, що дорівнює тривалості рядків матриці за вирахуванням тривалості одного рядка, для того щоб видавати вихідний сигнал у синхронізмі з аналізом матриці у згаданому блоці часової обробки

У варіанті здійснення, якому віддається перевага, блок просторової обробки запропонованого згідно з цим винаходом пристрою включає в себе каскадний засіб затримки, причому кожний з елементів каскаду зумовлює затримку, тривалість якої дорівнює інтервалу часу між початками двох послідовних рядків, і каскадний засіб затримки для кожного рядка, причому кожний з елементів цього каскаду зумовлює затримку, тривалість якої дорівнює інтервалу часу між двома послідовними пікселями в рядку, причому на виходах з усіх регістрів і на входах перших регістрів кожного рядка в певний конкретний момент часу на згаданий засіб для виявлення одночасно видаються значення згаданого двійкового сигналу і згаданого цифрового сигналу, що характеризує величину зміни

У варіанті здійснення, якому віддається перевага, запропонований згідно з цим винаходом пристрій додатково включає в себе засіб для формування гістограм за значеннями на виході згаданого блоку просторової обробки й гістограм за кутами нахилу двох координатних осей із змінним в площині кутом нахилу, а також засіб для виявлення в кожній гістограмі області, в якій спостерігається значуща зміна оброблюваних значень, так що ця область визначається на виході цього засобу, і визначення за всіма гістограмами вихідних сигналів, які ідентифікують ділянку, що здійснює відносне переміщення у межах зони спостереження, якщо таке переміщення відбувається, і визначають місцеположення цієї ділянки, а також швидкість і напрям орієнтованого переміщення, якщо згадана ділянка переміщується відносно її оточення

Якщо необхідно виявляти переміщення об'єкта в практично нерухомому оточенні, то потрібно визначити ту частину матриці, в якій значення однобітового сигналу вказує на перевищення межі і водночас цифровий сигнал, що характеризує величину зміни, має істотно різні значення для сусідніх пікселів одного кадру

Навпаки, якщо необхідно виявляти нерухомий об'єкт у оточенні, що рухається, то потрібно визначити ту частину матриці, в якій значення однобітового сигналу вказує на те, що межа не перевищена, і водночас цифровий сигнал, що характеризує величину зміни, має практично однакові значення для сусідніх пікселів одного кадру

У варіанті здійснення, якому віддається перевага, у згаданому пристрої для виявлення ділянки, що здійснює відносне переміщення в межах зони спостереження, і для визначення місцеположення цієї ділянки й швидкості й напрямку згаданого переміщення, що здійснює згаданий вище засіб

- згаданий засіб для згладжування має вхід для приймання згаданого цифрового відеосигналу $S(P)$ і визначає для кожного послідовного пікселя кадру згаданого відеосигналу згладжений сигнал (LO) , який характеризується тим, що зміни з часом вхідного цифрового відеосигналу зменшуються шляхом використання порогового сигналу, що приймається на іншому вході, і константи (CO) , співвіднесеної з кожною піксельною позицією кадру, значення якої змінюється послідовно таким чином, що згладжування залишає незмінним, хоча і робить його слабкішим, характер змін вхідного цифрового відеосигналу, причому згаданий засіб для згладжування функціонує у взаємодії із згаданим ЗП(16), який служить для приймання, зберігання і видавання оновлюваних значень згладженого сигналу і згаданої константи, для кожної ділянки-сукупності пікселів кадру, а також видає для кожної піксельної позиції принаймні послідовність значень оновленої константи і значень двійкового сигналу, які вказують, чи перевищується згадане порогове значення абсолютним значенням різниці між значенням пікселя і його згладженим значенням, причому згаданий блок просторової обробки здійснює розподілення по матриці із зменшеною кількістю рядків і стовпців інформації з виходів згаданого засобу для згладжування, а саме послідовних значень згаданої константи і згаданого двійкового сигналу,

- передбачено засіб для виявлення у згаданому матричному розподілі ділянки-сукупності пікселів, в якій водночас

або значення згаданого двійкового сигналу відповідає випадку перевищення порогового значення й значення згаданої константи для пікселів, які є суміжними вздовж певного напрямку, відрізняються на значущу величину, причому в цьому випадку цей засіб генерує вихідні сигнали, що вказують місцезнаходження згаданої ділянки, а також швидкість і орієнтований напрям переміщення в цій ділянці, або

значення згаданого двійкового сигналу відповідає випадку, коли межу не перевищено і значення згаданої константи для суміжних пікселів не відрізняються, причому в цьому випадку цей засіб генерує вихідні сигнали, що вказують місцезнаходження згаданої ділянки

У варіантах здійснення, яким віддається перевага

- згаданий засіб для згладжування включає в себе, у поєднанні з відео ЗП або робочим ЗП, де для кожного пікселя кадру зберігаються послідовні значення згаданої константи й згладженого цифрового відеосигналу, засіб для обчислення для кожного пікселя абсолютного значення різниці між значенням цифрового відеосигналу з виходу відеокамери й значенням заздалегідь згладженого цифрового відеосигналу, засіб для порівняння згаданої різниці з пороговим значенням і генерування двійкового сигналу, одне з двох значень якого вказує на перевищення згаданої межі, а інше значення — на відсутність її перевищення, засіб для оновлення згаданої константи, який одержує безпосередньо попереднє значення константи із згаданого ЗП і зменшує його, якщо він отримує двійковий сигнал зі значенням, що вказує на пере-

вищення межі, або збільшує його, якщо він отримує двійковий сигнал зі значенням, що вказує на відсутність перевищення, причому зменшення або збільшення не здійснюються, якщо це може призвести до, відповідно, від'ємного значення або до значення, що перевищує певне порогове значення, і засіб для оновлення згладженого значення цифрового відеосигналу, що здійснює алгебраїчне додавання до попереднього значення цього згладженого сигналу, отриманого із згаданого ЗП, відношення різниці між цифровим відеосигналом із виходу відеокамери і попереднім значенням згладженого цифрового відеосигналу із згаданого ЗП, до значення попередньої константи, отриманої із згаданого ЗП,

- згадана константа має форму 2^p , де p - ціле число, що не перевищує 16, яке, отже, може бути виражене не більше ніж 4 бітами, причому зменшення або збільшення константи здійснюються шляхом віднімання або додавання однієї одиниці z до p ,

- згаданий засіб для матричного розподілення скомбінований із засобом затримки, що зумовлює послідовні затримки, тривалість яких дорівнює тривалості одного рядка відеосигналу, цифрового відеосигналу з відеокамери, так щоб видавати на послідовні виходи цей відеосигнал, затриманий на один період затримки, два періоди затримки тощо, до кількості періодів затримки, що на одиницю менше ніж кількість рядків у згаданій просторовій матриці розподілення, засіб для здійснення матричного розподілення по послідовних рядках згаданої матриці, що приймає, по-перше, цифровий відеосигнал із відеокамери без затримки і згаданий сигнал, що послідовно затримується, з виходів засобу затримки і, по-друге, значення згаданої константи і згаданого двійкового сигналу, що отримується із згаданого засобу для згладжування, для здійснення матричного розподілення по рядках і стовпцях згаданих значень константи і двійкового сигналу, що відповідають певному моменту часу, для пікселів частини кадру цифрового відеосигналу, яка має такий самий розмір, що й розмір згаданої матриці,

- засіб матричного розподілення включає в себе ряд провідників цифрового сигналу, а саме по одному для кожного рядка матриці, кожний з послідовно підключеними зсувовими регістрами, кожний з яких зумовлює затримку, тривалість якої дорівнює інтервалу часу між двома послідовними пікселями в рядку цифрового відеосигналу, причому положення пікселя, розподіленого у матрицю, визначається точкою в матриці, розташованою нижче ніж регістр затримки, а їхня кількість для одного рядка на одиницю менше кількості стовпців у матриці, і точкою, яка розташована нижче ніж найнижчий регістр,

- згаданий засіб для виявлення ділянки, що здійснює переміщення, у згаданій матриці, шляхом виявлення водночас значення двійкового сигналу, що вказує на перевищення межі, і зміни значення константи, включає в себе засіб для визначення, для дискретних цифрових напрямів, кута нахилу зміни значення константи, близько до пікселя в центрі згаданої матриці, формування початкової точки згаданих напрямів, і засіб для вибору най-

більш крутого кута нахилу згаданої зміни близько до згаданої центральної початкової точки і для визначення орієнтованого напрямку з урахуванням критерію вибору для вибору напрямку у разі наявності більш ніж одного напрямку з одним і тим саме максимальним кутом нахилу згаданої зміни, причому останній із згаданих засобів видає на виході сигнали, що відображають швидкість і орієнтований напрям переміщення ділянки, що здійснює переміщення, з контрольним сигналом, який вказує, що згадані сигнали швидкості і напрямку є піддані контролю, разом із значенням константи

У варіанті здійснення, якому віддається перевага, засіб для формування гістограм, якщо він наявний, включає в себе

- входи для приймання сигналу, за яким формується гістограма, і сигналу для перевірки із засобу для матричного розподілення, і

- засіб для формування двох лінійних одновимірних гістограм для двох площинних координат і для поєднання цих двох лінійних гістограм, з одержанням двовимірної гістограми, що відповідає ділянці, в якій є значуща зміна вхідного сигналу, і

- вихід, що видає сигнал, який характеризує згадану ділянку Крім того, у варіанті, якому віддається перевага, засіб для формування гістограм включає в себе

- засіб для обчислення еталонної зміни, вхід якого отримує сигнал послідовності рядків, сигнал послідовності стовпців і сигнал піксельної синхронізації, а вихід якого представляє еталонну зміну,

- два засоби для формування гістограм для двох осей, які приймають два еталонних сигнали і формують гістограми згаданих осей, і

- засіб ділянки, в який поступають виходи двох засобів для формування гістограм для двох осей, а на виході з якого виходить сигнал, що містить загальну інформацію про нахил двох осей

В певних застосуваннях згадана константа може бути побудована з обмеженого порядкового числа інтервалів із поступово зростаючою величиною, на яке діляться абсолютне значення різниці між значенням поточного пікселя і безпосередньо попереднім значенням того ж пікселя після згладжування, для кожної піксельної позиції

В одному з варіантів, яким віддається перевага, для визначення війкового сигналу перевищення або відсутності перевищення порогового значення для кожної піксельної позиції абсолютне значення різниці між значенням поточного вхідного пікселя і безпосередньо попереднім згладженим значенням того самого пікселя, що поступає із ЗП, порівнюється з пороговим значенням

У варіанті, якому віддається перевага, цифровий сигнал, що характеризує величину зміни, генерується у вигляді цілого числа, що характеризує тенденцію до наближення значення поточного пікселя до безпосередньо попереднього згладженого значення даного пікселя - для кожної піксельної позиції

Одна з відмітних особливостей даного винаходу полягає в тому, що для визначення як згаданого двійкового сигналу, так і згаданого цифрового сигналу, що характеризує величину зміни, як значення безпосередньо попереднього пікселя використовують його згладжене значення, що зберіга-

ється в ЗП, для того щоб зробити меншими великі значення різниці між значеннями даного піксельного сигналу у різні моменти часу, які можуть спостерігатися у вхідному цифровому відеосигналі з відеокамери або з будь-якого іншого пристрою спостереження з цифровим виходом

Відомо, що результат операції згладжування полягає в поступовій заміні цифрового сигналу з великими значеннями різниці між значеннями цього сигналу у різні моменти часу сигналом із меншими значеннями такої різниці, отже - сигналом, що легше піддається квантуванню, потребуючи для цього меншої кількості кроків квантування, і таким чином — потребуючи меншої кількості бітів для згладженого цифрового сигналу, що характеризує величину зміни

Нижче буде описано, з посиланням на фігури, варіант утілення запропонованого цим винаходом пристрою, що здійснює запропонований цим винаходом спосіб Опис цього варіанта надається як опис ілюстративного прикладу, він не має розглядатися як такий, що обмежує обсяг винаходу, який визначається формулою винаходу

Стислий опис фігур

Фіг 1 ілюструє в дуже загальному вигляді запропоновану цим винаходом систему з її входами й виходами, а також вхідний сигнал для цієї системи

Фіг 2 зображує у вигляді функціональних блоків основні складові пристрою, запропонованого цим винаходом, які утворюють вузол, що здійснює часову й просторову обробку

Фіг 3 і Фіг 4 ілюструють функціональні схеми, відповідно, обчислювального вузла часової обробки й обчислювального вузла просторового матричного розподілення, які є складовою частиною пристрою за фіг 2

Фіг 5 показує схематично часову обробку і просторову обробку в системі за цим винаходом

Фіг 6 показує чисельні значення, згідно з кодом Фрімана, дискретних напрямків, що починаються у вихідному центрі в матриці за фіг 4

Фіг 7 ілюструє дві малі вкладені матриці всередині матриці часового розподілу

Фіг 8 і Фіг 9 описують два інших типи матриць, а саме гексагональну й Г-подібну матрицю, відповідно

Фіг 10 показує схематично вузол пристрою за фіг 2 вздовж лінії Z-Z¹ із додатковим вузлом згідно з варіантом здійснення винаходу, якому віддається перевага

Фіг 11 показує згаданий додатковий вузол за фіг 10 у вигляді функціональної схеми, фіг 2 і фіг 11 складаються вздовж лінії Z-Z¹, позначеної штрих-пунктирними лініями на фіг 2 і фіг 10

Фіг 12 показує формування для вхідного сигналу двох одновимірних гістограм і, на основі цих гістограм, двовимірної гістограми ділянки, що здійснює переміщення

Фіг 13 показує докладніше блок обробки й формування гістограми, а також блок лінійного комбінування, що використовується разом із ним

Фіг 14 ілюструє одновимірну гістограму

Фіг 15 і Фіг 16 ілюструють використання зміни кута нахилу зони спостереження

Фіг 17, фіг 18 і фіг 19 ілюструють інші можливі

способи застосування пристрою за цим винаходом, на фіг 17 і фіг 18 — у вигляді функціональних схем, причому фіг 17 ілюструє застосування при проведенні відеоконференцій, фіг 18 ілюструє застосування при контролюванні руху по автомобільних шляхах різних класів, а фіг 19 ілюструє застосування, при якому оператор керує якоюсь машиною за допомогою рухів руки

Фіг 20 і фіг 21 схематично представляють застосування винаходу для виявлення ситуації засинання водія автомобіля

Фіг 22 показує перетворене зображення за діаграмою Малла

Перш за все, звернемось до фіг 1. У варіанті здійснення, якому віддається перевага, запропонований цим винаходом пристрій 11 передусім включає в себе вхід 12, що одержує цифровий відеосигнал S із відеокамери або камескопа 13 з одним або декількома ПЗЗ-датчиками КМОН-типу, що мають прямий цифровий вихід або аналоговий вихід, що перетворюється аналогово-цифровим перетворювачем у цифровий вихід. Сигнал S, як відомо із рівня техніки, складається з послідовності пар черезрядкових кадрів, таких як TR_1 і TR'_1 , TR_2 і TR'_2 , кожний з яких складається з послідовності горизонтальних рядків розгортки, а кожний рядок (такий як l_{11} , l_{12} , ..., l_{17} у TR_1 і l_{21} у TR_2) складається з послідовності елементарних сигналів-пикселів, або елементів зображення, PI, що відповідають точкам (таким як a_{11} , a_{12} і a_{13} для рядка l_{11} , a_{21} , a_{22} для рядка l_{12} , a_{171} і a_{172} для рядка l_{17} , a_{111} і a_{12} для рядка l_{21}) зони спостереження 13а, за якою спостерігають за допомогою камери 13, з цієї причини на фігурі показане $S(PI)$ - сигнал S, який складається з пикселів PI

Як відомо з рівня техніки, $S(PI)$ містить сигнали кадрової синхронізації (ST) на початку кожного кадру, і сигнали рядкової синхронізації (SL) на початку кожного рядка

Таким чином, можна бачити, що сигнал $S(PI)$ складається з

- ряду послідовностей (послідовних кадрів) у межах певної часової області, і
- в кожній послідовності (у кожному кадрі) є ряд підпослідовностей (рядків, пикселів) у межах певної просторової області

У часовій області термін "послідовні кадри" буде використовуватися для визначення послідовних кадрів того самого типу (наприклад, непарних кадрів, таких як TR_1 , або парних кадрів, таких як TR'_1) у парах кадрів, таких як TR_1 - TR'_1 , що формують послідовні зображення у цифровому відеосигналі $S(PI)$, а термін "послідовні пиксели в тій самій позиції" буде означати послідовні значення пикселів (PI), розташованих в тому самому місці у послідовних кадрах того самого типу, наприклад, a_{11} у рядку l_{11} у кадрі TR_1 і a_{11} у рядку l_{21} у наступному відповідному кадрі TR_2

Крім того, пристрій 11 має виходи 14 для декількох цифрових сигналів, генерованих ним, які використовуються для вказування на наявність ділянки або "об'єкта" (у загальному сенсі, як визначено вище), що здійснює відносне переміщення, і для визначення її місцеположення, а також її швидкості й напрямку переміщення, у разі його значущості, в ефективно нерухомому оточенні, зок-

рема, складеного сигналу ZH, що схематично поєднує сигнали, які вказують на існування згаданої ділянки або об'єкта й визначають місцеположення згаданої ділянки або об'єкта, швидкість V і напрям переміщення DI, а також, можливо, вхідного цифрового відеосигналу SR, що затримується для його синхронізації з попередніми сигналами, з урахуванням часу їхньої обробки, причому цей затриманий сигнал SR використовують для візуалізації зображення, що сприймається камерою 13, на моніторі або телевізійному екрані 10, у той момент часу, коли поступає інформація, що характеризує ділянку, що здійснює відносне переміщення (якщо така ділянка існує), зокрема - сигнал ZH(V, DI), який може бути використаний у вузлі 10а обробки і перевірки

Звернемось тепер до фіг 2 і розглянемо конструкцію першої частини пристрою 11, показаного на фіг 1, позначеної штриховими лініями блока 11а на фіг 2

Головними складовими вузла 11а є, по-перше, блок 15 часової обробки з підключенням до нього ЗП16, і, по-друге, блок просторової обробки 17 із підключенням до нього блоком 18 затримки й блоком 19 встановлення послідовності й генератором синхроімпульсів, що генерує синхроімпульси для блока часової обробки 15 і блока встановлення послідовності 19

Блок часової обробки 15, який, окрім виконання інших функцій, здійснює згладжування відеосигналу

- використовує цифровий відеосигнал S із відеокамери 13, який складається з послідовності значень пикселів PI, і імпульси HP, що генеруються генератором 20 синхроімпульсів (що ініціалізується сигналом S) із частотою проходження пикселів у кадрі (зокрема 13,5МГц), для генерування кількох сигналів, як описується нижче з посиланнями на фіг 3, і обмінюється значеннями двох із цих сигналів із ЗП16, а саме згладженим значенням L цифрового відеосигналу й значенням C згладжувальної константи, причому після значень L і C згадана літера O для значень, що передаються із блока 15 у ЗП16 для зберігання, тоді як для значень, що передаються із ЗП16 у блок 15, згадана літера I, і
- генерує вихідний двійковий сигнал DP, що вказує на наявність або відсутність перевищення певної межі, і цифровий сигнал CO, що визначає оновлене обчислене значення згаданої константи (значення CO), що поступає в ЗП16

Блоки обчислення і/або порівняння, що утворюють блок часової обробки 15, показані детальніше на фіг 3, блок 15 включає в себе чотири блоки 15а, 15b, 15c і 15d

Перший блок 15а блока 15, що використовує вхідний цифровий відеосигнал S, який складається з послідовності пиксельних сигналів PI, і згладжене значення LI сигналу S для безпосередньо попереднього відповідного кадру, раніше обчислене блоком 15 як LO і тимчасово введене в ЗП16 (як пояснено нижче), обчислює абсолютне значення АВ різниці між вхідними значеннями PI і LI для тієї самої пиксельної позиції (наприклад, a_{11} у рядку l_{11} у TR_1 і у рядку l_{21} у TR_2)

$$AB = |PI - LI|,$$

з частотою, що задається синхроімпульсами

HP генератора 20 синхроімпульсів

Другий блок 15b є блоком перевірки. Цей блок приймає вищезгаданий цифровий сигнал AB із блоку 15a і цифровий сигнал, що характеризує порогове значення SE, яке могло б бути постійним, але звичайно залежить від значення пікселя, воно змінюється у відповідності до того, як змінюється згадане значення, так що здійснюється гама-корекція (відомий засіб для змінювання SE у такий спосіб, що досягається гама-корекція, показаний штриховими лініями як необов'язковий блок 15e). Цей блок порівнює два цифрові сигнали, що характеризують AB і SE, для того, щоб визначити двійковий сигнал DP, іншими словами, сигнал, який має одне з двох значень - 1 і 0, щоб указувати, відповідно, на наявність або відсутність перевищення згаданого порогового значення SE. Якщо AB більше, ніж SE, для DP буде задане значення 1 у блоці 15b, що вказує на перевищення порогового значення, якщо AB менше, ніж SE або дорівнює йому, для DP буде встановлено значення 0 у блоці 15b, що вказує на те, що порогове значення не перевищується.

Фактично, коли DP=1, це означає, що різниця між PI і LI, або, іншими словами, між вхідним цифровим відеосигналом і попереднім згладженим цифровим відеосигналом, виявляється дуже великою, і їй необхідно зменшити шляхом зменшення згладжувальної константи. І навпаки, якщо DP=0, цю константу необхідно збільшити.

Третій блок 15c змінює у потрібний бік значення згаданої константи в залежності від значення DP. Якщо DP=1, блок 15c зменшує константу на одиничне значення U. CO (нове значення константи)=CI (попереднє значення константи)-U. Якщо DP=0, блок 15c збільшує константу на те саме одиничне значення U. CO=CI+U.

Отже, блок 15c приймає вищезгаданий двійковий сигнал перевищення DP із блоку 15b на одному вході й сигнал CI, який є попереднім значенням константи, що зберігається в ЗП16, на іншому вході, і зменшує або збільшує на одиничне значення U константу CI, що подається на вхід, яка стає CO і вводиться у згаданий ЗП16, замінюючи значення CI.

У варіанті здійснення, якому віддається перевага, згадана константа, від якої залежить збіжність згладжування (як функція часу, необхідного для досягнення згладженим значенням вхідного значення цифрового відеосигналу), представлена як степінь числа 2, а саме як 2^p , і ціле число p є числом, яке зменшують або збільшують на одиничне значення (на 1) у блоці 15c, в цьому випадку $U=1$ для p на фіг 3. Якщо DP=1, блок 15c віднімає одиничне значення (1) із показника p константи 2^p , яка дорівнюватиме 2^{p-1} . Якщо DP=0, блок 15c додає одиничне значення (1) до показника p константи 2^p , яка дорівнюватиме 2^{p+1} .

Вибір форми константи як 2^p забезпечує дві переваги: по-перше, досягається відповідність фізіології людського зору, по-друге, спрощується обчислення, а, отже, і конструкція блока 15c.

Блок 15 повинен також задовольняти двом умовам, а саме — CO має залишатися між двома граничними значеннями. CO не повинне приймати від'ємне значення ($CO \geq 0$) і не повинне перевищу-

вати границю N ($CO \leq N$). У згаданому випадку, в якому CI і CO виражені у формі 2^p , верхня границя N відповідає цілому числу n, що є максимальним значенням для p.

Верхня границя N (або n) може бути або сталою, або змінною, якщо вона є змінною, необов'язковий блок 15f (зображений штриховими лініями) змінює N(n), наприклад, згідно з указівкою користувача. Наслідком збільшення N є підвищення чутливості щодо виявлення переміщення, в той час як при зменшенні N збільшується чутливість щодо виявлення високих швидкостей.

Нарешті, в четвертий блок 15d на перший вхід поступає значення CO нової константи, згенерованої в блоці 15c, на другий вхід - вхідний цифровий відеосигнал S у формі значення пікселя PI, а на третій вхід - згладжене значення попереднього вхідного цифрового відеосигналу, а саме LI із ЗП16. Цей блок здійснює таке обчислення:

$$LO = LI + (PI - LI) / CO,$$

і видає результат на виході.

Фактично член $(PI - LI) / CO$ являє собою зміну, що вноситься у згладжене значення цифрового відеосигналу, яка урахує змінне значення CO згаданої константи, і він прямо пропорційний алгебраїчній різниці між ефективним значенням поточного вхідного пікселя PI із камери 13 і його попереднім згладжувальним значенням LI, і обернено пропорційний CO.

Якщо $CO = 2^p$, то

$$LO = LI + (PI - LI) / 2^p,$$

де використане p_0 , значення p, обчислене в блоці 15c, яке замінює попереднє значення p для р у ЗП16.

Отже, блок часової обробки 15 із чотирма блоками обчислення 15a, 15b, 15c, 15d

- приймає S(PI) від відеокамери 13, синхроімпульси HP для регулювання швидкості роботи й порогові сигнали SE і N (або n),

- на основі вхідних сигналів LI і CI із підключеного ЗП16 визначає оновлені сигнали LO і CO, які вводяться у згаданий ЗП для заміни, відповідно, LI і CI і які виражають нові обчислені значення згладженого цифрового відеосигналу й константи, відповідно, і

- видає згаданий вище сигнал CO і двійковий сигнал перевищення порогового значення DP, обчислений за PI, LI і SE, на блок просторової обробки 17 через блок затримки 18.

Мета операції згладжування полягає в нормалізації змін значення вхідного цифрового відеосигналу для кожного пікселя, або кожної точки зображення, а саме зміни кожного PI, шляхом зменшення різниць цих змін і заміни, для кожного пікселя, послідовних реальних значень PI, що змінюються в даній точці зображення, на згладжені значення LO, які змінюються менш суттєво, ніж значення PI.

Таким чином, для кожного вхідного PI блок часової обробки 15, що взаємодіє із ЗП16, видає як заміну згладжене значення LO, що змінюється на меншу величину, використовуючи двійковий сигнал DP, що вказує на наявність або відсутності перевищення порогового значення, і сигнал константи CO, які оновлюються й передаються в блок просторової обробки, показаний на фіг 4.

Кожний піксел в межах ділянки кадру може бути ідентифікований двома координатами (як правило - ортогональними), по осях абсцис і ординат, а саме x і y , шляхом призначення пікселу двох індексів, а саме i (номер рядка) для координати y та j (номер пікселя в рядку) для координати x . Кожний піксел з індексами i та j має відеозначення (значення величини відеосигналу) PI_{ij} .

Якщо ми розглянемо зміну з часом t значень PI_{ij} для послідовних відповідних кадрів у моменти часу $t_0, t_1, t_2, t_3, \dots$, розділені інтервалом часу T , що відповідає періоду зображення (що звичайно дорівнює двом періодам кадру), який може становити 0,04с, якщо частота відеосигналу зображення дорівнює 25Гц, або 0,0333с, якщо частота відеосигналу зображення дорівнює 33Гц, або 50Гц для датчиків із прогресивною розгорткою (1 кадр на 1 зображення), сигнал відеопікселя з індексами i та j має послідовні значення, що позначаються як $PI_{ijt0}, PI_{ijt1}, PI_{ijt2}, PI_{ijt3}, \dots$ в моменти часу $t_0, t_1, t_2, t_3, \dots$.

Відповідно до цього винаходу, у блоці часової обробки 15 значення PI_{ijt} замінюються послідовними згладжувальними значеннями LO_{ijt} , а саме $LO_{ijt0}, LO_{ijt1}, LO_{ijt2}, LO_{ijt3}, \dots$.

Для кожного з послідовних пікселів, або точок зображення, з координатами i, j у період часу t , тобто PI_{ijt} , його реальне значення PI_{ijt} замінюється згладженим значенням, що визначається формулою

$$LO_{ijt} = LI_{ijt}(t-1) + (PI_{ijt} - LI_{ijt}(t-1)) / CO_{ijt}$$

У варіанті, якому віддається перевага, константа CO має вигляд $2^{PI_{ijt}}$.

Обчислення, які здійснюються у блоці 15, зокрема, у блоці 15d для кожного інтервалу часу T , що відділяє t_1 від t_0 , t_2 від t_1 , t_3 від t_2 тощо, забезпечують збіжність значення LO_{ijt} до значення PI_{ijt} із швидкістю, яка залежить від константи, яка змінюється в просторі (і тому залежить від i та j) і у часі (і тому залежить від t), і яка може бути записана як CO_{ijt} .

У всіх випадках збіжність LO_{ijt} відбувається повільніше, коли CO_{ijt} є більшою. Якщо $CO_{ijt}=1$, згладжування не відбувається.

Очевидно, в наведених вище формулах можна використовувати декартові координати y та x замість індексів i та j , що вказують на порядковий номер рядка й номер пікселя в рядку.

Блок 15a обчислює $AB = |PI - LI|$, де індекси i, j та t є неявними, де величина AB характеризує миттєву різницю між цифровим відеосигналом $S(PI)$ і згладженим сигналом LI для кожної трійки i, j, t .

Одна з особливостей пристрою за винаходом полягає в здійсненні в блоці часової обробки 15 операції згладжування значень пікселів, для визначення, для кожного пікселя, послідовних значень згладжувальної константи і двійкового сигналу, що показує наявність або відсутність перевищення порогового значення абсолютним значенням різниці між значенням пікселя і згладженим значенням даного пікселя для двох послідовних відповідних кадрів, для розподілення в площинній матриці чисельних значень, для того саме моменту часу, як згаданої константи, так і згаданого двійкового сигналу, для пікселів обмеженої частини кадру, причому цією частиною сканують кадр, для того щоб визначити, виходячи з

локальних змін цих двох значень у поточний момент часу, місцеположення ділянки, що здійснює відносне переміщення, і визначити швидкість і напрям ефективного переміщення, в залежності від згаданого розподілення. Це виконується вузлом просторової обробки, описаним нижче з посиланнями на фіг 4.

Збіжність згладжування здійснюється обчислювальними блоками 15b і 15c, які визначають зміну нової вхідної константи CO (фактично це CO_{ijt}), так щоб прискорити збіжність. Це досягається шляхом порівняння AB (фактично AB_{ijt}) із пороговим значенням SE , яке може бути сталим або, у варіанті, якому віддається перевага, змінним, і у тому випадку, коли воно є змінним, воно може залежати від значення пікселя, так щоб вносити гамма-корекцію, якщо значення пікселя збільшується, ця границя збільшується, і навпаки. Результат порівняння AB із пороговим значенням SE (фактично це SE_{ijt} , якщо згадане значення змінюється в залежності від значення пікселя, то це змінювання здійснюється в необов'язковому обчислювальному блоці 15e) генерується в блоці 15b як двійковий сигнал DP із двома можливими значеннями 1 і 0, як описано вище.

Двійковий сигнал DP поступає в блок 15c, для змінювання значення константи. Отже, обчислювальний блок 15c приймає також значення вхідної константи CI із ЗП16 і оновлює його, використовуючи нове значення константи CO , яке (разом з іншими значеннями) вводиться в ЗП16, де воно замінює колишнє значення CI , фактично як значення CI і CO використовуються CI_{ij} і CO_{ij} для двох послідовних моментів часу, наприклад, t_0 і t_1 розділених інтервалом часу T між двома послідовними відповідними кадрами (або парними, або непарними).

Блок 15c, який приймає DP і CI , додає або віднімає одиничне значення (U) до/від значення константи CI або одиницю до/від значення p , коли CO виражена у формі 2^p , в залежності від того, чи двійковий сигнал DP вказує на наявність перевищення порогового значення ($DP=1$) або відсутність такого перевищення ($DP=0$).

Якщо порогове значення перевищене, значення даної константи визнається завищеним і його зменшують, і навпаки.

Блок 15c також забезпечує, щоб нове значення константи CO , обчислене на основі CI шляхом додавання або віднімання одиниці, залишалось між 0 (CO не є від'ємним) і пороговим значенням N (CO не більше ніж N). Якщо ці дві умови не задоволені, блок 15c не змінює значення CI (яке на практиці буде лежати в інтервалі від 0 до N , із включенням обох границь), і тоді $CO=CI$.

Верхнє граничне значення N (або n) може бути сталим або змінним, якщо воно є змінним, воно не повинне перевищувати граничного значення N_{max} (або p_{max}), змінювання (якщо воно здійснюється) забезпечується блоком 15f під керуванням користувача.

Як варіант, N або n можуть бути такими, що залежать від PI (при цьому значенням N, n і PI додають три індекси i, j, t), щоб забезпечити регульоване змінювання LO (яке обчислюється в блоці 15d) у залежності від значення PI , що може бути

виражено як " N_{ij} або n_{ij} є функцією від PI_{ij} ", причому визначення N_{ij} (або n_{ij}) $= f(PI_{ij})$ здійснюється в обчислювальному блоці, що замінює собою показаний блок 15f, в який значення PI поступає з відеокамери 13, додатково до N

В одному доцільному варіанті виконання константи C (фактично кожна C_{ij}) повинна задовольняти такій умові - її чисельне значення має бути кратним двійці, більш конкретно - бути степенем двійки незалежно від значень i , j та t , в даному конкретному випадку $C_{ij} = 2^{p(i,jt)}$ де p — невелике ціле число, яке залежить від i , j та t і може бути виражено невеликою кількістю бітів. Застосування такої умови забезпечує додаткові переваги, зазначені вище

- закон збіжності згладжування аналогічний фізіологічним законам людського зору,

- електронна структура блоків 15c і 15d спрощується, зокрема, в блоці 15d, призначеному для визначення змін у значенні згаданої константи, обчислення для кожної пари i , j за формулою $LO = LI + (PI - LI) / CO$ спрощуються, якщо CO виражене у вигляді 2^p (де p - невелике ціле число), причому порогове значення n для p є невеликим цілим числом, що виражається обмеженою кількістю бітів

У всіх випадках нове згладжене значення LO вхідного цифрового відеосигналу S вводиться у ЗП16, де воно замінює LI (для кожної пари індексів i)

При розгляді фіг 2 і фіг 3 можна побачити, що блок часової обробки 15, який включає в себе блоки 15a, 15b, 15c і 15d і, можливо, блок 15e і/або блок 15f і взаємодіє із ЗП16, визначає й видає на виході, як було пояснено вище, такі значення (для кожної трійки індексів i , j , t)

- по-перше, оновлене згладжене значення LO , яке передається в ЗП16 для заміни попереднього згладженого значення LI ,

- по-друге, два цифрові сигнали, а саме

- двійковий сигнал DP , що вказує на наявність або відсутність перевищення заданого порогового значення ($DP=1$ при перевищенні, $DP=0$ при відсутності перевищення) при зміні абсолютного значення вхідного піксельного сигналу з відеокамери, у порівнянні з попереднім згладженим піксельним сигналом для тієї саме точки, і

- цифровий сигнал, що характеризує величину зміни, який складається зі значення оновленої константи CO ,

причому ці цифрові сигнали DP і CO приймаються через блок затримки 18 блоком просторової обробки 17, який буде описаний нижче, причому сигнал CO поступає також у ЗП16, де значення CO замінює попереднє значення CI для того саме пікселя

Таким чином, як можна бачити, місткість ЗП16 для зберігання, по-перше, послідовних значень згладженого піксельного сигналу і, по-друге, згаданої константи, якщо кількість пікселів у кадрі становить R (отже, кількість пікселів у повному зображенні становить $2R$), становитиме щонайменше $2R(e+f)$ бітів, де e і f — розрядність (тобто кількість бітів) піксельного сигналу і згаданої константи, відповідно. На практиці місткість ЗП не повинна бути набагато більшою, його місткість повинна лише перевищувати $2R(e+f)$ бітів на кількість бітів,

необхідну для її нормальної роботи, зокрема, для адресації й звернення до бітів згладжених піксельних сигналів і бітів згаданих констант, в залежності від індексів i та j . Якщо кожне відеозображення складається з одного кадру прогресивної розгортки, досить використати $R(e+f)$ бітів замість $2R(e+f)$ бітів

Вихідні сигнали DP_{ij} і CO_{ij} із блоку часової обробки 15, що відповідають моменту часу t , аналізуються й використовуються у вузлі просторової обробки, показаному на фіг 4, причому об'єднання зображеного на фіг 3 і фіг 4 показано на фіг 2

Фактично блок часової обробки 15 обробляє сигнали кадрів, тоді як блок просторової обробки 17, показаний на фіг 4, обробляє підпоследовності рядків і пікселів кадру

На фіг 5 схематично показана часова обробка послідовних відповідних кадрів TR_1 , TR_2 , TR_3 , зображених один над одним, і просторова обробка, що здійснюється над першим із цих кадрів, тобто TR_1 . В цьому кадрі показані декартові координати x та y і піксел PI із координатами y , x , іншими словами - індексами i , j у момент часу t_1 послідовні піксели з однаковими індексами i у трьох кадрах TR_1 , TR_2 , TR_3 проіндексовані i_{t1} , i_{t2} і i_{t3} , відповідно, і вони мають значення PI_{ijt1} , PI_{ijt2} і PI_{ijt3} відповідно. Площина на фіг 5 відповідає просторовій обробці кадру, в той час як стіс кадрів відповідає часовій обробці (із плином часу t)

Блок просторової обробки 17, до якого підключений блок затримки 18 (який також показаний на фіг 4), взаємодіє із блоком керування 19, робота якого керується генератором 20 синхросигналу, що передає синхросигнальс HP для кожного з послідовних піксельних сигналів (дивись фіг 2, де показана складена схема)

Вихідні сигнали DP_{ij} і CO_{ij} із блоку часової обробки 15 розподіляються блоком 17 по матриці 21 зменшеного розміру, кількість рядків і стовпців у якій є набагато меншою, ніж кількість рядків L і кількість пікселів M в одному рядку, відповідно, для DP_{ij} і CO_{ij} у даний момент часу t . Зокрема, матриця може містити $2l+1$ рядків по осі y і $2m+1$ рядків по осі x (у декартових координатах), де l і m - невеликі цілі числа. У варіанті, якому віддається перевага, l і m вибирають як степені двійки, наприклад, $l=2^a$ і $m=2^b$, де a і b - цілі числа (наприклад, приблизно, від 2 до 5). Для спрощення фігур і опису, як приклад, приймемо $m=l$ (хоч вони можуть бути різні) і $m=l=2^3=8$, в цьому випадку матриця 21 повинна мати $2 \times 8 + 1 = 17$ рядків і 17 стовпців

Фіг 4 показує декілька з 17 рядків $Y_0, Y_1, \dots, Y_{15}, Y_{16}$ і декілька з 17 стовпців $X_0, X_1, \dots, X_{15}, X_{16}$, що утворюють матрицю блока 17

Задача полягає в розподіленні по матриці 21 із кількістю рядків $l+1$, зокрема з 17 рядками, і з кількістю стовпців $m+1$, зокрема, з 17 стовпцями, вхідних потоків DP_{ij} і CO_{ij} , іншими словами, двійкових сигналів DP перевищення порогового значення і цифрових сигналів, що характеризують величину зміни, що відповідають константі CO , які надходять із блока часової обробки 15 і розподілені по більшій матриці, матриці кадру з L (зокрема, 312,5) рядками і M пікселями в кожному рядку, зокрема, від 250 до 800, в залежності від використовуваного телевізійного стандарту

Для того щоб розрізнити ці дві матриці, тобто матрицю відеосигналу $L \times M$ і матрицю $l \times m$ блока 17, позначену позицією 21, будемо використовувати індекси i та j для двох координат першої матриці (яку буде видно тільки при виведенні цифрового відеосигналу на телевізійний екран або на монітор) і індекси X і Y для двох координат другої матриці (показаної на фіг 4), у кожний момент часу піксел із миттєвим значенням P_{ij} характеризується, на вході блока просторової обробки 17, двома цифровими сигналами DP_{ij} і CO_{ij} . Матриця $L \times M$ із цих двох сигналів пересилається шляхом сканування через меншу матрицю 21 $(2l+1) \times (2m+1)$, як пояснюється з посиланнями на фіг 4, причому матриця 21 матеріалізує $(2l+1) \times (2m+1)$ пікселів, що належать тому саме кадру.

У матриці 21 кожний піксел визначається порядковим номером рядка - від 0 до 16 включно, рядки Y_0 - Y_{16} , і порядковим номером стовпця - від 0 до 16 включно, стовпці X_0 - X_{16} у випадку, коли $l=m=8$, отже, $2l+1=2m+1=17$. У цьому випадку матриця 21 являтиме собою площинне представлення $17 \times 17 = 289$ пікселів, тоді як матриця відеосигналу включатиме декілька десятків або сотень тисяч пікселів, або навіть більше.

На фіг 4 використані довгі горизонтальні прямокутники Y_0 - Y_{16} (з яких показані лише чотири, а саме Y_0 , Y_1 , Y_{15} і Y_{16}) і вертикальні лінії X_0 - X_{16} (з яких показані лише чотири, а саме X_0 , X_1 , X_{15} і X_{16}) для того щоб показати цю матрицю 21 (блока 17) з елементами зображення, або пікселями, які мають індекси, визначені за місцем перетину рядка-ординати і стовпця-абсциси, і кількість яких становить 17×17 . Наприклад, піксельна позиція P_{88} — це місце перетину стовпця 8 і рядка 8, як показано на фіг 4 літерою e , ця піксельна позиція є центром матриці 21.

Для того щоб здійснювати послідовне просторове розподілення ділянок матриці $L \times M$ по матриці 21 $(2l+1) \times (2m+1)$, блок 17 з'єднаний із блоком затримки 18, який приймає, по-перше, сигнали DP і CO (з індексами ij) і, по-друге, вхідний піксельний сигнал S , або PI (також з індексами ij), а також сигнал HP із генератора 20 синхроімпульсів і сигнали SL рядкової синхронізації і сигнали SC стовпцевої синхронізації (фіг 2, фіг 4).

Як показано на фіг 1, сигнал $S(PI)$ містить не лише сигнали, що вказують значення пікселів, такі як a_{11} , a_{12} , які утворюють послідовності у часі (послідовні кадри) і просторові підпослідовності (піксели в рядках кожного кадру), але також сигнали синхронізації ST , SL , на основі яких генератор 20 синхроімпульсів генерує тактовий сигнал, наприклад, із частотою 13,5 МГц, тобто один синхроімпульс на кожний піксел відеокадру, а також сигнали гасіння BL , які переводять блок 19 у неробочий режим в інтервали часу, що відповідають згаданим сигналам синхронізації.

У відповідь на згадані сигнали HP і BL із генератора 20 синхроімпульсів (фіг 2) блок керування 19 видає сигнал SL рядкової синхронізації з частотою, що дорівнює відношенню частоти 13,5 МГц до кількості стовпців у кадрі (наприклад, 400), у блок затримки 18, разом із сигналом SC кадрової синхронізації, частота якого дорівнює відношенню вищезгаданого відношення 13,5/400 МГц до кілько-

сті рядків у відеозображенні, наприклад, 312,5, і сигналом HP .

Блок 18 використовує згадані сигнали SL і SC і синхроімпульси HP для керування відрядковим просторовим розподіленням по матриці 21.

Отже, послідовні рядки Y_0 - Y_{16} отримують сигнали DP і CO

- без затримки (рядок Y_0),
- із затримкою на один інтервал часу TP , що дорівнює тривалості рядка кадру (рядок Y_1),
- із затримкою на $2TP$ (рядок Y_2),
- із затримкою на $16TP$ (рядок Y_{16}).

Послідовні затримки, що мають тривалість рядка кадру, а саме TP , вносяться у каскаді з 16 схем затримки r_1, r_2, \dots, r_{16} , які обслуговують рядки, відповідно, Y_1, Y_2, \dots, Y_{16} , причому рядок Y_0 обслуговується безпосередньо сигналами DP і CO , без якої-небудь затримки після надходження із блока 15.

Усі схеми r_1, r_2, \dots, r_{16} можуть бути представлені лінією затримки з 16 виходами, причому затримка, що вноситься будь-яким з її елементів між двома послідовними виходами, є сталою і дорівнює TP .

Блок керування 19 керує почерговим, для послідовних рядків послідовних кадрів, скануванням усієї матриці кадру розміром $L \times M$ через матрицю розміром $(2l+1) \times (2m+1)$, використовуючи для цього сигнали SL відрядкової синхронізації, за допомогою описаної нижче процедури.

Кругове переміщення пікселів, що належать певному рядку матриці кадру, по матриці 17×17 , наприклад, пікселям X_0 - X_{16} рядка Y_0 , здійснюється каскадом із 16 зсувових регістрів d на кожному з 17 рядків Y_0 - Y_{16} (загалом $16 \times 17 = 272$ зсувових регістрів), розташованих у кожному рядку між двома сусідніми піксельними позиціями, наприклад, регістр d_{01} розташовано між позиціями P_{00} і P_{01} регістр d_{02} - між позиціями P_{01} і P_{02} тощо. Кожний регістр вносить затримку TS , що дорівнює інтервалу часу між двома сусідніми пікселями одного рядка, використовуючи сигнали SC стовпцевої синхронізації.

Відзначимо, що, завдяки тій обставині, що рядки l_1, l_2, \dots, l_{17} у кадрі TR_1 (фіг 1) для $S(PI)$ і для DP і CO , досягають блока 18 зміщеними на TP (повна тривалість рядка) один за іншим, а також завдяки тому, що блок 18 розподіляє їх із поступовим збільшенням затримок TP на рядках Y_0, Y_1, \dots, Y_{17} , ці рядки у кожний конкретний момент часу відображають сигнали DP і CO для рядків l_1, l_2, \dots, l_{17} тієї саме ділянки кадру.

Аналогічно, для певного конкретного рядка, такого як l_1 , сигнали a_{11}, a_{12}, \dots послідовних пікселів надходять із зсувом на TS , і зсувові регістри d вносять затримку, яка також дорівнює TS , результатом цього є те, що сигнали DP і CO для пікселів певного з рядків Y_0 - Y_{16} матриці 21, наявні в даному ряду, виявляються синхронізованими, або, іншими словами, вони відповідають тій самій ділянці кадру.

Таким чином, як для рядків, так і для пікселів цих рядків, що належать до певної ділянки кадру, необхідно здійснювати суто просторову обробку, оскільки матриця 21 містить у своїх 17×17 піксельних позиціях значення DP і CO для 17 пікселів кожного з 17 рядків матриці того самого цифрового відеосигналу $S(PI)$, хоч згадані піксели, такі як a_{11} ,

поступають послідовно, рядок за рядком і піксел за пікселем із послідовних рядків (фіг 1), у блок 18, разом із відповідними сигналами DP і CO

Сигнали, що відповідають синхронізованому сигналом DP і CO матриці 21, є наявними у відповідний момент часу на $16 \times 17 = 272$ виходах зсувових регістрів, а також перед цими регістрами попереду 17 рядків, а саме регістрів $d_{0,1}$, $d_{1,1}$, $d_{16,1}$, внаслідок чого разом виходить $16 \times 17 + 17 = 17 \times 17$ виходів для 17×17 піксельних позицій $P_{0,0}$, $P_{0,1}$, ..., $P_{8,8}$, ..., $P_{16,16}$

У середині матриці 21 навколо її центра e , що має координати $x=8$, $y=8$ (саме тому кількість рядків і кількість стовпців в матриці 21 у варіанті, якому віддається перевага, обираються непарними, $2l+1$ і $2m+1$, відповідно), можна розглянути, зокрема, малу матрицю, що має 3 рядки і 3 стовпці, в якій центральний з її 9 елементів є пікселем e з координатами $x=8$, $y=8$. Нехай ця мала матриця M3 має вигляд

a b c
d e f (M3),
g h i

де центральний елемент підкреслено

Цій матриці з кількістю елементів 3×3 , що містить 8 позицій a, b, c, d, f, g, h, і навколо центрального елемента або позиції e , відповідає вісім напрямів, кожний з яких виходить із центральної позиції e і йде до однієї з решти восьми позицій

Для цього відповідні вісім напрямів можуть ідентифікуватися за допомогою коду Фрімана, показаного на фіг 6, причому ці напрями кодуються цифрами 07, починаючи від осі x , із кутовим кроком 45° . У коді Фрімана вісім можливих напрямів, пронумерованих цифрами від 0 до 7, можуть бути виражені 3-розрядним числом, оскільки $2^3=8$, забезпечуючи 8 можливостей

При розгляді згаданої вище малої матриці M3 можна, згідно з кодом Фрімана, спостерігати вісім таких напрямів, що виходять із центральної позиції e

3 2 1
4 e 0
5 6 7

як показано на фіг 6

Повертаючись до матриці 21 на фіг 4 з 17×17 елементами зображення або пікселями, нижче буде описано, як можна виявити ділянку, що здійснює переміщення відносно практично нерухомого оточення у межах зони спостереження, за якою спостерігають за допомогою відеокамери 13 і тому відображеної відеосигналом S, що складається з пікселів P_{ij} , і як можна визначати швидкість і напрям ефективного переміщення відносно практично нерухомого оточення

Між двома послідовними кадрами, такими як TR_1 і TR_2 (фіг 5), піксели P_{ij} сигналу S будуть охарактеризовані за їхніми змінами між моментом часу t_1 (перший кадр) і моментом часу t_2 (другий кадр) за допомогою двох сигналів DP_{ij} і CO_{ij} (розподілених скануванням у матриці 21)

Якщо значення DP у певному елементі матриці дорівнює одиниці, це означає, що в ньому спостерігається істотна зміна піксельного значення. Тому ділянку, що здійснює ефективне переміщення, виявляють за тією частиною матриці, в кожній

точці якої $DP=1$

Фактично обчислювальний блок 17а використовується для одночасного аналізування різних вкладених квадратних матриць із центрами в точці e з розмірами 15×15 , 13×13 , 11×11 , 9×9 , 7×7 , 5×5 і 3×3 у межах матриці 21 з 17×17 позиціями (елементами), матриця з розміром 3×3 — це матриця M3, яка розглянута вище. Пристрій визначає, яка з матриць є найменшою при $DP=1$ і орієнтованою вздовж прямої лінії, що визначає напрям переміщення ділянки й зміну CO на $+1$ до -1 . При такій зміні DP повинне дорівнювати одиниці при будь-якому значенні, якщо повинна бути задоволена вимога. Проводиться вибір найменшої матриці з тих, що аналізувалися, з встановленням головної лінії

Далі, в межах цієї ділянки, що здійснює переміщення, в одній із вкладених матриць, наприклад, у малій матриці M3 із кількістю елементів 3×3 , пристрій визначає наявність зміни CO по кожному із боків від центральної позиції в даному напрямі, від $+1$ у відповідному напрямі до -1 у протилежному напрямі. Наприклад, якщо в напрямі 1 (орієнтованому) є -1 , 0, $+1$ (у випадку матриці M3 - положення g, e, c, відповідно), то переміщення в цій матриці відбувається справа наліво в (орієнтованому) напрямі 1 за кодом Фрімана (фіг 6). Цілком очевидно, що в той саме час у даному напрямі в малій матриці $DP=1$. Швидкість переміщення вище, коли одна із вкладених матриць розмірами від 3×3 до 15×15 при зміні CO від $+1$ або -1 між двома суміжними позиціями в певному напрямі є більше. Наприклад, якщо ми маємо -1 , 0, $+1$ в орієнтованому напрямі 1 (у випадку матриці розміром 9×9 , M9, позиції g, e, c), то переміщення буде більш швидким, ніж при -1 , 0, $+1$ у матриці M3, тобто 3×3 (фіг 7)

Оскільки CO є степенем двійки й у варіанті, якому віддається перевага, виражаються як показник степеня двійки, може бути виявленим широкий діапазон значень швидкості при використанні лише декількох бітів для показника степеня двійки, в той час як виявлення відносно малої швидкості (яка може бути вибрана шляхом збільшення зміни або запасу регулювання для перевірки, наприклад -2 , 0, $+2$ у позиціях g, e, c матриці M3, тобто 3×3 , вказувало б на швидкість вдвічі меншу, ніж швидкість, що відповідає -1 , 0, $+1$ для тих саме позицій матриці M3)

Для зняття невизначеностей необхідно також передбачити такі дві перевірки

- при здійсненні першої перевірки вибирають найбільшу зміну, тобто найбільшу константу, якщо спостерігають змінювання CO за декількома напрямками в одній із вкладених матриць, наприклад, у малій матриці M3, що містить 3×3 елементів,

- при здійсненні другої перевірки довільно вибирають один із двох (або більшої кількості) напрямів, вздовж яких CO змінюється однаково, наприклад, шляхом вибору найменшого значення коду Фрімана, такий випадок, як правило, спостерігають тоді, коли фактичний напрям переміщення знаходиться приблизно посередині між двома сусідніми представленими кодами Фрімана напрямками, наприклад, між напрямками 1 і 2, відповідаючи напрямку, який може бути позначено як 1,5

(фиг 6), утворюючи кут, який дорівнює приблизно $67,5^\circ$ відносно напрямку осі X (напрямку 0 за кодом Фрімана)

Описане вище визначення напрямку й швидкості ділянки, що здійснює ефективне переміщення, здійснюється обчислювальним блоком 17а (фиг 4), який з'єднаний із блоком 17 і приймає 17×17 виходів із вищезгаданої матриці 21, як для CO, так і для DP (на схемі показані два виходи з 21, а саме S_{01} і S_{016}). Блок 17а обробляє значення CO і DP із послідовних вкладених матриць і використовує ці значення для визначення напрямку (за кодом Фрімана) і швидкості переміщення (в залежності від того, яка із вкладених матриць обирається), можливо - із застосуванням згаданих вище перевірок

Сканування повного кадру цифрового відеосигналу через матрицю 21 відбувається

- спочатку по групі перших 17 рядків кадру, тобто з 1-го по 17-й, зліва направо, з урахуванням відносного переміщення, як показано для кадру TR_2 на фиг 5, тобто від ділянки TM_1 у крайньому лівому положенні, потім TM_2 із зміщенням на 1 стовпець відносно TM_1 , до TM_M до (де M означає кількість пікселів у рядку кадру) в крайньому правому положенні,

- потім, аналогічним чином, зліва направо, стовпець за стовпцем, по рядках кадру з 2-го по 18-й тощо, кожний раз спускаючись вниз на один рядок, із 3-го рядка по 19-й тощо, до останньої групи в нижній частині кадру, а саме рядків із (L-16)-го по L-й (де L означає кількість рядків у кадрі)

Розглядаючи фиг 2 і фиг 4, можна побачити такі сигнали, що передаються блоками 17, 18 і 19, тобто вузлом просторової обробки

- сигнал V, що характеризує швидкість переміщення, визначений виходячи з величини максимальної зміни CO у виявленій ділянці, величина цього сигналу може бути, наприклад, виражена відповідно до шкали з 8 цілих чисел, від 0 до 7, якщо швидкість виражена у формі показника степеня двійки, відповідно, сигнал буде 3-бітовий,

- сигнал DI, що характеризує напрям переміщення, визначений за напрямом згаданої максимальної зміни, причому значення цього сигналу також може бути виражене одним із восьми значень від 0 до 7 у коді Фрімана і тому буде 3-бітовим,

- сигнал вірогідності VL, який указує на вірогідність результату щодо швидкості і (орієнтованого) напрямку, що дозволяє розрізняти вірогідні вихідні сигнали $V=0$ та $DI=0$ і випадок відсутності вихідних сигналів через якісь проблемні обставини, цей сигнал може мати значення або 1 (вірогідний вихідний сигнал), або 0 (відсутність вихідного сигналу), тому для VL необхідний лише один біт,

- у варіанті, якому віддається перевага, сигнал константи CO, наприклад, 3-бітовий,

(згадані 3 або 4 сигнали V, DI, VL і, можливо, CO видаються на вихід блоком просторової обробки 17 і пов'язаними з ним електронними засобами),

- затриманий відеосигнал SR, що складається із вхідного відеосигналу S, що зазнав затримування в блоці затримки 18 на інтервал часу, тривалість якого дорівнює шістнадцятьом послідовним рядкам TR_i , і, отже, на інтервал часу, тривалість

якого відповідає тривалості розподілення сигналу S по матриці 21 розміром 17×17 , так що одержаний цифровий відеосигнал є синхронізованим із

- відображенням у матриці 21, причому вміст даного сигналу може бути безпосередньо візуалізований на екрані телевізора або монітора,

- усі три сигнали, що видаються на вихід блока 19, а саме синхроімпульси HP, сигнал SL рядкової синхронізації й сигнал SC стовпцевої синхронізації

Замість вкладених прямокутних матриць (фиг 4 і фиг 7) можуть бути використані вкладені гексагональні матриці (фиг 8) або Г-подібна (фиг 9)

У випадку, показаному на фиг 8, всі вкладені матриці (з яких показані тільки центральні матриці MR_1 і MR_2) мають центр у точці MR_0 , яка відповідає центральній точці (в якій двійковий сигнал дорівнює 0) матриць M_3 , M_9 на фиг 7. Перевага системи гексагональних матриць полягає в тому, що ця система уможливіє, по-перше, використання осей x_a , y_a косокутних координат і, по-друге, розділення на трикутники з рівними сторонами для обчислення ізотропної швидкості

Матриця на фиг 9 складається з одного рядка (L_U) і одного стовпця (C_U), які починаються від центральної позиції MR_U , в якій сигнал $DP=1$ і сигнал CO збільшується або зменшується на одиничне значення, якщо відбувається переміщення

Таким чином, визначається, чи відбувається (відносно) переміщення

- у напрямі координати x сигнал CO є однаковим у всіх позиціях (комірках) стовпця C_U , а двійковий сигнал $DP=1$ у всіх позиціях рядка L_U , від початкового положення MR_U , із значенням CO_U до положення, в якому CO дорівнює $CO_U + 1$ або -1 включно,

- у напрямі координати y сигнал CO є однаковим у всіх позиціях (комірках) рядка L_U , а двійковий сигнал $DP=1$ у всіх позиціях стовпця C_U , від початкового положення MR_U із значенням CO_U до положення, в якому CO дорівнює $CO_U + 1$ або -1 включно,

- або, нарешті, під кутом до x і y двійковий сигнал $DP=1$, а CO дорівнює CO_U у позиціях (комірках) L_U і в позиціях (комірках) C_U при цьому кут нахилу визначається за перпендикуляром до лінії, що проходить через дві позиції, в яких сигнал CO_U змінюється на одиничне значення, а сигнал DP завжди дорівнює 1

Фиг 9 ілюструє випадок, коли $DP=1$, а значення CO_U змінюється на одиничну величину у двох конкретних позиціях L_{U3} і C_{U5} , визначаючи тим самим відповідний кут нахилу P_p

У всіх випадках швидкість переміщення залежить від позиції, в якій значення CO змінюється на одиничну величину

Якщо значення CO змінюється на одиничну величину лише в L_U або лише в C_U , вона відповідає значенню з цієї позиції, в якій значення CO змінилося

Якщо значення CO змінюється на одиничну величину в певній позиції в L_U і в певній позиції в C_U , то швидкість буде пропорційна відстані від MR_U до E_x (місця перетину лінії, перпендикулярної до C_U-L_U , що проходить через MR_U)

Система, описана вище з посиланнями на

фіг 1-9, у варіанті втілення, якому віддається перевага, доповнюється додатковою системою, яку буде описано нижче з посиланнями на фіг 11-16, з утворенням загальної системи 22, показаної на фіг 10. На фіг 10 зображені, передусім, вузол На із фіг 2, що видає сигнали V, DI, VL, C і SR і складений сигнал F (сигнали HP, SL, SC), які спрямовуються вузлом 11 (що одержує вхідний цифровий відеосигнал S) у вузол 22а (що видає складений вихідний сигнал ZH).

На фіг 2, фіг 10 і фіг 11 між вузлами На і 22а показана лінія з'єднання Z-Z₁. Виходи вузла 11а підключаються до входів вузла 22а для передавання вищезгаданих сигналів вздовж лінії Z-Z₁.

Вихідний сигнал блока 22а (отже - загального пристрою 22) являє собою складений сигнал ZH, що надає необхідну інформацію про ділянку, що здійснює відносне переміщення в межах зони спостереження 13а, за якою спостерігають за допомогою відеокамери 13.

Додатковий блок 22а, підключений до виходів блока 11а, зображено на фіг 11, у формі функціональних блоків. Як згадано вище, ця фігура з'єднується вздовж лінії Z-Z₁ (показана у верхній частині фіг 11) із фіг 2 вздовж лінії Z-Z₁ (показана в нижній частині фіг 2).

Блок, показаний на фіг 11, складається, в принципі, із пристрою для формування й використання гістограм, і включає в себе

- шину 23, якою передаються декілька цифрових сигналів, докладно описаних нижче,

- шість блоків 24, 25, 26, 27, 28, 29 формування й обробки гістограм таких сигналів затриманого цифрового відеосигналу SR, сигналу швидкості V, сигналу напрямів (за кодом Фрімана) DI, сигналу константи, сигналів перших осей $x(m)$ і других осей $y(m)$, відповідно,

- шість блоків лінійної комбінації 30, 31, 32, 33, 34, 35, що комбінують свої вхідні сигнали, що одержуються від шини 23, кожний з яких призначений для формування контрольного сигналу $V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6$ для шести блоків 24, 25, 26, 27, 28, 29, відповідно, причому блок 30 з'єднано із блоком 24, блок 31 з'єднано із блоком 25, блок 32 з'єднано із блоком 26, блок 33 з'єднано із блоком 27, блок 34 з'єднано із блоком 28 і блок 35 з'єднано із блоком 29,

- блок 36 ділянки, що здійснює переміщення, який координує виходи із блоків 28 і 29 для осей $x(m)$ і $y(m)$, і

- блок 37 зміни лінії початку відліку, що приймає сигнали орієнтації $x(m)_0$ і $y(m)_0$ для осей $x(m)$ і $y(m)$, а також сигнали HP пікельної синхронізації, сигнали SL рядкової синхронізації й сигнали SC стовпцевої синхронізації (ці три сигнали згруповані разом і позначені на фіг 2, фіг 4, фіг 10 і фіг 11 літерою F) із блока 19 (дивись фіг 2 і фіг 4), і формує сигнали $x(m)_1$ і $y(m)_1$, що передаються у блоки 28 і 29, відповідно.

Кожний із блоків 24, 25, 26 і 27 передає свої вихідні сигнали SSR, SV, SDI, SDO на шину 23, в той час як кожний із блоків 28 і 29 видає сигнал $x(m)_2$, $y(m)_2$ на два входи блоку 36 ділянки, що здійснює переміщення, який комбінує ці два сигнали із блоків 28 і 29 і видає складений сигнал $xu(m)$ на шину 23.

Блоки 24-29 формування й обробки гістограм, які приймають на своїх входах, по-перше, контрольні сигнали V_1, V_2, V_3, V_4, V_5 або V_6 від підключених до них блоків лінійної комбінації 30-35 і, подруге, сигнали SR, V, DI, CO, $x(m)_1$ або $y(m)_1$ для обробки, працюють однаково, тому надається опис роботи тільки одного із згаданих блоків, а саме блока 25 формування і обробки гістограм швидкості V, взятого як приклад, єдиною відмінністю кожного з решти аналогічних блоків 24, 26, 27, 28 і 29 є та змінна, що ним обробляється, при цьому відзначимо, що всі вхідні сигнали для шести блоків 24-29 є цифровими сигналами, що уможливорює уніфікацію конструкції і режимів роботи цих шести блоків.

На фіг 12 схематично представлені обвідні 38 і 39 гістограм, відповідно, по x і y (осях декартових координат матриці 21 із кількістю елементів 17×17 , показаної на фіг 4), для значень швидкості U ділянки, що здійснює переміщення (на фіг 14 показані стовпці-елементи обвідної 38, такі як C_1, C_2), x_m і y_m представляють x - і y -координати максимумів двох обвідних 38 і 39, відповідно, в той час як I_a і I_b для осей x та I_c і I_d для осей y представляють границі діапазону значущих або таких, що становлять інтерес, швидкостей, причому I_a і I_c є нижніми границями, а I_b і I_d є верхніми границями значущих ділянок гістограм.

Вертикальні лінії L_a і L_b абсцис I_a і I_b і горизонтальні лінії L_c і L_d ординат I_c і I_d утворюють прямокутник, який обмежує позначену перехресною штриховкою область 40 значущих швидкостей (для всіх напрямів x і y), причому поблизу головної області 40 розташовані декілька мікробластей 41 малих швидкостей, якими можна знехтувати.

Таким чином, для того, щоб визначити область найбільших змін певного параметра, що відображається гістограмою, в даному конкретному випадку - швидкості V, необхідно лише визначити координати чотирьох границь I_a, I_b, I_c і I_d і двох максимумів x_m і y_m . Блок 25 безперервно подає цю інформацію, що стосується швидкості V, на мікрошину 23.

Аналогічні блоки 24, 26 і 27 безперервно подібним же чином подають інформацію, що стосується області максимальних значень для, відповідно, SR, DI і CO, на мікрошину 23.

Нарешті, аналогічні блоки 28 і 29 безперервно видають інформацію, що стосується, відповідно, області максимальних значень $x(m)_1$ і $y(m)_1$, у блок 36, який комбінує цю інформацію за абсцисою й ординатою, позначену, відповідно, $x(m)_2$ і $y(m)_2$. У складений сигнал $xu(m)$, який передається через вихід блока 36 на шину 23.

Як результат, шиною 23 передається інформація, що стосується області, що характеризується максимальними значеннями SR, V, DI, CO і $xu(m)$, тобто $x(m)_1$ і $x(m)_2$, для визначення того, чи існує ділянка, що здійснює переміщення, у межах зони спостереження, за якою спостерігають за допомогою відеокамери 13, для встановлення місцеположення цієї ділянки і для визначення швидкості і (орієнтованого) напрямку переміщення.

На фіг 11 повний складений вихідний сигнал із шини 23 позначений ZH. Згадані вище складові сигналу ZH, зокрема V і DI, тобто швидкість і оріє-

нтований напрям переміщення ділянки, що здійснює переміщення, можуть візуалізуватися в цифровій або аналоговій формах, можуть зумовлювати світловий сигнал і/або звуковий зумерний сигнал, зокрема, якщо швидкість V перевищує певне граничне значення, а також можуть передаватися по кабелю, оптоволокну або радіорелейній лінії (у випадку застосувань, що передбачають наявність віддалених об'єктів) у блок керування, такий як блок 10a (фиг 1), розташований поблизу пристрою 11, що відповідає даному винаходу, або віддалений від згаданого пристрою.

Ті блоки на фиг 12, які показані над шиною 23, визначають, обробляючи попіксельно весь кадр або обробляючи сукупності пікселів кадру, зовнішнє глобальне значення, що вказує, чи існує у межах зони спостереження ділянка, що здійснює відносне переміщення, і, у разі її наявності, визначають її місцеположення, а у разі її фактичного переміщення - визначають швидкість і орієнтований напрям переміщення. Цю ділянку, що здійснює відносне переміщення, виявляють у площині спостереження, визначену напрямками x і y , які не обов'язково є ортогональними (наприклад, для випадку застосування, показаного на фиг 15 і фиг 16), причому згаданий процес здійснюють за допомогою блоків, які показані на фиг 12 під шиною 23.

Нижче з посиланнями на фиг 12, фиг 13 і фиг 14 наводиться докладний опис конструкції й принципів роботи блока формування й обробки гістограм, такого як 25, і відповідного блока лінійної комбінації, такого як 31.

Блок 25 (фиг 13) має секцію 25a, що формує гістограму, і секцію 25b, що формує класифікатор для гістограм, причому ці дві секції працюють під керуванням програмного забезпечення, матеріалізованого як частина інтегральної схеми 25c, що визначає границі I_a , I_b , I_c , I_d гістограм (фиг 11).

Класифікатор 25b, як і класифікатори інших блоків 24, 26, 27, 28, 29 формування й обробки гістограм (для двох останніх - за допомогою блока 36, що комбінує $x(m)$ і $y(m)$), передає інформацію зі своїх виходів на шину 23 і, через цю шину, на блок лінійної комбінації 31, який, відповідно, паралельно приймає інформацію від усіх класифікаторів блоків 24, 25, 26, 27, 28, 29 і, в залежності від цієї інформації, видає або не видає контрольний сигнал V_2 у блок 25.

Використовуючи програмне забезпечення 25c, класифікатор 26b визначає різні класи (кожний з яких містить однакову кількість значень швидкості для випадку, що розглядається), які визначатимуть обвідну, таку як 38 або 39 (фиг 12).

Фиг 14 показує, для швидкості V , послідовні класи $C_1, C_2, \dots, C_{n-1}, C_n$ вздовж осі x , а також їхню обвідну 38, які визначаються в класифікаторі 25b.

Фиг 15 і фиг 16 показують частину, зайняту гістограмами для $x(m)$ і $y(m)$, сформованими блоками 28 і 29 і скомбінованими в блоці 36 для визначення кута нахилу.

Розглянемо як приклад випадок спостереження за дорогою за допомогою відеоскамери з цифровим виходом, що розташована на транспортному засобі, так само як і пристрій за цим винаходом.

Фиг 15 показує два дорожні узбіччя, B_d ліворуч

і B_d праворуч від дороги R , а також кути нахилу проекції P_x відносно $x(m)$, що визначаються блоком 28, і проекції P_y відносно $y(m)$, що визначаються блоком 29, причому згадані кути нахилу пронумеровані, наприклад, від 0 до 7 (за правилами, що відрізняються від коду Фрімана).

Для того щоб забезпечити максимальну точність щодо правого узбіччя B_d , тобто максимальну чутливість визначення, наприклад, швидкості відносно цього узбіччя, проекція P_x повинна мати кут нахилу, значення якого буде якомога ближчим до оптимального кута нахилу P_0 , яким є перпендикуляр до B_d , у випадку, показаному на фиг 15, таким кутом нахилу є кут нахилу 5. Отже, максимальне значення гістограми швидкості буде отримане для кута нахилу 5, визначеного блоком 28 (фиг 11).

Аналогічні міркування будуть застосовними до лівого узбіччя B_d і кута нахилу проекції P_y , а, отже, частини, що аналізується блоком 29.

Блок 36, що комбінує два оптимальних значення кута нахилу, видає оптимізовану інформацію для двох узбіч B_d і B_g .

На фиг 16 ілюструється застосування винаходу для визначення оптимального кута нахилу P_0 проекції P_x для успішного водіння наземного транспортного засобу V_h у континентальній Європі при правосторонньому русі (випадок а) або у Великобританії при лівосторонньому русі (випадок б), і, нарешті, для успішного керування літальним апаратом V_a для забезпечення правильної посадки посередині злітно-посадочної смуги (ЗПС) (випадок с).

Отже, для допомоги при водінні наземного транспортного засобу (легкового або вантажного автомобіля) по дорозі або при керуванні літальним апаратом (літаком, космічним човником) при підльоті до ЗПС аеродрому пристрій за цим винаходом додатково споряджають засобом для відстеження правого й лівого (B_d і B_g , відповідно) узбіч дороги або правої й лівої сторін ЗПС і засобом для орієнтування принаймні однієї з осей координат за змінним кутом нахилу таким чином, щоб вона залишалася практично ортогональною відносно відповідного узбіччя або сторони (положення P_0).

До даного моменту опис винаходу зосереджувався на засобі для визначення ділянки, що здійснює ефективне переміщення в практично нерухомому оточенні, шляхом виявлення ділянки, для якої $DP=1$. Для того щоб визначити ділянку, яка не рухається у оточенні, яке здійснює переміщення (наприклад, розбитий транспортний засіб або місце аварії на шосе), доводиться мати справу із протилежною ситуацією, коли має бути визначено місцеположення ділянок, в яких $DP=0$, на відміну від оточення, в якому $DP=1$. Очевидно, в такий ділянку швидкість дорівнює нулю, а поняття напрямку втрачає значення. Тому обчислення в блоці 17a здійснюються по-іншому.

Пристрій за винаходом, призначений для використання лише для визначення нерухомої ділянки, може бути спрощений шляхом випускнення блоків для обробки швидкостей і напрямків, зокрема, блоків 25, 26, 31, 32, а кількість виходів блока На і виходів блока 17 може бути скорочена.

У робочому блоці 10a пристрою за цим винаходом може бути передбачений засіб для візуалі-

зації гістограм і/або значень сигналів DP або CO на екрані монітора

Сигнал SR, тобто затриманий цифровий відеосигнал, як правило, подається на екран 10 телевізора або монітора для візуалізації сигналу на екрані, розташованому в цьому ж або у віддаленому місці, водночас із повідомленням про відносне переміщення, так щоб можна було проконтролювати характер відносного переміщення. Таким чином, необхідно подивитися на телевізійний екран або монітор 10 лише тоді, коли повідомляється про відносне переміщення, наприклад, за допомогою візуального і/або звукового повідомлення.

Буде ефективним полегшити виявлення ділянки з відносним переміщенням на екрані, застосовуючи різні кольори при візуалізації затриманого цифрового відеосигналу SR таким чином, щоб кожний копій або відтінку кольору характеризувався швидкістю і/або напрямом руху.

Кожний із блоків, описаних вище з посиланнями на фіг 2, фіг 3, фіг 4, фіг 11 і фіг 13, утворений електронною схемою відомого типу, зокрема, мікропроцесорами, що виконують обчислення і/або порівняння, або використовують сигнали сканування, ЗП, блоками затримки, зсувовими реєстрами, блоками формування лінійних гістограм і асоціювання цих гістограм на площині, мікрошинами.

Комбінування цих електронних схем в окремі блоки На або 22а або у вузол 22, що складається із блоків На і 22а, може бути здійснене шляхом використання двох дуже малих інтегральних схем або однієї такої схеми розміром приблизно 10x10мм у разі використання технології 0,7мкм, причому вхід такого комплексу із двох інтегральних схем або єдиної інтегральної схеми з'єднується з цифровим відеовиходом відеокамери або іншого пристрою спостереження, а виходи - з одним або декількома пристроями, розташованими поруч або у віддаленому місці. В одному варіанті, коли у блоці 11а використовується лише спрощений пристрій, даний пристрій, у варіанті, якому віддається перевага, у формі окремої інтегральної схеми, розміщується між згаданим цифровим виходом і одним або декількома пристроями, розташованими поруч або у віддаленому місці.

Розглянемо приклади (які не слід сприймати як такі, що обмежують обсяг винаходу) інших додаткових застосувань пристрою за цим винаходом, зокрема, пристрою за фіг 1 і фіг 10, іншими словами - вузлів, показаних на фіг 2 і фіг 11, які з'єднують вздовж лінії Z-Z₁.

Перше додаткове застосування, показане на фіг 17, передбачає автоматичне кадрування людини, що переміщується по приміщенню, наприклад, при проведенні відеоконференції. Автоматичне кадрування виключає рухи людини, що переміщується по приміщенню, завдяки чому підвищується чіткість зображення людини, за якою спостерігають за допомогою відеокамери з цифровим виходом, і, у разі ущільнення цифрового відеосигналу, спрощує таке ущільнення.

На фіг 17 зображена відеокамера 13 згаданого вище типу, яка спостерігає за людиною Р, яка може рухатись по приміщенню. Цифровий відеосигнал S із відеокамери передається по кабелю, оп-

товолокну або радіорелейній лінії на телевізійний екран або екран монітора IOB, а також приймається пристроєм 11, виконаним згідно з цим винаходом, вихід ZH цього пристрою підключений до блока 42, який, у відповідь на сигнали щодо положення та переміщення людини Р, що приймаються від пристрою 11, керує двигуном 43 згаданої камери 13, щоб скеровувати оптичну вісь камери на людину і, зокрема, на її обличчя, в залежності від її положення та швидкості і напрямку її переміщення, можливо - зі змінюванням параметрів масштабування, фокусної відстані, і/або з фокусуванням камери при переміщенні людини Р уперед і назад.

Можна також керувати переміщенням одного або декількох прожекторів, направлених на людину (артиста, співака) на сцені, при цьому пристрій за цим винаходом утримує людину в центрі зображення шляхом змінювання положення відеокамери й регулювання напрямку променя прожектора, наприклад, за допомогою одного або двох обертових дзеркал для кожного прожектора.

Інший приклад застосування пристрою, запропонованого цим винаходом, показаний на фіг 18, на якій зображено камеру 13 або інший пристрій спостереження, вихідний відеосигнал S з якого поступає у пристрій 11, запропонований згідно з цим винаходом. У цьому випадку камера 13 здійснює відеоконтроль ділянки шосе з метою виявлення несподіваної зупинки транспортного засобу, зокрема, на узбіччі, або зупинки автомобіля після зіткнення.

Таким чином, у цьому випадку задача полягає у встановленні наявності або відсутності нерухомого об'єкта (транспортного засобу) у оточенні, що переміщується (інші транспортні засоби), тобто в локалізації ділянки, в якій DP=0 у матриці 21 із кількістю елементів 17x17. У нормальних умовах камера 13 спостерігає транспортний потік, який дає значення DP=1, із відповідними значеннями швидкості й напрямку переміщення. Однак при зупинці транспортного засобу в зоні спостереження виникає об'єкт із DP=0.

Блок 44, що приймає сигнали ZH і SR, виявляє ділянку, в якій DP=0 у ZH, і видає аварійний сигнал NL, який, по-перше, подає звуковий і/або візуальний сигнал сповіщення у пристрій 45, і, по-друге, скеровує вимикач 46, який подає відеосигнал S (або, радше, затриманий відеосигнал SR) на екран 10 телевізора або монітора, що дозволяє диспетчеру, що отримав сигнал сповіщення, вести спостереження за шосе у разі зупинки або зіткнення транспортного засобу для вживання необхідних заходів, наприклад, в залежності від реакції водія транспортного засобу, що зупинився.

Використовуючи цей винахід, диспетчер на своєму робочому місці може легко здійснювати відеоспостереження за значною кількістю ділянок шосе або траси, на кожній з яких є камери 13 і пристрій 11, запропонований цим винаходом, причому вихідні сигнали ZH і SR від кожного пристрою 11 передаються по кабелю, оптоволокну або радіорелейній лінії на один диспетчерський пункт, де знаходиться один блок 44, і спостерігачеві необхідно дивитись на екран 10 лише якщо аварійний сигнал повідомляє про інцидент або аварію, одночасне виникнення інцидентів або аварій на декіль-

кох ділянках шосе малоїмовірної

Зокрема, на вході блока 44 може бути передбачений обертовий комутатор (не показаний), який послідовно й циклічно спрямовує сигнали ZH (і SR) із різних вузлів 13-11, розміщених уздовж шосе, на частину блока 44, що видає сигнал NL

За допомогою цієї системи можна виявляти не тільки зупинки транспортних засобів або зіткнення, що призводять до затримки руху, але також і зниження швидкості руху потоку транспортних засобів (у випадку надто повільного руху), коли $D=1$, і навпаки, різке збільшення швидкості у зоні спостереження, за якою спостерігають, що свідчить про перевищення допустимої швидкості руху

Нарешті, на фіг 19 показано ще одне застосування винаходу - взаємодія людина-машина за допомогою рухів руки M або, в окремому випадку, пальців DG у зоні SF, розбитий на прямокутники системою координат C_x і C_y

Відеокамера 13 із цифровим виходом, підключена до пристрою 11, запропонованого згідно з цим винаходом, як показано на фіг 1, може бути використана для виявлення руху руки M і пальців DG для керування комп'ютером (наприклад, подібно до "миші") або якимись функціями машини. Наприклад, вузол 13-11 може бути використаний глухонімою людиною, що використовує стандартну мову глухонімих, побудовану на рухах рук, для введення алфавітно-цифрових даних, а отже, - і тексту, у комп'ютер, без застосування звичайної клавіатури, при цьому ця операція, звісно ж, може виконувати також і людина, що може говорити і опанувала мову глухонімих, що уможливіло введення тексту в комп'ютер без застосування звичайної клавіатури. Така система не є чутливою до змін із плином часу і не вимагає точного повідомлення про початок і кінець жесту

На фіг 20 і фіг 21 схематично зображено застосування винаходу для контролю за водієм автомобіля, що передбачає генерування повідомлення при засинанні водія

У цьому випадку відеокамеру 13 закріплюють на кузові всередині транспортного засобу, наприклад, над дзеркалом заднього виду, звідки вона може спостерігати за водієм

Перша операція включає кадрування водія, аналогічно тому, як це здійснювалося у випадку застосування за фіг 17. Фіг 20 схематично показує зображення 1С водія на відеоекрані. Спочатку усуваються непотрібні права і ліва ділянки (що показано горизонтальною поперечною штриховкою цих ділянок зображення), завдяки чому зона обробки обмежується центральною частиною зображення між згаданими двома ділянками

Далі, у межах цієї центральної ділянки достатньо здійснювати моніторинг незаштрихованої ділянки AA фіг 21, що кадрує голову

Відносними переміщеннями, що виявляються пристроєм, запропонованим згідно з цим винаходом, є моргання очей водія (які відображаються вертикальними переміщеннями на ділянці AA), швидкість моргання у процесі засинання змінюється. Якщо швидкість моргання очей водія знижується нижче певного порогового значення, подається зумерний сигнал і водій прокидається

Фіг 22 показує засіб для обробки обмеженої кількості (p) бітів, що представляють константу CO, коли необхідно врахувати більший діапазон значень швидкості переміщення

Для цієї мети буде використана діаграма Малла (дивись статтю "A theory for multiresolution signal decomposition", S. Mallat, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, липень 1989р, стор 674-693), передбачає послідовне розділення повного відеозображення на послідовні половини, позначені 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. При цьому досягається ущільнення, що дозволяє обробляти лише ділянки зображення. Таким чином, при $p=4$, тобто $2^p=16$, можна визначити швидкість у межах більш широкого діапазону

Якщо спочатку, в межах повного зображення, пристрій, запропонований згідно з цим винаходом, визначить, що швидкість об'єкта (у широкому значенні даного терміну), що здійснює переміщення, перевищує максимальну швидкість, якій відповідає константа $2^p=16$, то буде необхідно лише розглядати ділянки 1, 2, 3, 4, зображення, за яким спостерігають, доти, доки об'єкт, що здійснює переміщення, не перевищить максимальну швидкість для відповідного часткового зображення, після ущільнення

Для використання композиції Малла за допомогою вейвлетів необхідно лише додати блок 13A (показаний на фіг 22) у схему на фіг 1, щоб здійснювати згадане ущільнення відеосигналу. Наприклад, цей блок може являти собою "Економічний багатоформатний відекодек DV 601", що виготовляється американською компанією "ANALOG DEVICES", опис якого наведено у документі "ADV 601 Preliminary Data Sheet", опублікованому цією компанією у січні 1996р. На фіг 2 показаний необов'язовий блок ущільнення такого типу 13a

Нарешті, на фіг 2 і фіг 3 показана кількість бітів (1,3 (якщо $p=3$), 8, 15), що передаються по тим чи іншим мікрошинам, що дозволяє судити про економію розмірів для різних функціональних блоків, оскільки вони обробляють обмежену кількість бітів

Цілком зрозуміло, що цей винахід дозволяє виявляти відносне переміщення у межах зони спостереження, за якою спостерігають за допомогою оптикоелектронного пристрою, такого як відеокамера, яка передає сцену, за якою спостерігають, у формі цифрового відеосигналу, що складається з послідовності кадрів, які, в свою чергу, складаються з послідовності рядків, утворених послідовностями пікселів, причому цей цифровий сигнал аналізується для виявлення ділянки, що здійснює відносне переміщення, з визначенням швидкості і (орієнтованого) напрямку переміщення, якщо ділянка здійснює ефективне переміщення відносно практично нерухомого оточення

Ураховуючи, що пристрій за винаходом визначає орієнтований напрям і швидкість переміщення об'єкта (у найширшому значенні цього терміну), з ним може застосовуватися засіб для використання згаданих двох параметрів для визначення очікуваного положення об'єкта в заданий момент часу і для випереджачої орієнтації відеокамери 13 у напрямі цього очікуваного положення

Зазначимо, що для одержання результатів, які отримують за допомогою пристрою, запропонова-

ного згідно з цим винаходом, нема потреби жорстко фіксувати камеру, тобто і цей пристрій, який використовують у парі з камерою, можна розмішувати на наземному, повітряному або морському транспортному засобі (наприклад, для здійснення способу, проілюстрованого на фіг 16)

Після дуже нетривалого початкового періоду часу, тривалістю N (порядку 10 відповідних послідовних кадрів), пристрій, запропонований згідно з цим винаходом, визначає параметри відносного переміщення негайно після кінця кожного кадру, з яким здійснюють часову й просторову обробку, з огляду на рекурсивність обчислень, передбачених цим винаходом

Вище були описані один із варіантів виконання пристрою за цим винаходом, яким віддається перевага, і декілька його застосувань. Очевидно, що цей варіант виконання і згадані застосування наведені як приклади, що не мають розглядатися як такі, що мають обмежувальний характер, фахівцям будуть очевидні численні варіанти виконання й застосування, що не виходять за обсяг предмета винаходу, визначеного у формулі винаходу

Наприклад, можна втілити способи, які використовують сигнали, інакше від сигналів на виходах блока 11 із фіг 2, показаних на фіг 11, не виходячи при цьому за обсяг предмета винаходу, визначеного у формулі винаходу

Що стосується застосування пристрою за винаходом, то воно ні якою мірою не обмежено тими варіантами застосування, розкритими вище як приклади. Так, схема, аналогічна наведеним на фіг 17, може бути безпосередньо з'єднана з камерою або відеокамерою для зниження її чутливості до переміщень, зумовлених випадковими рухами користувача

Можна також використовувати один або, що у

варіанті, якому віддається перевага, декілька пристроїв за цим винаходом, з'єднаних один з одним або, у варіанті, якому віддається перевага, декількома камерами або відеокамерами з цифровим відеовиходом, розташованим усередині приміщення, з утворенням "розумної кімнати", в якій така система може виявляти й локалізувати присутність і переміщення однієї людини або декількох людей, що знаходяться в ній, аналізуючи це переміщення з метою забезпечення безпеки або ідентифікації і/або надання допомоги у виконанні певних дій, а також може використовуватися для спостереження за дітьми в сусідній кімнаті або за клієнтами супермаркету

Було зроблене припущення, що використовуваний відеосигнал включає пари послідовних черезрядкових кадрів, зокрема, при розгляді місткості ЗП16, оскільки в пристрої за цим винаходом здійснюється попарна обробка кадрів. Проте можна використовувати лише один кадр із двох (наприклад, непарний), що дозволяє зменшити місткість ЗП, але водночас зумовлює зниження швидкості отримання необхідної інформації приблизно вдвічі. Можна також використовувати відеокамеру або інший пристрій спостереження, в яких у цифровому виході застосовується один кадр на зображення

У деяких випадках застосування, разом із пристроєм за цим винаходом можуть використовуватися спеціальні датчики, наприклад, один або декілька датчиків прискорення, для обробки додаткових параметрів переміщення

Очевидно, що винахід не обмежується описаними конкретними варіантами виконання й способами застосування, але охоплює всі варіанти й модифікації, що увійшли як частина загального визначення винаходу

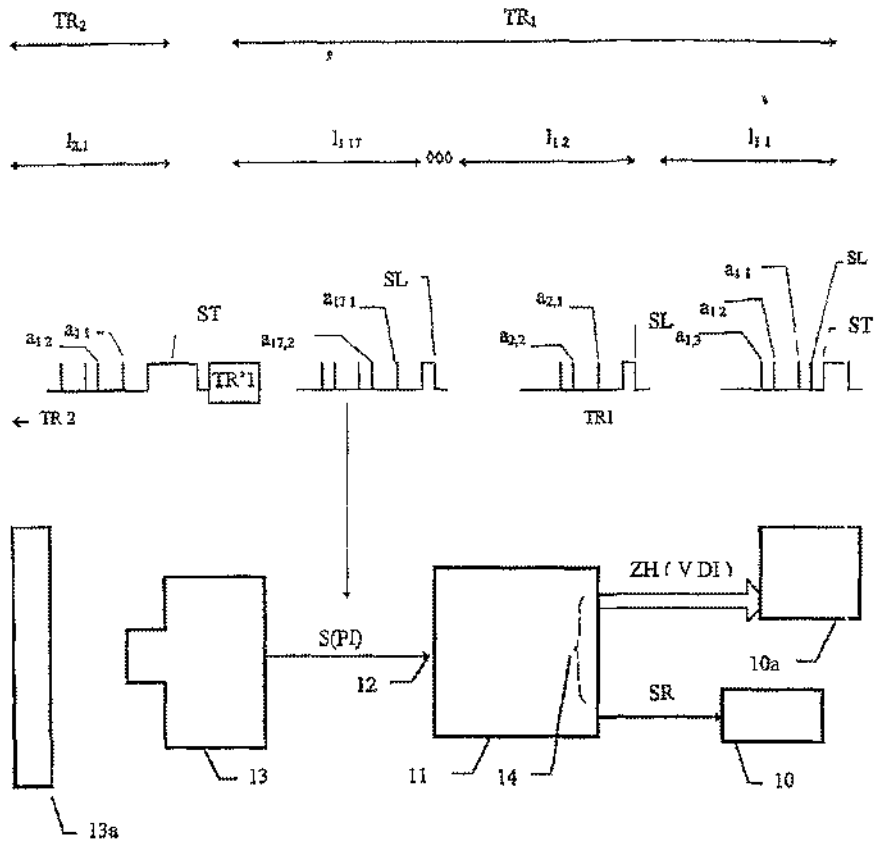


FIG 1

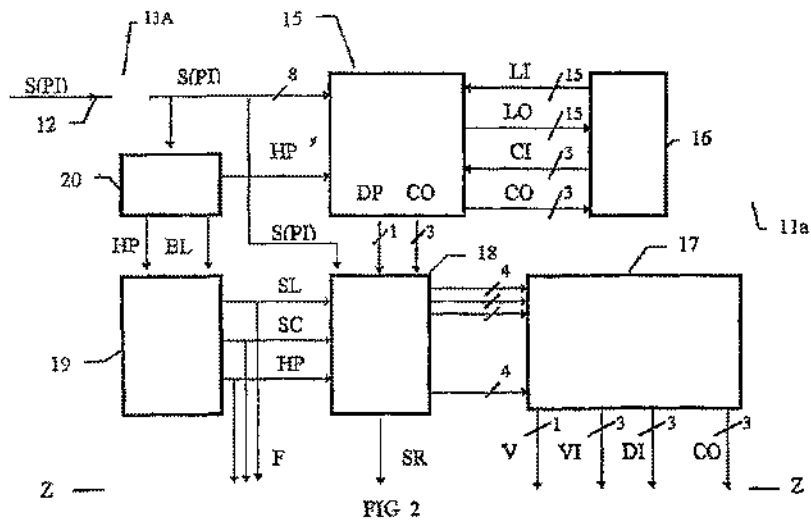


FIG. 3

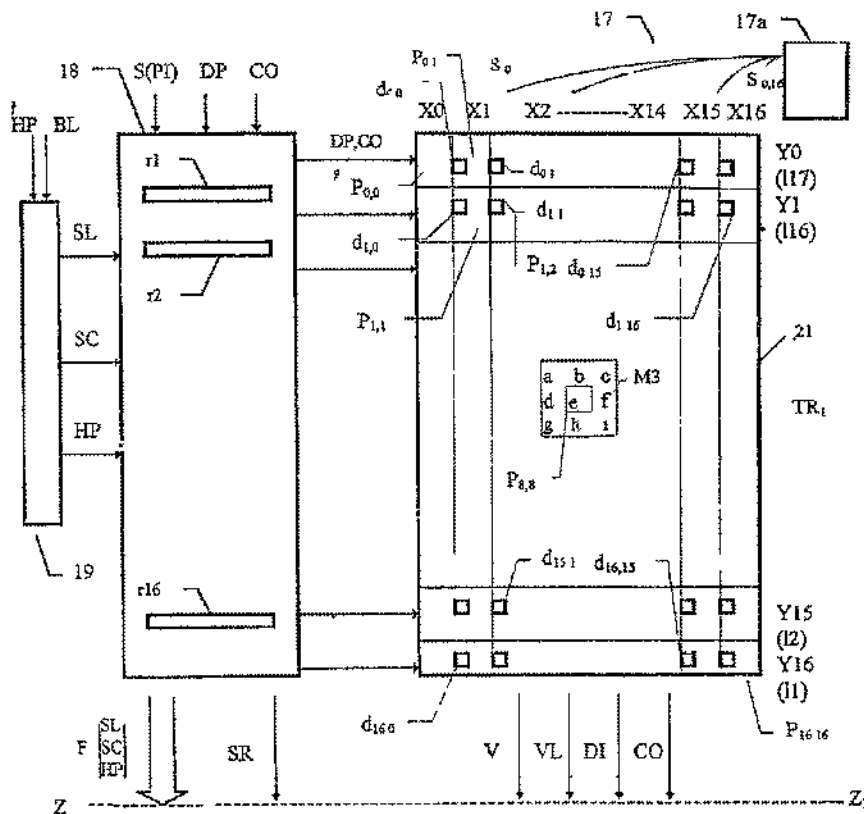
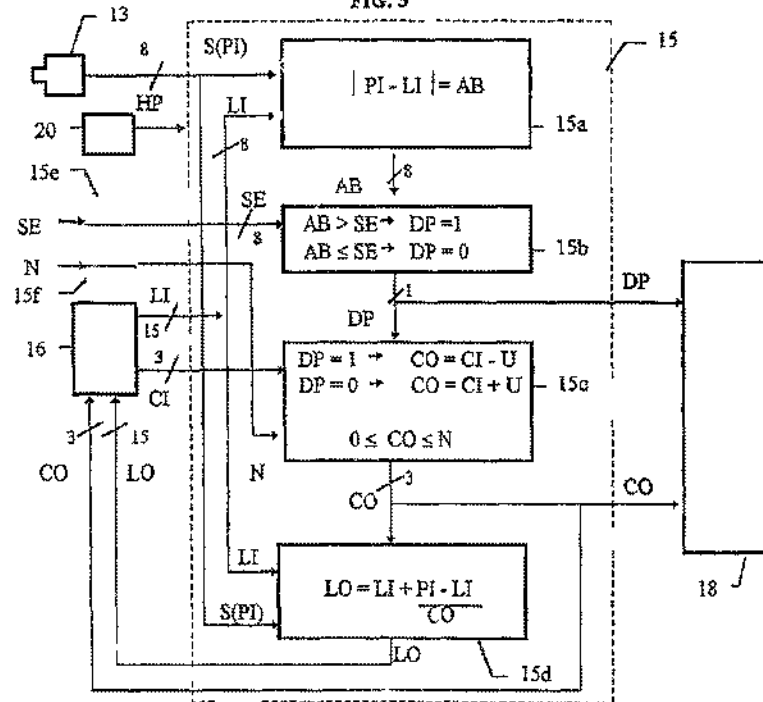


FIG. 4

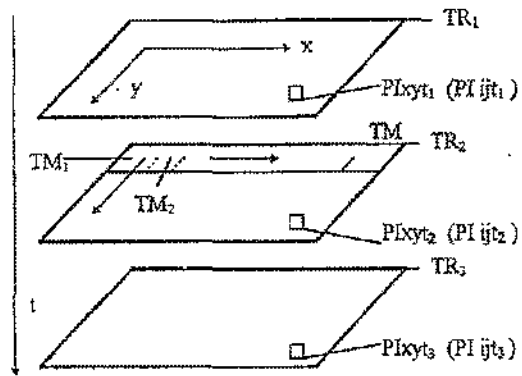


FIG. 5

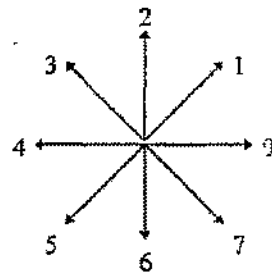
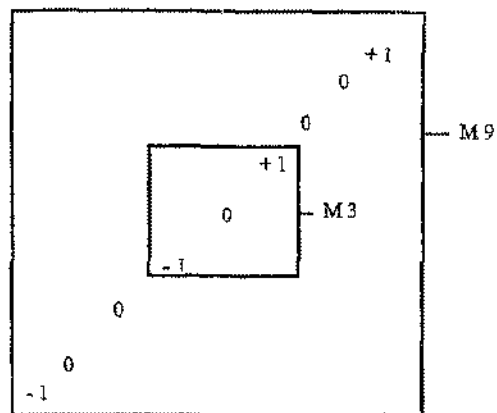


FIG. 6

FIG. 7



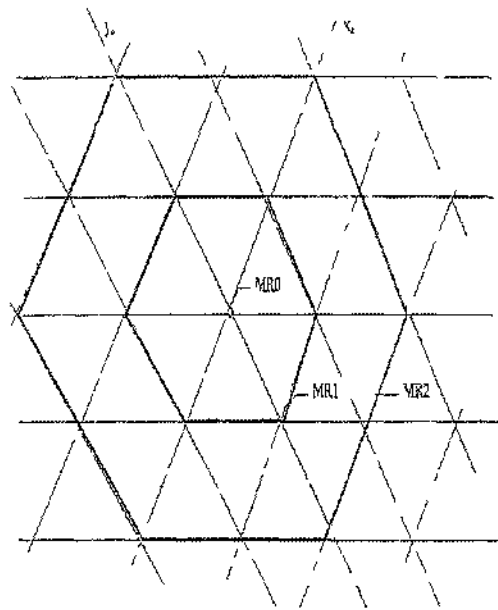


FIG. 8

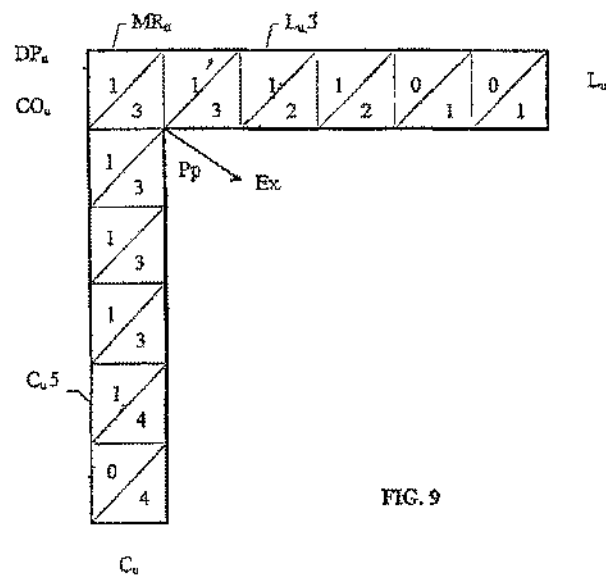


FIG. 9

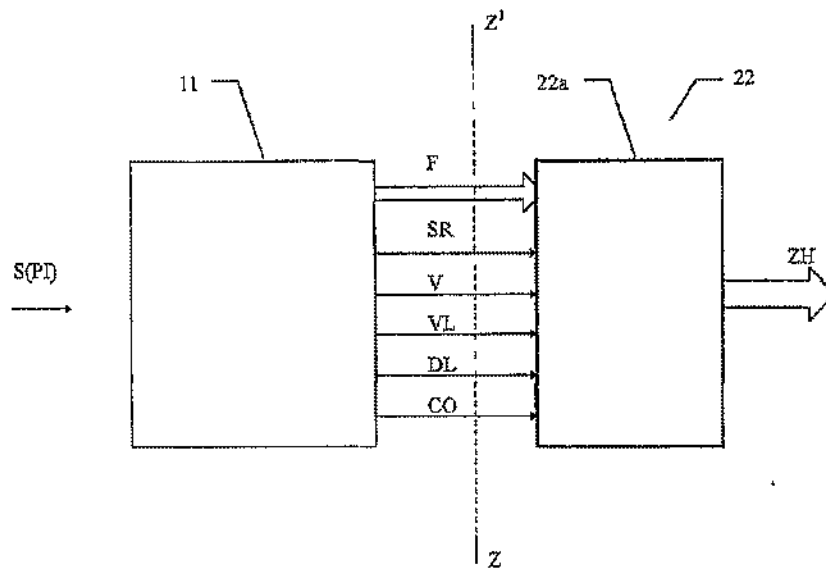


FIG. 10

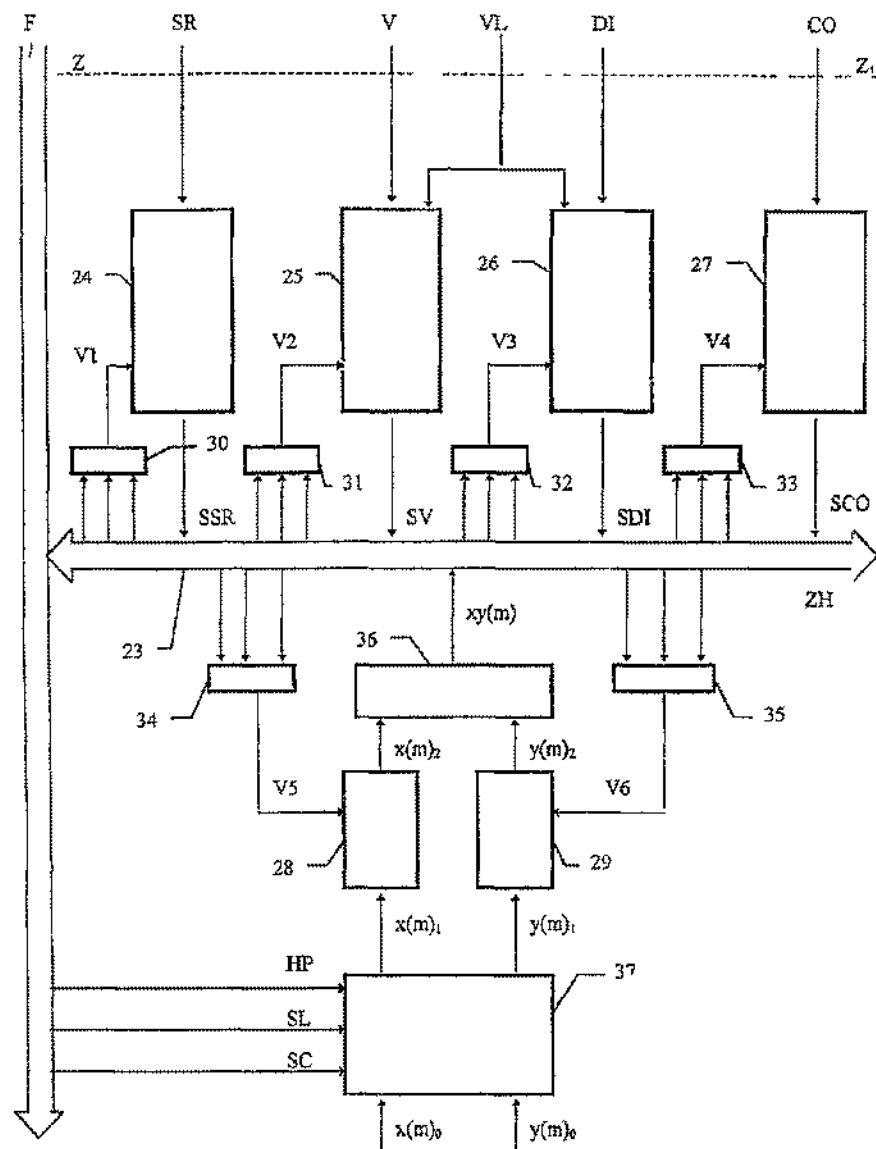


FIG. 11

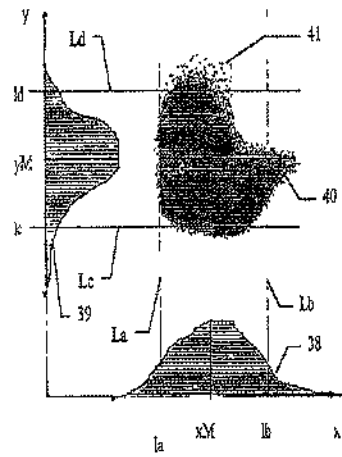


FIG. 12

FIG. 13

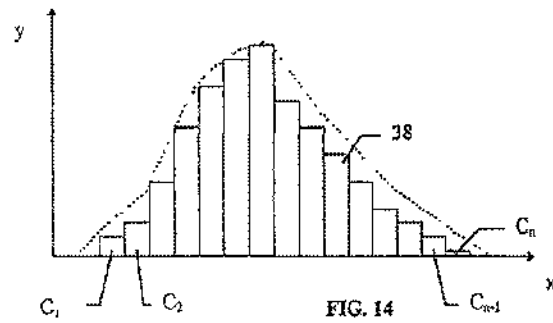
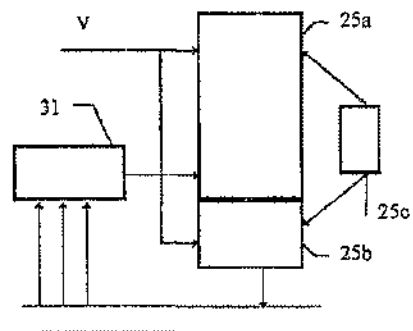


FIG. 14

FIG. 15

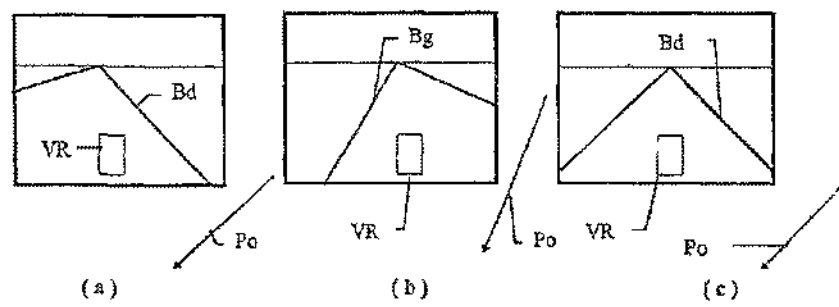
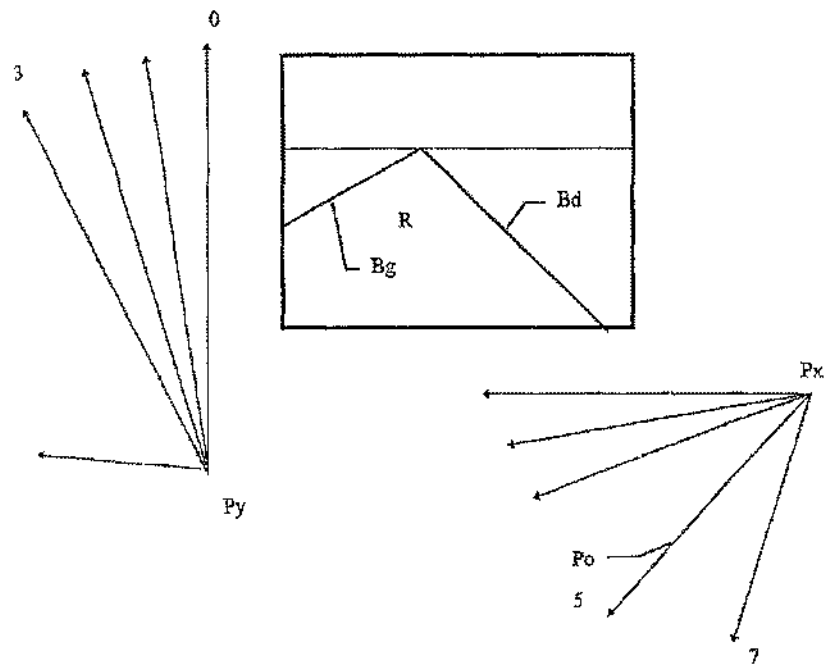
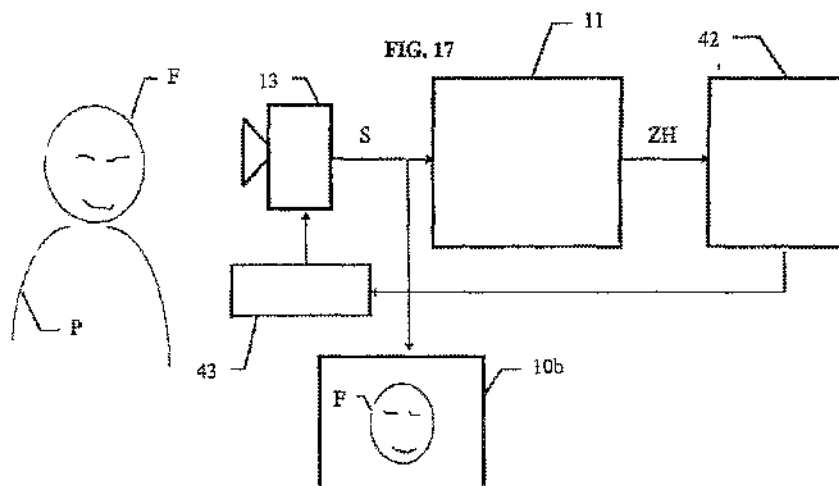


FIG. 16



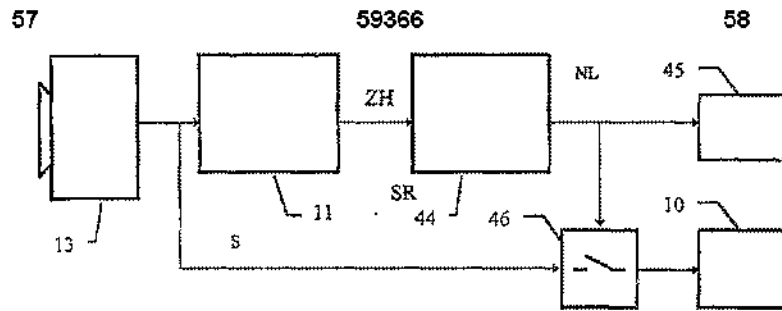


FIG. 18

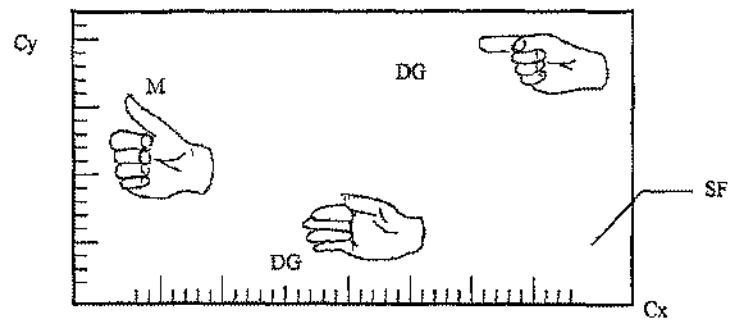


FIG. 19

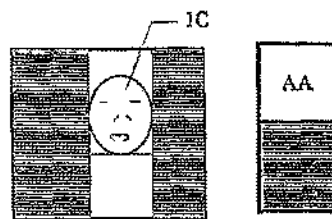


FIG.20

FIG.21

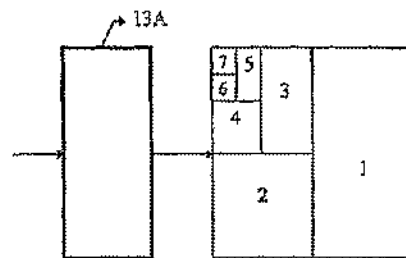


FIG.22