



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 101 875** ⁽¹³⁾ **C1**
(51) МПК⁶ **H 04 N 5/30**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 5017292/09, 09.07.1991

(46) Дата публикации: 10.01.1998

(56) Ссылки: Троицкий И.Н. и др. Адаптивная оптика. - М.: Знание, 1989. с. 28 - 40.

(71) Заявитель:

Мальцев Георгий Николаевич,
Лобанов Андрей Геннадьевич,
Григорьев Дмитрий Николаевич

(72) Изобретатель: Мальцев Георгий Николаевич,
Лобанов Андрей Геннадьевич, Григорьев
Дмитрий Николаевич

(73) Патентообладатель:

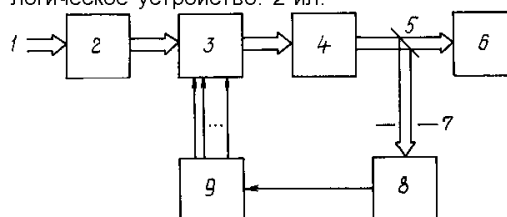
Мальцев Георгий Николаевич,
Лобанов Андрей Геннадьевич,
Григорьев Дмитрий Николаевич

(54) АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА ФОРМИРОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ

(57) Реферат:

Может быть использована в системах наблюдения протяженных объектах, работающих в условиях атмосферных искажений без опорного точечного источника. Цель изобретения состоит в расширении области применения системы. Система включает в себя приемную оптическую антенну, корректор волнового фронта, две линзовые системы, светоделитель, приемник изображения, маску, соответствующую области неопределенности положения объекта в угловом поле системы, матричный

фотодетектор, схему считывания, измеритель размеров изображения и управляющее логическое устройство. 2 ил.



фиг. 1



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 101 875** ⁽¹³⁾ **C1**
(51) Int. Cl.⁶ **H 04 N 5/30**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 5017292/09, 09.07.1991

(46) Date of publication: 10.01.1998

(71) Applicant:

**Mal'tsev Georgij Nikolaevich,
Lobanov Andrej Gennad'evich,
Grigor'ev Dmitrij Nikolaevich**

(72) Inventor: **Mal'tsev Georgij Nikolaevich,
Lobanov Andrej Gennad'evich, Grigor'ev
Dmitrij Nikolaevich**

(73) Proprietor:

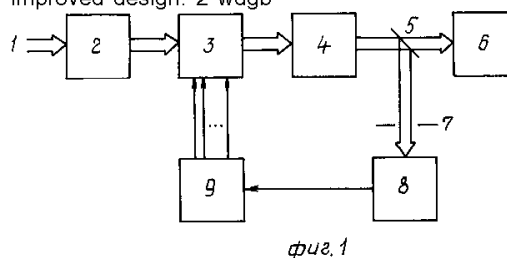
**Mal'tsev Georgij Nikolaevich,
Lobanov Andrej Gennad'evich,
Grigor'ev Dmitrij Nikolaevich**

(54) **ADAPTIVE IMAGE PROCESSING SYSTEM**

(57) Abstract:

FIELD: extensive object observation systems operating in conditions of atmospheric distortions without a reference point source. SUBSTANCE: the system uses a receiving optical antenna, wave-front corrector two lense systems, beam splitter, image receiver, mask corresponding to the area of uncertainty of the object position in the system angular field, matrix photodetector, readout circuit, image size

meter and a logical control unit. EFFECT: improved design. 2 wdgb



Изобретение относится к оптике и может быть использовано в некогерентных оптических системах наблюдения протяженных объектов, работающих в условиях атмосферных искажений без опорного точечного источника.

Атмосферные искажения принимаемых оптических сигналов приводят к ухудшению разрешающей способности систем формирования изображения. Известен ряд методов преддетекторной и последдетекторной обработки сигналов, обеспечивающих повышение разрешающей способности оптических систем в условиях атмосферных искажений: короткая экспозиция, голограмма интенсивности, восстановление изображений. Методы адаптивной оптики наиболее перспективны, т.к. обеспечивают коррекцию искажений и получение прямого изображения с разрешением, близким к дифракционному, в реальном масштабе времени. Основные трудности при реализации адаптивных методов возникают в случае наблюдения протяженных объектов без опорного точечного источника. При этом адаптация к искажениям проводится по результатам анализа влияния пробных возмущений, вводимых в принимаемый оптический сигнал, на так называемые функции резкости, характеризующие структуру формируемого изображения.

Наиболее близкой по технической сущности к предлагаемому устройству является адаптивная система формирования изображения, схема которой приведена на фиг. 1.

Цифрами обозначены: 1 принимаемый оптический сигнал, 2 первый линзовый блок, 3 корректор волнового фронта, 4 второй линзовый блок, 5 - светоделитель, 6 приемник изображения, 7 маска, 8 фотодетектор, 9 - формирователь управляющего сигнала.

Первый линзовый блок 2, корректор волнового фронта 3, второй линзовый блок 4, светоделитель 5 и приемник изображения 6 последовательно расположены на оптической оси системы и оптически связаны между собой. С помощью светоделителя 5 выход второго линзового блока 4 оптически связан через маску 7 с входом фотодетектора 8. Маска 7 и фотодетектор 8 установлены в плоскости, оптически сопряженной с плоскостью изображения, при этом маска (амплитудный пространственный фильтр) 7 соответствуют контуру изображения наблюдаемого объекта $M(x)$. Выход фотодетектора 8 связан с входом формирователя управляющего сигнала 9, число выходов которого равно числу управляющих входов корректора волнового фронта 3. Каждый выход формирователя управляющего сигнала 9 подключен к соответствующему управляющему входу корректора волнового фронта 3. Число входов корректора волнового фронта 3 соответствует его пространственной структуре и выбирается, исходя из требуемого качества коррекции искажений.

Система реализует адаптивную коррекцию атмосферных искажений принимаемых сигналов путем максимизации функции резкости

$$R_1 \int M(x) I(x) dx$$

где $I(x)$ - распределение интенсивности

сигнала в плоскости изображения и работает следующим образом.

Принимаемый оптический сигнал 1 с атмосферными фазовыми искажениями проходит первый линзовый блок 2, корректор волнового фронта 3, второй линзовый блок 4 и светоделитель 5. С помощью второго линзового блока 4 в плоскости изображения формируется изображение наблюдаемого объекта, которое регистрируется приемником изображения 6. Для формирования сигналов управления корректором волнового фронта 3 часть энергии принимаемого сигнала 1 с помощью светоделителя направляется через маску 7 на фотодетектор 8. Размер чувствительной поверхности фотодетектора 8 должен превышать размер изображения наблюдаемого объекта. Поскольку маска 7 и фотодетектор 8 устанавливаются в плоскости, оптически сопряженной с плоскостью изображения, выходной сигнал фотодетектора оказывается пропорционален функции резкости R_1 . Он поступает на вход формирователя управляющего сигнала 9. Схема формирователя управляющего сигнала 9 и принцип его действия приведены следующие: он реализует управление корректором волнового фронта 3 с временным разделением каналов по принципу экстремального регулятора. На каждый управляющий вход корректора волнового фронта 3 последовательно подаются управляющие напряжения, в результате чего в принимаемый оптический сигнал 1 вводится соответствующий фазовый сдвиг (пробное возмущение). Если это приводит к увеличению выходного фотодетектора 8, то это управляющее напряжение остается на данном выходе формирователя управляющего сигнала 9, а если это приводит к уменьшению выходного сигнала фотодетектора 8, то знак управляющего напряжения меняется на противоположный. Пробные возмущения вводятся последовательно на все управляющие входы корректора волнового фронта 3 и для каждого анализируется функция резкости R_1 . При точном соответствии маски 7 контуру изображения наблюдаемого объекта и расположении ее в области, соответствующей положению объекта в угловом поле системы, максимум функции резкости R_1 соответствует отсутствию фазовых искажений в принимаемом сигнале 1 или их полной компенсации. Вся настройка осуществляется в течение времени "замороженности" искажений, что обеспечивается соответствующим выбором быстродействия формирователя управляющего сигнала 9. Таким образом, в системе осуществляется косвенное измерение фазовых искажений, в результате чего в принимаемый оптический сигнал вводятся корректирующие воздействия и приемник изображения регистрирует изображение с улучшенной разрешающей способностью.

Недостатком известного устройства является узкая область его применения, т.к. для осуществления в нем процесса адаптации к искажениям требуется априорная информация о контуре наблюдаемого объекта и его положении в поле зрения системы.

Последнее обстоятельство весьма существенно при наблюдении за движущимися объектами, а также во всех других случаях, когда имеет место неопределенность положения объекта в поле зрения системы. Точность углового сопровождения объектов, как правило, соответствует ширине поля зрения оптической системы, которая может существенно превышать угловой размер наблюдаемого объекта. Это имеет место, например, при наблюдении летательных аппаратов. А если функция пропускания маски существенно отличается от контуров наблюдаемого объекта или вследствие априорной неопределенности положения объекта в поле зрения имеют место ошибки ее установки в плоскости, оптически сопряженной с плоскостью изображения, то косвенное измерение фазовых искажений принимаемых сигналов становится невозможно.

Целью изобретения является расширение области применения адаптивной системы формирования изображения, в частности, снятие требований о наличии априорной информации о контуре и угловом положении наблюдаемого объекта в поле зрения системы.

Цель достигнута тем, что в адаптивную систему формирования изображения введены третий линзовый блок и блок фотодетекторов, а формирователь управляющего сигнала выполнен в виде последовательно соединенных блока считывания, измерителя размера изображения и экстремального регулятора, при этом вход блока считывания является входом формирователя управляющего сигнала, а выход экстремального регулятора является выходом формирователя управляющего сигнала, светоделитель оптически связан соответственно с приемником изображения и через маску с третьим оптическим блоком, синхровыход экстремального регулятора подключен к входам синхронизации блока считывания и измерителя размера изображения. Благодаря введенным элементам и связям в адаптивной системе формирования изображения косвенное измерение фазовых искажений принимаемых сигналов осуществляется на основе анализа функций резкости $R_2 = \Omega_f$ где Ω_f область, занимаемая пространственным спектром формируемого изображения

$$I(x, y) = F^{-1} \{ F \{ I(x, y) \} \}$$

(F символ двумерного преобразования Фурье).

Максимальный размер области Ω_f определяется дифракционным пределом разрешающей способности и имеет место в отсутствие фазовых искажений принимаемого сигнала или при их полной коррекции, а газовые искажения всегда приводят к подавлению высоких частот в пространственном спектре изображения. Поэтому максимизация функции резкости $R_2 = \Omega_f$ позволяет сформировать скорректированное изображение протяженного объекта. При этом не требуется априорной информации о контуре и положении объекта в поле зрения системы, т.к. пространственный спектр изображения объекта не зависит от его положения в поле

зрения системы.

На фиг. 2 дана схема предлагаемого устройства.

Цифрами обозначены: 1 принимаемый оптический сигнал, 2 первый линзовый блок, 3 корректор волнового фронта, 4 второй линзовый блок, 5 - светоделитель, 6 приемник изображения, 7 маска, 8 блок фотодетекторов, 9 экстремальный регулятор, 10 третий линзовый блок, 11 блок считывания, 12 измеритель размеров изображения, 13 формирователь управляющего сигнала. Первый линзовый блок 2, корректор волнового фронта 3, второй линзовый блок 4 светоделитель 5 и приемник изображения 6 последовательно расположены на оптической оси системы и оптически связаны между собой. С помощью светоделителя 5 выход второго линзового блока 4 оптически связан с входом третьего линзового блока 10. Перед входом третьего линзового блока 10 расположена маска 7, а ее выход оптически связан с входом блока фотодетекторов 8. Маска (амплитудный пространственный фильтр) 7 соответствует контуру наблюдаемого объекта. Третий линзовый блок 10 расположен таким образом, что его передняя фокальная плоскость совпадает с плоскостью, оптически сопряженной с плоскостью изображения. В этой плоскости расположена маска 7, а блок фотодетекторов 8 расположен в задней фокальной плоскости третьего линзового блока 10. Число элементов блока фотодетекторов 8 выбирается, исходя из требуемой точности измерения искажений. Выходы блока фотодетекторов 8 подключены к входам блока считывания 11, выход блока считывания 11 подключен к входу измерителя размеров изображения 12, а выход измерителя размеров изображения 12 связан с входом экстремального регулятора 9, число выходов которого равно числу управляющих входов корректора волнового фронта 3. Каждый выход экстремального регулятора 9 подключен к соответствующему управляющему входу корректора волнового фронта 3. Кроме того, управляющие входы блока считывания 11 и измерителя размеров изображения 12 связаны с синхровыходом экстремального регулятора 9. Число входов корректора волнового фронта 3 соответствует его пространственной структуре и выбирается, исходя из требуемого качества коррекции искажений.

Устройство реализует адаптивную коррекцию атмосферных искажений принимаемых сигналов путем максимизации функции резкости и работает следующим образом.

Принимаемый оптический сигнал 1 с фазовыми атмосферными искажениями проходит через первый линзовый блок 2, корректор волнового фронта 3, второй линзовый блок 4, светоделитель 5. С помощью второго линзового блока 4 в плоскости изображения формируется изображение наблюдаемого объекта, которое регистрируется приемником изображения 6. Для формирования сигналов управления корректором волнового фронта 3 часть энергии принимаемого сигнала 1 с помощью светоделителя 5 направляется через маску 7 на третий линзовый блок 10. После его прохождения он поступает на вход блока

фотодетекторов 8. Благодаря выбранному расположению относительно плоскости, оптически сопряженной с плоскостью изображения, и плоскости, в которой расположен блок фотодетекторов 8, третий линзовый блок 10 при некогерентном сигнале выполняет преобразование Фурье изображения объекта, и на входе блока фотодетекторов 8 формируется пространственный спектр изображения

$$I(\vec{r}) = F\{I(\vec{x})\}$$

Чем больше степень искажений принимаемого сигнала 1, тем меньшую область Ω_f он занимает. Для измерения размеров этой области сигналы с выходов блока фотодетекторов 8 поступают на входы блока считывания 11, число которых равно числу элементов блока фотодетекторов. В качестве блока считывания 11 используется устройство, приведенное с раскрытием до известных функциональных элементов. По синхросигналу, поступающему на управляющий вход блока считывания 11, он производит опрос выходов блока фотодетекторов 8, и сигналы, пропорциональные значениям сигнала на входе блока фотодетекторов 8, построчно поступают на вход измерителя размеров изображения 12. В качестве измерителя размеров изображения используется устройство, приведенное с раскрытием до известных функциональных элементов. Тем же синхросигналом, который начинает опрос выходов блока считывания 11, обнуляется счетчик на выходе измерителя размеров изображения 12. А после окончания опроса и сигнал на выходе измерителя размеров изображения 12 оказывается пропорционален размеру области, занимаемой пространственным спектром изображения, который формируется на входе блока фотодетекторов 8. Маска 7 соответствует контуру объекта в поле зрения системы и обеспечивает пространственную фильтрацию фонового шума. Дополнительной априорной информации об угловом положении наблюдаемого объекта не требуется. С учетом уровня фонового шума перед началом работы устанавливается порог срабатывания в измерителе размеров изображения 12, пропорциональный величине $I(\vec{r})$

поступает на вход экстремального регулятора 9. Схема и принцип его действия полностью идентичны формирователю управляющего сигнала 9 (прототипа). Оно реализует управление корректором волнового фронта 3 с временным разделением каналов. На каждый управляющий вход корректора волнового фронта последовательно подаются управляющие напряжения, в результате чего в принимаемый сигнал 1 вводятся соответствующие фазовые сдвиги (пробные возмущения). Если это приводит к увеличению выходного сигнала измерителя размеров изображения 12, то это управляющее напряжение сохраняется на данном выходе экстремального регулятора 9, а если это приводит к уменьшению выходного сигнала измерителя размеров изображения 12, то знак управляющего напряжения меняется на противоположный. Пробные возмущения вводятся последовательно на все управляющие входы корректора волнового фронта 3 и для каждого

анализируется функция резкости $R_2 \Omega_f$ В качестве управляющих сигналов для блока считывания 11 и измерителя размеров изображения 12 используются сигналы переключения каналов в экстремальном регуляторе 9. Его синхровыходом является выход генератора, осуществляющего формирования тактовых импульсов переключения каналов. Максимум функции резкости R_2 соответствует отсутствию фазовых искажений в принимаемом сигнале 1 или их полной коррекции. Вся настройка осуществляется в течение времени "замороженности" искажений, что обеспечивается соответствующим выбором быстродействия экстремального регулятора 9, блока считывания 11 и измерителя размеров изображения 12. Таким образом, в системе осуществляется косвенное измерение фазовых искажений, в результате чего в принимаемый оптический сигнал вводятся корректирующие воздействия и приемник изображения регистрирует изображение с улучшенной разрешающей способностью.

Технико-экономическим преимуществом предлагаемого устройства является расширение области его применения за счет уменьшения требуемой априорной информации о наблюдаемом объекте. Для обеспечения работоспособности известного устройства требуется знание контуров наблюдаемого объекта и его положения в поле зрения оптической системы. Это существенно ограничивает возможности его применения для наблюдения за движущимися объектами и во всех других случаях, когда имеет место неопределенность положения объекта в поле зрения системы. Увеличение же размеров области пропускания маски приводит к невозможности косвенного измерения действующих разовых искажений по функции резкости R_1 . В предлагаемом устройстве требуется априорная информация лишь о расположении в поле зрения оптической системы области неопределенности положения объекта, а ширина пространственного спектра формируемого изображения, т. е. функция резкости R_2 , не зависит от положения объекта в поле зрения оптической системы. Благодаря этому косвенное измерение искажений и их коррекция становятся возможны без использования априорной информации о контуре о точном положении объекта в угловом поле системы. Таким образом, за счет введения новых элементов и связей в предлагаемом устройстве достигается положительный эффект по сравнению с известным: уменьшается объем требуемой априорной информации о наблюдаемом объекте и тем самым расширяется область применения системы.

Формула изобретения:

Адаптивная система формирования изображений, содержащая последовательно расположенные и оптически связанные первый линзовый блок, корректор волнового фронта, второй линзовый блок и светодетектор, последовательно расположенные третий линзовый блок и блок фотодетекторов, а также маску, соответствующую контуру наблюдаемого объекта, формирователь управляющего

сигнала, выходы которого подключены к соответствующим входам корректора волнового фронта, а вход формирователя управляющего сигнала подключен к выходу блока фотодетекторов, отличающаяся тем, что введены приемник изображения, а формирователь управляющего сигнала выполнен в виде последовательно соединенных блока считывания, измерителя размера изображения и экстремального регулятора, при этом вход блока считывания

5
10

является входом формирователя управляющего сигнала, а выход экстремального регулятора является выходом формирователя управляющего сигнала, светоделитель оптически связан соответственно с приемником изображения и через маску с третьим линзовым блоком, синхровыход экстремального регулятора подключен к входам синхронизации блока считывания и измерителя размера изображения.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

