

Игра в прятки

Задача обнаружения скрытых предметов в той или иной форме встречается в разных областях человеческой деятельности. Условия, в которых приходится искать и/или определять местоположение объектов различны, они могут помочь или помешать реализовать ту или иную идею.

Выявление объектов с помощью волнового излучения можно разделить на два этапа – это излучение (выбор способа, анализ территории, выбор типа излучения и его параметров) и приём (регистрируемый параметр, анализ полученного сигнала).

Прежде, чем перейти непосредственно к методам обнаружения с использованием свойств волн, заострим внимание на некоторых очевидных способах выявления, которые напрасно могут остаться без рассмотрения в конкретной задаче. Это обходные пути, и порой их реализовать на практике значительно проще. Они отражают простую идею: «Взять да посмотреть».

- «Регистратор». Приёмник попросту заранее устанавливается так, чтобы объект находился в прямой видимости. Он же передаёт информацию об объекте туда, где её необходимо получить. Реализацию этой идеи мы встречаем повсюду – это системы видеонаблюдения и охранные системы, реагирующие на движение, затемнение, обрыв провода и другие. «Регистратор» поможет в том случае, если заранее известно, где может находиться объект, и есть возможность установить оборудование.
- Наблюдение со стороны – использование сторонних приборов (или даже людей), для которых нужная область пространства находится в прямой видимости. Один из примеров – спутниковое наблюдение открытой местности.

Какие же свойства волн могут помочь «посмотреть за угол»?

Дифракция – если препятствия достаточно велики, то механические волны низких частот могут «завернуть» за угол. Но для того, чтобы действительно обнаружить объект – получить от него отклик в исходной точке – скорее придётся искать не нужную волну для набора препятствий, а нужную форму препятствий для волны. Поэтому дифракция оказывается практически неприменимой к задачам такого рода.

Отражение – позволяет обнаружить предметы, если это позволяет окружающая обстановка.

Прозрачность, поглощение и отражение (или рассеивание) различными материалами – позволяет отличить один материал от другого и различить объекты, в том числе искомый объект от препятствия.

Отражение от препятствия

Существует ряд частных случаев, когда обстановка позволяет использовать отражение волн от препятствий. Некоторые из них изображены на рис. 1–2, между "сканером" и объектом - более одного угла.

Случай, похожий на {1} подробно описан в [1]. Если источник/приёмник находится за двумя углами, а не одним, то такой способ становится требовательнее к окружающей обстановке, но всё же может быть применим.

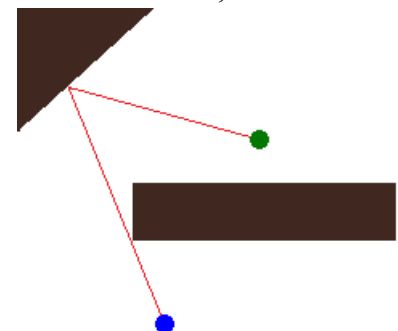


Рис. 1. Случай {1}. Синяя и зелёная точка – радар и объект; путь луча – красная линия

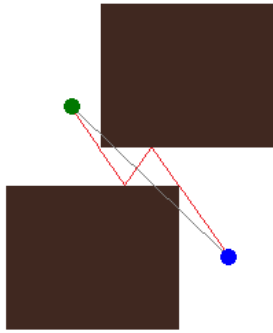


Рис. 2. Случай {2} – двойное отражение. Серая линия – прямая, соединяющая объект и приёмник

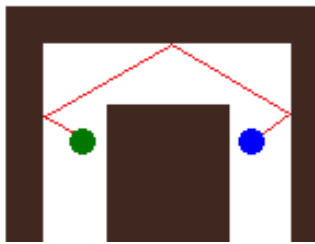


Рис. 3. Случай {3} – тройное отражение.

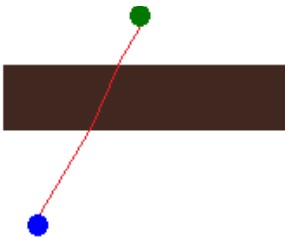


Рис. 4. Случай {1a} – подбор длины волны. При анализе результатов нужно учитывать преломление волны.

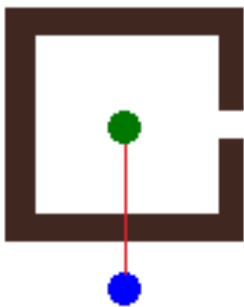


Рис. 5. Случай {4} – подбор длины волны.

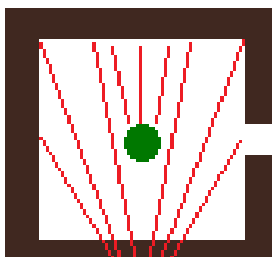


Рис. 6. Случай {5} – затемнение объектом.

Возможное решение для случая {2}, изображено на рис. 2. В данной задаче удобно использовать механические колебания (ультразвук/гиперзвук), если препятствия достаточно хорошо их отражают. Основная проблема (при соблюдении условия хорошего отражения) – получение узконаправленного луча, который сможет преодолеть расстояние между объектами, пятикратно при этом отразившись (от препятствий и объекта). Для этого придётся соблюдать баланс между низкими и высокими частотами, поскольку высокочастотный ультразвук затухает значительно быстрее, а низкочастотный сложнее получить в виде луча из-за дифракции на выходе излучателя. Случай {3} требует ещё большее количество отражений.

Прозрачность + отражение

Представим себе, что интересующие нас объекты располагаются за несколькими препятствиями, и эти препятствия... прозрачны. Может ли тут возникнуть вопрос, как обнаружить за ними объекты?

Непрозрачные для видимого света объекты могут быть прозрачными для других диапазонов электромагнитного излучения. Если искомые объекты отражают ту длину волны, которую пропускает препятствие, то для их поиска можно использовать этот диапазон излучения. Волна в данном случае просто проходит сквозь них. При этом помехой будет слишком большая толщина препятствия, но никак не количество углов, поскольку они и вовсе не огибаются излучением.

Случай {1a} (рис. 3) похож на {1}, но окружение не позволяет использовать отражение от других объектов. Если на какой-либо длине *электромагнитной* волны «стена» полупрозрачна, а объект – рассеивающий, то здесь применим способ «прозрачность-отражение».

Ещё одно место, где удобно применять данный метод – это помещения {4}. Играет на руку то, что толщина стен невелика.

Что же касается использования механических волн, случай, когда препятствие непрозрачно для видимого света, но не отражает и не поглощает звук из воздуха, вряд ли когда-нибудь потребует на практике.

Внешний источник

До сих пор рассматривались варианты решения, где источник волнового излучения находится в том же месте, где и его приёмник. Однако волну, для которой препятствия прозрачны или полупрозрачны, может давать сторонний источник. Примерно так человек видит объекты – рассеивающие свет, через прозрачный воздух. А если источник излучения находится позади объекта (относительно приёмника), то обнаружить можно не только те объекты, которые хорошо отражают излучение, но и те, которые хорошо поглощают его.

Примерно так человек видит объекты – рассеивающие свет, через прозрачный воздух. А если источник излучения находится позади объекта (относительно приёмника), то обнаружить можно не только те объекты, которые хорошо отражают излучение, но и те, которые хорошо поглощают его.

Подобная идея реализована в [4]. В данном случае используется пассивный радар, принимающий излучение Wi-Fi (микроволновый диапазон) для обнаружения людей, находящихся за стенами. Как сигнал в данном случае используется изменение частоты Wi-Fi в пределах нескольких десятков герц, происходящее из-за эффекта Доплера, поскольку человек – постоянно движущийся объект.

Вторичный внешний источник

Если искомый поглощающий объект окружён отражающими или полупрозрачными, для его обнаружения можно «осветить» задние относительно приёмника предметы и поймать отражённый сигнал. Непрозрачный объект будет «затенять» отражённые от препятствий волны (Рис. 5). В этом случае, как и в предыдущем, необходимо принимать излучение узконаправленно.

Вообще, универсальным способом "сканирования" будет комплексное обследование всеми вышеперечисленными типами излучений. За пределами углов ставится излучатели ультразвукового, радиоволнового, ИК, УФ, а при необходимости – рентгеновского излучений. Перед углами устанавливаются детекторы на каждый вид излучения. Поскольку ни одно излучение не универсально, получится несколько изображений, при суммировании которых можно будет судить не только о наличии предметов и их очертаниях, но и даже об их материале. Сложность – необходим источник однородного направленного излучения, расположенный на одной линии с углами и детектором.

Приём и расшифровка результатов

Приёмник выглядит по-разному для разных способов обнаружения. В простейшем случае он единичен (фотодиод/фильтр, колебательный контур для низкочастотных электромагнитных колебаний, микрофон/фильтр для звука), что, вероятно, будет достаточно для случаев с отражением.

Но конструкция приёмника значительно усложняется, если используется внешний источник излучения или прозрачность препятствий. Приходится сооружать аналог "фотоаппарата", который просто реализовать лишь для электромагнитного излучения вблизи видимой области спектра (ИК, УФ, рентгеновское излучение – все они детектируются полупроводниковой матрицей, либо через промежуточный люминофор), и трудно – для низкочастотного, а также звука. Низкочастотное электромагнитное излучение принимают с помощью направленной приёмной антенны – антенны, экранированной корпусом, что реализовано, например, в [4].

Если искомый объект заведомо движущийся, то для его выявления можно использовать эффект Доплера – способ, нередко встречающийся на практике для обнаружения и измерения скорости объекта – в космонавтике, медицине, охранных системах. Его преимущество в простоте обнаружения и расшифровки – требуется лишь найти отклонение от текущей частоты, и не требуется сопоставления с фоном, если нужно обнаружить существование объекта, но не местоположение. Впрочем, при направленном приёме и он пригоден для определения позиции. Метод обнаружения, основанный на эффекте Доплера требует жёстко фиксированной частоты источника излучения, да и «фон» должен быть неподвижным, как и приёмник, что тоже не всегда легко реализуется.

Возможно видоизменение методики съёмки при использовании электромагнитного излучения периодически нарастающей и изменяющейся частоты, или же несущей

частоты, модулированной программно задаваемыми последовательностями импульсов. В этом случае определение расстояния сводится к измерению задержки от момента подачи сигнала излучателем до поступления сигнала на детектор, жёстко синхронизированный по времени с источником. Приёмник-детектор представляет собой антенну, сканирующую узкую область пространства (благодаря двум боковым экранам) и вращающуюся вокруг своей оси. На выходе имеется зависимость интенсивности и частоты несущей волны от угла поворота.

Комбинирование методов излучения/приёма позволит расширить спектр возможностей волнового излучения для обнаружения объектов за несколькими углами.

Литература

1. Biyeun M. Buczyk. Imaging Around Corners With Ultrasound. *MIT, Dept. of Physics*.
2. Magnus Gustafsson. Positioning of objects behind corners using x-band radar, *Swedish Defence Research Agency*.
3. [Postprint] Sume, A., Gustafsson, M.; Herberthson, M.; Janis, A.; Nilsson, S.; Rahm, J.; Orbom, A. Radar Detection of Moving Targets Behind Corners. *Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 49, Iss. 6, pp. 2259 – 2267.
4. Guo, H., Woodbridge, K., Baker C. Target detection in high clutter using passive bistatic WiFi radar. *Radar Conference, 2009 IEEE*.