

Задача № 2. Игра в прятки

Условие: Всем известна способность волнового излучения «заглядывать за угол». В настоящее время данный эффект использовать сложно, но уже возможно. Рассмотрите существующие технологии или предложите свою инновационную технологию, которая будет способна обнаруживать предметы более чем за одним углом.

Возможность получения изображения не прямой видимости была продемонстрирована с помощью волн радио и видимого диапазонов. В радиодиапазоне, были разработаны системы для создания изображений с низким разрешением сквозь стены [1], для «заглядывания за угол» используют отраженный свет, [2][3]. В основном методы получения изображения не прямой видимости на видимых длинах волн включают в себя использование управляемого источника света для того, чтобы осветить скрытые объекты [4] или предполагают использование зеркальных отражений [5].

В таких случаях, путем использования предварительного знания об окружающей среде, такие как расстояние, до объекта, с помощью многократного отражения света (фотонов) может быть детектирован объект находящийся не в прямой видимости.

Ряд работ посвященной этой тематике используют одинаковый принцип при создании устройств позволяющих с помощью волнового излучения детектировать объекты не в прямой видимости. Принцип работы основан на измерении задержки между временем подачи импульса лазерного света и временем регистрации этого же, но только многократно отраженного от поверхности преград, стен, пола и предметов. Создается приемник, совмещенный с лазерной системой, которая излучает фемтосекундные импульсы. Некоторые отраженные от предметов фотоны регистрируются в приемнике. Затем, используя сложную математическую обработку сигнала и программные алгоритмы, происходит восстановление изображения. Все это становится реальным благодаря корпускулярно-волновой природе света, то есть доставка фотона до скрытого от прямого взора места возможно при условии выполнения отражения света от преград (как частицы) и волновой возможности огибания преград (волновое качество).

В работе [6] говорится о камере, способной заглянуть за угол при помощи импульсов лазерного света (рисунок 1).

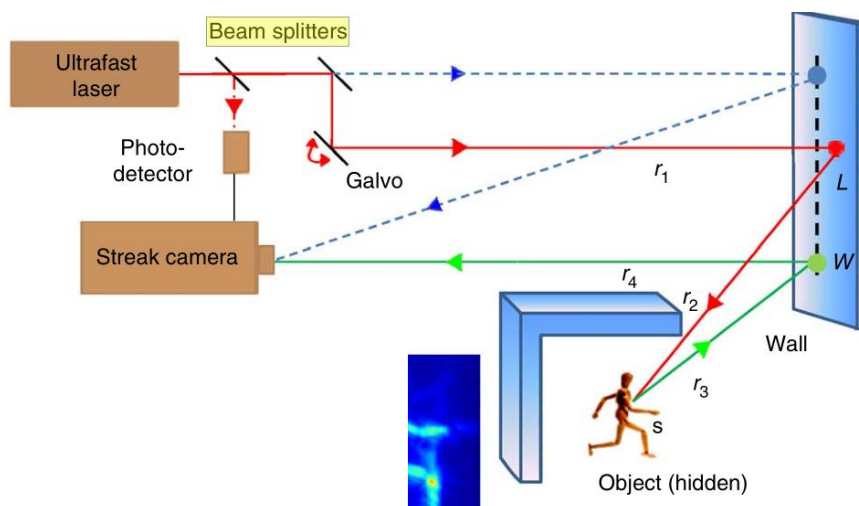


Рисунок 1 – Схема установки для обнаружение объекта

Создавалась серия импульсов направленных на стену, одновременно происходила запись образа сигнала (пунктирная линия). Направление потока фотонов изменялось с помощью зеркальной системы. Алгоритм, используя время задержки поступившего сигнала, мог воссоздать образ.

К сожалению, быстродействие этой системы достаточно невелико и при ее помощи невозможно обнаруживать и отслеживать движущиеся объекты.

Исследователи из университета Хериот-Уотта в Эдинбурге, Шотландия, создали новую камеру, обладающую высоким быстродействием, достаточным для точного определения положения скрытых объектов и отслеживания их движения практически в режиме реального времени (рисунок 2) [7].

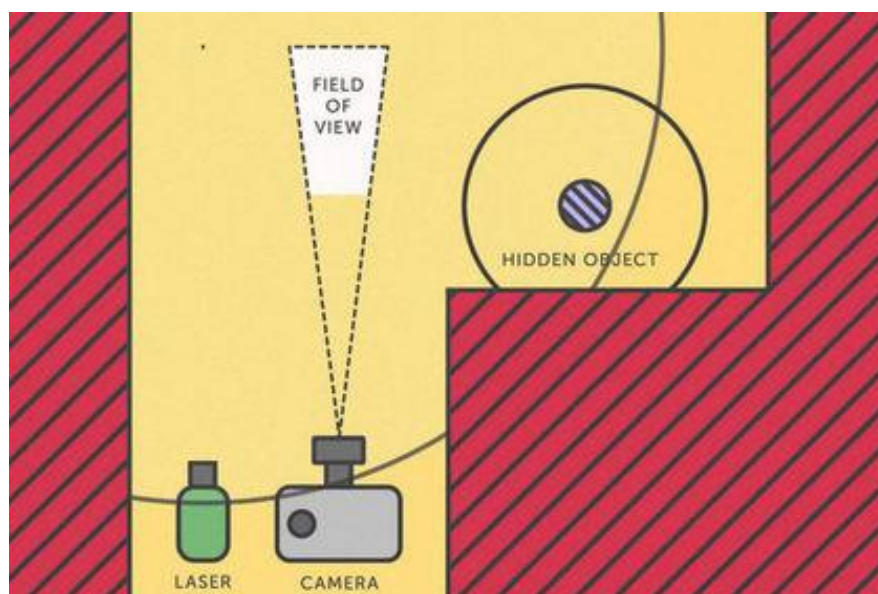


Рисунок 2 – Схема установки для обнаружение объекта за одним углом

Новая камера, как и камеры, созданные другими исследовательскими группами, работает за счет луча лазера, сфокусированного на точке поверхности, откуда отраженный свет может попасть на поверхность скрытых предметов. Однако, использованный в этой камере лазер отличается высоким быстродействием, он может излучать 67 миллионов импульсов света в секунду, а длительность каждого импульса составляет порядка 10 фемтосекунд. Опытная камера имеет высокую чувствительность, что позволяет ей регистрировать даже отдельные фотоны отраженного света, а ее быстродействие позволяет получать один кадр через каждые 50 пикосекунд.

Во время работы камеры лазерный импульс отражается от виртуального зеркала (пола) и рассеивается во всех направлениях. Некоторая часть разбитого луча попадает на скрытый за углом объект, отражается и попадает обратно на пол. Поскольку скорость света — величина постоянная, путем замера времени, прошедшего с начала облучения до получения отражения, положение объекта может быть установлено.

Для измерения используются сверхкороткие лазерные импульсы, — они длятся всего десять фемтосекунд (100000 миллиардных доли секунды), — а каждый пиксель в чувствительной матрице камеры работает по существу как сверхбыстрый секундомер,

который записывает время возвращения рассеянного светового импульса в пределах нескольких сотен миллиардных долей секунды.

Для эффективной работы технология требует, чтобы потоки света от движущихся и неподвижных объектов были разделены, чтобы сигнал от скрытого объекта был отделен от фонового «шума».

Это достигается благодаря тому, что движущийся объект создает сигналы, которые отражаются в виртуальном «зеркале» и изменяются во времени. Следовательно, они могут быть выделены из постоянного фонового сигнала, полученного от стационарных объектов окружающей среды.

Наконец, главное затруднение состоит в том, что замеры времени для рассеянного света прибывают в одну точку виртуального зеркала и фиксируются в одном пикселе детектора, что, не позволяло бы определить уникальное местоположение объекта. Однако данные о времени, приходящие на различные пиксели устройства от объектов, находящихся в движении будут различаться. Благодаря их сравнению можно восстановить «картинку», скрытую от непосредственного наблюдения.

Прототип камеры, использованный в ходе лабораторных экспериментов, позволяет определять объекты, расположенные за углом на расстоянии в несколько сантиметров. Серия снимков также позволяет определить скорость движения скрытых объектов. Сейчас камера способна «видеть» объекты, находящиеся за углом на расстоянии до 60 см. Это значение может быть увеличено в будущем до нескольких десятков метров.

Во время испытаний эта камера смогла четко увидеть контуры 30-сантиметровой фигурки, скрытой за углом. При этом, на получение изображения было потрачено 3 секунды времени, что гораздо меньше времени, требующегося для работы других подобных систем, которым необходимы для этого десятки минут или часы времени. При этом точность определения положения и контуров скрытого объекта составила около 1 сантиметра. Более того, быстродействия камеры было достаточно для того, чтобы отслеживать объект, находящийся за углом на глубине 1 метра и двигающийся со скоростью 2.8 сантиметра в секунду.

К сожалению, эта технология еще не позволяет получить полную трехмерную картину пространства, находящегося за углом или скрытого каким-либо другим препятствием. Необходимо произвести усовершенствование системы, после которых она будет в состоянии видеть качественную трехмерную картинку либо изображение, скрытое за двумя углами.

Усовершенствование установки может привести к реальной возможности рассмотрения объекта скрытого за несколькими преградами. Нами видится несколько направлений «эволюции» установки: повышение быстродействия приемника, уменьшение шумов (ложных фотонов в приемнике) либо замена волны видимого диапазона другим типом волн.

Для уменьшения шумов можно использовать линейный поляризатор (например, призму Глана) на выходе можно получить поток фотонов с требуемой поляризацией (принцип квантового шифрования). Отправив некую последовательность поляризованного света при приеме отраженного света возможно будет выделить только фотоны отправленные из нашего источника. Либо вовсе поменять стратегию, но не менять суть задачи, т. е. видеть все также не сквозь преграды, а огибая и отражаясь: использовать инфразвуковое излучение, как пользуются этим летучие мыши. Инфразвук гораздо дальше распространяется в воздухе, поскольку поглощение инфразвука атмосферой

незначительно; благодаря большой длине волны для инфразвука характерно явление дифракции с большим дифракционным углом, вследствие чего он легко проникает в помещения и огибает преграды, задерживающие слышимые звуки. Однако, значительно пострадают временные характеристики получения информации (скорость света и скорость звука имеют огромную количественную разницу) и необходим будет принципиально другой приемник.

Источники

1 T. Ralston, G. Charvat, and J. Peabody, “Real-time through-wall imaging using an ultrawideband multiple-input multiple-output (MIMO) phased array radar system,” in Proceedings of IEEE International Symposium on Phased Array Systems and Technology (IEEE, 2010), pp. 551–558.

2 B. Chakraborty, Y. Li, J. Zhang, T. Trueblood, A. Papandreou-Suppappola, and D. Morrell, “Multipath exploitation with adaptive waveform design for tracking in urban terrain,” in Proceedings of IEEE International Conference on Acoustics Speech and Signal Processing (IEEE, 2010), pp. 3894–3897.

3 A. Sume, M. Gustafsson, M. Herberthson, A. Janis, S. Nilsson, J. Rahm, and A. Orbom, “Radar Detection of Moving Targets Behind Corners,” IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 49, 2259–2267 (2011).

4 P. Sen, B. Chen, G. Garg, S. R. Marschner, M. Horowitz, M. Levoy, and H. P. A. Lensch, “Dual Photography,” ACM Trans. Graph. 24, 745–755 (2005)

5 Repasi, P. Lutzmann, O. Steinvall, M. Elmqvist, B. Ghler, and G. Anstett, “Advanced short-wavelength infrared range-gated imaging for ground applications in monostatic and bistatic configurations,” Appl. Opt. 48, 5956–5969 (2009).

6 Andreas Velten, Thomas Willwacher, Octakrist Gupta, Recovering three-dimensional shape around a corner using ultrafast time-of-flight imaging / nature communication 2011

7 Genevieve Gariepy, Francesco Tonolini, Robert Henderson Detection and tracking of moving objects hidden from view, Nature Photonics 10, 23–26 (2016)