

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАБОТЫ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

Системы технического зрения сегодня — это одно из наиболее перспективных и динамично развивающихся направлений автоматизации на производстве. С такой электронной помощью, стало возможным переложить тяжелую ношу контроля качества продукта с человеческих плеч на плечи вычислительных устройств. Не трудно догадаться, что это неизбежно приведет к снижению издержек и росту качества продукта.

Сфера технического зрения в России относительно молодая (порядка десяти лет), поэтому большинство методов и применений данной технологии находится на стадии фундаментальных исследований. Однако это не мешает использовать все преимущества технического зрения уже сегодня. Такие системы редко создаются универсальными. Сейчас назначение этих разработок — решение конкретных задач, которые часто работают в связке с другими устройствами на линии, такими как устройства транспортировки, механической обработки.

Типовая система технического зрения состоит из нескольких устройств, а конкретная конфигурация (быстродействие, программные методы) определяются, исключительно исходя из условий поставленной задачи.

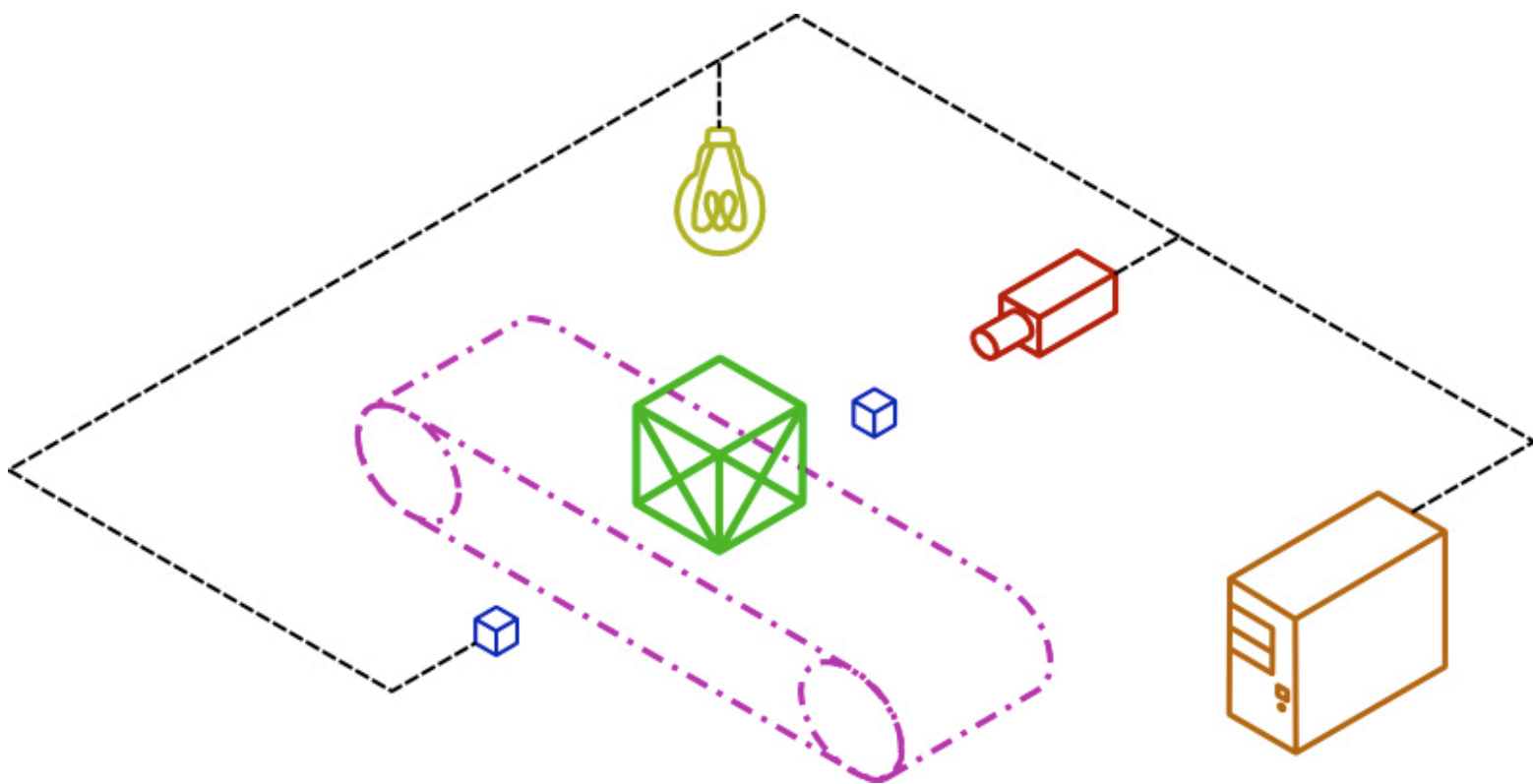


Рисунок 1: Типовая схема конфигурации

Стандартную конфигурацию системы технического зрения (рис.1) обычно составляют: **объект исследования (продукт), транспортная система, устройство позиционирования, одна или несколько видеокамер для съемки объекта, система освещения объекта, вычислительная единица.**

**Объектом исследования**, в зависимости от условий технической задачи, может являться как сам продукт или деталь в целом, так и наличие на нем определенного вида метки (например, контроль наличия акцизной марки на бутылке). Целью исследования могут быть как геометрические параметры инспектируемого изделия, так и его качественные характеристики (пыль, грязь, царапины, трещины и др.).

Цель **транспортной системы** — передвигать объекты через точки съемки и другие компоненты линии. Скорость движения объектов выбирается, исходя из необходимой производительности линии, а также технических возможностей оптической и электронной частей системы технического зрения. Если выбрать слишком высокую скорость транспортирования, вычислительная система может не успевать обрабатывать получаемую от камер информацию, либо камеры не будут предоставлять её в полном объеме. Используемые транспортеры могут быть ленточными, карусельными и др.

**Устройство позиционирования** служит для обнаружения объекта в зоне съемки камеры. В некоторых задачах к ним предъявляются высокие требования по точности, когда смещение объекта в кадре нежелательно, так как может негативно сказаться на результатах. Стандартно это оптический датчик, состоящий из передатчика (полупроводниковый лазер), приемника (фотоэлемента) в одном блоке и зеркала, отражающего сигнал, в другом. Для каждого места съемки, а также для точки отбраковки часто бывают необходимы отдельные датчики. Тип датчика может варьироваться в зависимости от материала объекта: некоторые датчики некорректно работают с прозрачными объектами (стеклом), а также имеют разные параметры мощности и, как следствие, расстояния между приемопередатчиком и отражателем.

**Видеокамеры для съемки объекта** — самая важная часть системы технического зрения. При прохождении объекта мимо зоны съемки по сигналу с датчика позиции производится фотографирование в течение времени экспозиции, которое может быть разным и зависит от освещенности объекта, скорости его движения, а также возможностей камеры. Полученная фотография передается в вычислительное устройство для обработки и последующей выдачи результата.

Среди важных параметров камер следует отметить:

1. **Разрешение получаемых изображений (в Мегапикселях).** Более высокое разрешение положительно влияет на точность результатов (на более детальных фотографиях различимы мелкие детали), однако, негативно влияет на скорость передачи от камеры до вычислителя, а также на быстроту обработки изображения (чем больше информации вычислительной системе необходимо обработать «за раз», тем дольше этот процесс длится). Также для камер большого разрешения требуется большее количество света, либо более длительное время экспозиции, что тоже необходимо учитывать, т.к. при слишком быстром движении объекта и длительном времени экспозиции фотография получится смазанная.

2. **Максимальная скорость съемки (в кадрах в секунду).** В случае необходимости в росте производительности линии скорость движения объектов на транспортёре также растет. Для таких систем необходимы камеры с высоким быстродействием (150-600 кадров в секунду). В случае передачи кадра большого разрешения за короткое время может не хватить величины пропускного канала связи с вычислительным ядром. В этих ситуациях необходимо промежуточное устройство (фреймграббер), которое накапливает кадры внутри себя, что позволяет увеличить пропускную способность канала.

3. **Объектив, используемый с камерой.** Выбор объектива напрямую зависит от размеров объекта, а также от размеров исследуемой области. Большинство современных камер позволяют менять объективы, используя резьбовое соединение (C-mount). Объектив характеризуется фокусным расстоянием, которое определяет угол зрения, а также минимальным диафрагменным числом, для достижения оптимального баланса между глубиной резкости и освещенностью.

4. **Интерфейс передачи информации.** Большинству камер хватает пропускной способности Gigabit Ethernet, который с успехом используется и способен пропускать до 1000Мбит информации в секунду (120 Мегабайт или 120 Мегапикселей в случае 8-битной цветности). Например, для чернобелой (8 бит) камеры Dalsa GENIE HM640 с разрешением 640x480, что соответствует 0,3 Мегапикселям, пропускной способности такого канала хватит при самом оптимистичном раскладе на 400 кадров в секунду. Производитель ограничил скорость съемки данной камеры 300 кадрами. Если аналогичная камера имеет разрешение, к примеру, Full HD 1920x1080, что соответствует 2 Мегапикселям, то максимум Gigabit Ethernet в этом случае 60 кадров в секунду. Для передачи с такой камеры 400 кадров в секунду необходим канал с пропускной способностью 6400 Мбита в секунду (800 Мегабайт в секунду). В данном случае необходим фреймграббер, который представляет собой, обычно, плату вставляемую в «быстрый» разъем компьютера, например PCI Express. К тому же высокая скорость накладывает определенные ограничения на длину проводов связи.

**Система освещения объекта.** Под конкретную задачу, необходимы определенные методы освещения зоны интереса. Обычно используются сверхмощные светодиоды в импульсном режиме с возможностью регулирования яркости свечения. Большую роль играют направление и плотность светового потока (сфокусированный и рассеянный). При необходимости используются совместно с разными отражателями (зеркальный, белый, матовый). В случае контроля, например, неоднородностей в стекле (свиль) может использоваться линейчатый осветитель, размещенный за стеклянным объектом инспекции, в котором чередуются цвета полос. В местах свили цветные полосы будут изменять направление.

**Вычислительная единица** представляет собой компьютер либо контроллер (DSP), способный производить математические вычисления на основе полученных с камер снимков. Фотографии объекта поступают по каналам связи в программное обеспечение, которое производит обработку и анализ полученных данных. Программа на выход выдает результат своей деятельности — это может быть как положительный/отрицательный ответ («да/нет») на какой-либо вопрос (например, есть ли на бутылке акцизная марка) либо какие-то численные значения (размеры объекта, размеры сколов, царапин и т.п.). Вычислительная единица характеризуется быстродействием. Время, за которое система производит вычисления, может варьироваться в нешироких пределах. При высокой нагрузке (сложный расчет, большое количество камер, снимки высокого разрешения) для достижения необходимой производительности могут потребоваться вычислительные единицы более высокого быстродействия, поэтому выбор комплектующих должен производиться с таким расчетом.

Рассмотрим процесс анализа одного **объекта**:

**Объект** поступает через **транспортную систему** на вход установки. По достижению им положения, за которым следит **датчик позиции**, происходит подача сигналов на соответствующие **камеры**, а также **систему подсветки**. Происходит съемка **объекта камерой**, так называемое экспонирование. Длится этот процесс в течение определенного времени (времени экспонирования), за которое матрица **камеры** накапливает заряд (свет). От длительности зависит, насколько светлым будет выглядеть **объект**. После завершения экспозиции полученные данные передаются по каналам связи в **вычислительную аппаратуру**.

Следующим шагом является обработка кадра, которая содержит в себе несколько промежуточных шагов:

- Фильтрация данных: совокупность этих операций можно назвать упрощением изображения. На этом этапе к кадру применяются низкоуровневые процедуры обработки данных с целью отсека ненужной информации (например, монохромизация, удаление шума, выделение краев).
- Затем выполняются операции по поиску дефектов, размеров и других признаков. Данные методы часто являются высоко ресурсозатратными, и на их обработку требуется довольно много времени (миллисекунды).
- Затем **вычислительный центр** выдает исполнительным устройствам результаты измерений, а они, в свою очередь, выполняют операции по разбраковке, оповещению и т.д.