

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ KINECT

© 2018 А. Ю. Смирнов, А. Г. Юрочкин

Воронежский институт высоких технологий (г. Воронеж, Россия)  
РАНХиГС при Президенте Российской Федерации (г. Воронеж, Россия)

В данной статье проводится обзор методов, которые используются в Kinect. Низкая стоимость, надежность и скорость измерения делают его основным трехмерным измерительным устройством в распознавании пространственных объектов.

Ключевые слова: Kinect, структурированный свет, карта глубины, принцип времени пролета.

В 2010 году компания Microsoft в сотрудничестве с компанией Primesense выпустила Kinect. Датчик Kinect I оснащен несколькими измерительными приборами, которые обеспечивают трехмерный захват движения (рис. 1).

На рисунке 1 показано расположение инфракрасного (ИК) проектора, RGB камеры и ИК-камеры. ИК-проектор в совокупности с ИК-камерой образуют датчик глубины. Данная технология основана на методе структурированного света. Структурированный свет – это световой луч [3, 4], проецируемый на материальный объект [2, 5].

Общей характеристикой данного метода является необходимость формирования облака точек для получения трехмерной модели, что позволяет описывать поверхность объектов и их взаимное расположение в пространстве [8]. Эта технология работает аналогично стереозрению, но вместо использования двух камер с известным положением, одна из них заменяется ИК-проектором. ИК-проектор излучает световой луч (паттерн), проецируемый на исследуемый объект (рис 2.).

Паттерн проецируется на объект, искажаясь в соответствии с расстоянием от ИК-источника. Деформация паттерна при наложении на поверхность позволяет системе получить информацию о глубине и поверхности объекта в сцене относительно устройства. Известно расстояние между ИК-проектором и ИК-камерой, а также проецируемая ИК-точка. Если сопоставить точку, наблюдаемую на изображении с точкой в

шаблоне проектора, то можно восстановить ее в 3D-проекцию [9] на основе трехмерной триангуляции.

Триангуляционный метод контроля основан на расчете искомого расстояния через соотношения треугольника с использованием известных параметров системы. Технология называется триангуляцией, так как ИК-камера, ИК-проектор и ИК-точка на поверхности объекта образуют своеобразный треугольник (рис. 3).

В этой системе известна длина одной из сторон треугольника ( $h$ ) – это расстояние между проектором и камерой. Также известен угол лазерного излучателя ( $\alpha$ ), а угол камеры ( $\beta$ ) определяется по расположению лазерной точки в поле обзора камеры. Эти три характеристики полностью формируют размер треугольника и указывают на расположение угла лазерной точки.

Зная вышеперечисленные геометрические параметры, можно рассчитать расстояние до объекта ( $D$ ) по формуле (1).

$$D = \frac{b \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)}. \quad (1)$$

Свет возвращается обратно и фокусируется оптической системой так, чтобы падать на цифровую матрицу ИК-камеры. В результате формируется облако точек. Для каждой точки из полученного массива может быть определена z-координата в узловых точках [1, 6]. Однако полученный набор точек сильно разбросан. Для получения 3D-модели необходимо вычислить полигональную модель объекта, т. е. необходимо соединить все точки в многоугольники (рис. 4).

Использование метода структурированного света является одним из самых надежных для восстановления поверхности объектов. Вместо сканирования одной точки в один момент времени или одной линии

Смирнов Александр Юрьевич – Воронежский институт высоких технологий, студент  
s777ayumirtnov@yanfex.ru.

Юрочкин Анатолий Геннадьевич – РАНХиГС при Президенте Российской Федерации, д. т. н., профессор, yurocchikinang30@yandex.ru.

структурированные сканеры сканируют одновременно все поле зрения сразу [7, 8].

Летом 2014 года было выпущено второе поколение Kinect (Kinect II). Новый Kinect захватывает поле зрения с большей точностью и более высоким разрешением.

Инфракрасный датчик позволяет идентифицировать объекты, не требуя их освещенности. Датчики представляют собой небольшие инфракрасные «радары», которые мгновенно создают карту глубины.



Рисунок 1. Основные элементы Kinect I.

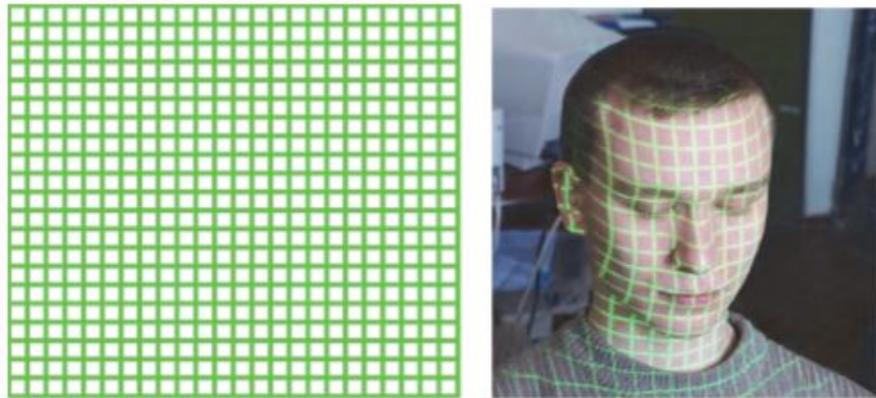


Рисунок 2. Проецирование светового паттерна на объект.

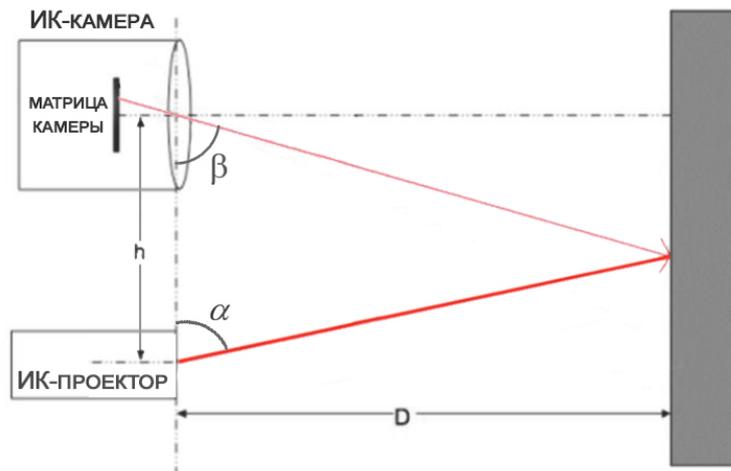


Рисунок 3. Метод триангуляции.

Второе поколение Kinect использует метод измерения времени пролета для создания трехмерного изображения. Излучается

ИК-сигнал, который распространяется с характерной скоростью. Он отражается от объекта и возвращается обратно к датчику

Kinect. Время прохождения определяет прошедшее расстояние. Метод измерения расстояний основан на измерении времени прохождения сигнала от приемопередающего устройства до объекта и обратно (рис. 5).

$$R = c \cdot \frac{\tau}{2} \quad (2)$$

где  $\tau$  – время, которое прошло с момента подачи сигнала до момента приема отраженного сигнала.

Расстояние (R) от сканера до объекта:

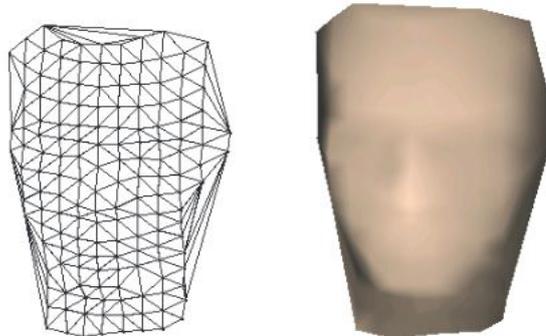


Рисунок 4. Объединение полученных точек в многоугольники.

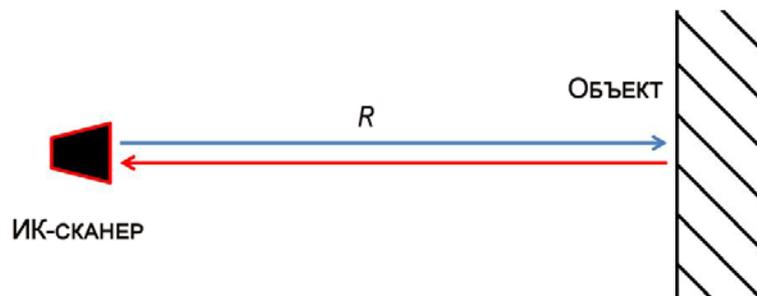


Рисунок 5. Принцип работы TOF.

В связи с высоким значением скорости света, временная точность оборудования должна быть очень высокой. При таких измерениях Kinect может различать свет, отражающийся от объектов в помещении и в окружающей среде. Это обеспечивает точную оценку глубины, которая позволяет вычислить форму этих объектов.

Сканер выдает набор координат трехмерных точек, которые были получены пу-

тем отражения лазерного луча. С помощью этих точек можно измерить размер объекта.

Kinect 1 – это структурированный датчик освещенности, Kinect 2 – это камера с пролетным временем. Структурированный свет обеспечивает лучшую производительность на краях, а камера ToF сглаживает данные из-за многолучевых измерений. В таблице ниже приведены различия между двумя поколениями датчиков в отношении возможностей определения глубины.

Таблица 1

Сравнение характеристик Kinect I и Kinect II

|                       | Kinect I         | Kinect II      |
|-----------------------|------------------|----------------|
| Метод                 | Structured light | Time-of-flight |
| Глубина изображения   | 320 × 240        | 512 × 424      |
| Поле зрения (градусы) | 54 × 43          | 70 × 60        |
| Диапазон (м)          | До 6             | До 4.5         |
| RGB-камера            | 640x480          | 1920x1080      |

Как видно из таблицы, характеристики Kinect II намного лучше, чем у Kinect I. Самая большая заметная разница заключается в более высокой разрешающей способности камеры Kinect II. Увеличение разрешения было впечатляющим, оно достигло разрешения Full HD. Даже поле зрения было значительно увеличено в Kinect II, оно позволяет видеть под углом более 60°.

На рисунке 6 можно увидеть разницу между изображениями, сделанными с помощью Kinect I и Kinect II.

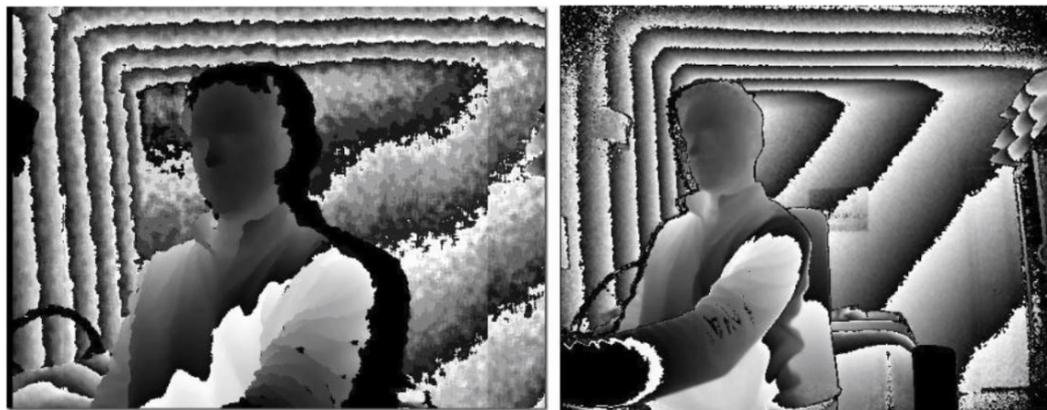


Рисунок 6. Сравнение камер Kinect I и Kinect II.

У Kinect I разрешение цветного изображения 640 x 480 пикселей с углом обзора 62 x 48,6 градуса, что в среднем составляет около 10 x 10 пикселей на градус.

Kinect II имеет разрешение цветного изображения 1920 x 1080 пикселей и угол обзора 84,1 x 53,8, что в среднем составляет около 22 x 20 пикселей на градус.

У Kinect I есть разрешение изображения по глубине 320 x 240 пикселей с разрешением 58,5 x 46,6 градусов, что в среднем составляет около 5 x 5 пикселей на градус.

Kinect II имеет разрешение изображения по глубине 512 x 424 пикселей с разрешением 70,6 x 60 градусов, что в среднем составляет около 7 x 7 пикселей на градус.

Вывод. На основе проведенного обзора методов, используемых в Kinect, можно отметить, что эти методы являются перспективными. Сенсорная технология Kinect II не только превосходит Kinect I, но и улучшает вычислительный аспект, обеспечивая качественные реконструкции в режиме реального времени.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградова Е. С. Метод анализа и обнаружения закономерностей в потоке движущихся объектов / Е. С. Виноградова, Е. Н. Прошкина // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2018. – Т. 6. – № 1 (20). – С. 337-345.

2. Гужов В. И. Методы измерения 3D-профиля объектов: учеб. пособ. / В. И. Гу-

зов // Новосибирск: Изд-во ИГТУ, 2015. – 82 с.

3. Львович Я. Е. Исследование метода трассировки лучей при проектировании беспроводных систем связи / Я. Е. Львович, И. Я. Львович, А. П. Преображенский, С. О. Головинов // Информационные технологии. – 2011. – № 8. – С. 40-42.

4. Львович Я. Е. Исследование метода трассировки лучей для проектирования беспроводных систем связи / Я. Е. Львович, И. Я. Львович, А. П. Преображенский, С. О. Головинов // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2012. – Т. 17. – № 1. – С. 32-35.

5. Потапов А. С. Системы компьютерного зрения: учеб. пособ. / А. С. Потапов // Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2016. – 161 с.

6. Попова Н. А. Решение задачи распознавания лиц с использованием алгоритмов машинного обучения / Н. А. Попова, М. А. Назаров, М. В. Власов // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2018. – Т. 6. – № 1 (20). – С. 408-415.

7. Преображенский Ю. П. Рассеяние радиоволн на сложных объектах / Ю. П. Преображенский // В сборнике: Современные инновации в науке и технике Сборник научных трудов 8-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Ответственный редактор А. А. Горохов. – 2018. – С. 191-194.

8. Степанчук А. П. Особенности управления состоянием технического оборудования / А. П. Степанчук // В сборнике: Молодежь и XXI век – 2018. Материалы VIII Международной молодежной научной конференции. В 5-ти томах. Ответственный редактор А.А. Горохов. – 2018. – С. 189-192.

8. Фу К. Структурные методы в распознавании образов / К. Фу; Пер. с англ.

Н. В. Завалива, С. В. Петрова, Р. Л. Шейника. – М.: Мир, 1977. – 320 с.

9. Шапаев А. В. Алгоритм реконструкции трёхмерных объектов сцены сложной формы по серии цифровых изображений / А. В. Шапаев, Ю. П. Преображенский // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2018. – № 1 (24). – С. 53-56.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF KINECT TECHNOLOGY

© 2018 A. Yu. Smirnov, A. G. Yurochkin

*Voronezh Institute of high technologies (Voronezh, Russia)  
RANIGS under the President of the Russian Federation (Voronezh, Russia)*

*Microsoft Kinect is becoming increasingly popular in many areas. It gets a lot of attention thanks to the fast human posture recognition system. Low cost, reliability and speed of measurement make it the main three-dimensional measuring device in the recognition of spatial objects. This article provides an overview of the methods that are used in Kinect.*

*Key words: Kinect, structured light, depth map, time-of-flight principle.*