

УДК 004.31

ПОСТРОЕНИЕ КАРТЫ ГЛУБИНЫ ДЛЯ СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Прошкин Н. А. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – к.т.н. Кустарев П. В. (Университет ИТМО)

В докладе рассматривается реализация алгоритма построения карты глубины Semi-Global Matching для системы 3D-зрения реального времени на платформе Xilinx Zynq-7000.

Введение. Одной из важнейших частей беспилотных летательных аппаратов, систем автоматического вождения и других роботизированных комплексов, которые в последнее время бурно развиваются, является система ориентации в пространстве, одной из задач которой является определение расстояния до окружающих объектов с минимальной задержкой с целью корректного управления и избегания столкновений. Другими словами, речь идет о расчете карты глубины в реальном времени. На текущий момент существует несколько распространенных вариантов решения этой задачи, например с использованием радаров и датчиков LiDAR. В данной работе предлагается использовать устройство из двух камер, по изображениям с которых (стереопаре), используя эффект параллакса, возможно определить расстояние до объекта. Основная сложность этого решения заключается в поиске соответствующих пикселей между двумя изображениями. В докладе рассматривается реализация одного из таких алгоритмов - Semi-Global Matching - для систем реального времени на платформе Xilinx Zynq-7000. Эта система на кристалле была выбрана потому, что она совмещает в себе программируемую логику и процессорные ядра ARM. Аппаратная реализация процесса построения карты глубины позволит гарантировать работу в реальном времени, а использование программных решений, таких как операционные системы и драйверы для передачи данных по сети или управления устройствами, значительно упростит разработку не критичных по времени выполнения частей системы.

Основная часть. Существует большое число алгоритмов для поиска соответствующих пикселей на стереоизображениях. Все они заключаются в оптимизации функции, заданной на некоторой области пикселей. В зависимости от параметров этой области выделяют локальные и глобальные алгоритмы [1]. Однако все они плохо подходят для применения в системах реального времени: первые не обеспечивают удовлетворительную точность, а вторые слишком сложны алгоритмически. Компромиссным вариантом является алгоритм Semi-Global Matching, добавляющий к локальному алгоритму оптимизации по нескольким направлениям относительно пикселя, что вынуждает использовать динамическое программирование [2], а вместе с тем усложняет реализацию и накладывает высокие требования на подсистему памяти, что требует проработанной архитектуры для решения на базе ПЛИС для возможности его использования в режиме реального времени. Таким образом главными задачами работы являются:

- Обоснование выбора алгоритма SGM для построения карты глубины с учетом возможности его аппаратной реализации.
- Адаптация алгоритма для реализации на ПЛИС. Кроме решения, предложенного в исследовании [2], существует множество вариантов алгоритма, из которых нужно выбрать подходящий с учетом ограничений целевой платформы. Например, существует несколько вариаций первого шага алгоритма - расчета стоимости пикселей. Подходы отличаются друг от друга, например, по сложности, устойчивости к отличиям в освещенности и т. д. [3].
- Проектирование архитектуры блока для ПЛИС. Основная сложность при реализации SGM - требуется сохранять и читать из памяти большое число данных каждый раз при начале обработки очередного пикселя. Для решения такой задачи в ПЛИС имеется встроенная память BRAM, которая обладает высокой скоростью обмена и которую

легко использовать в собственных проектах, но ее объем сильно ограничен. Необходимо разработать такой процесс обработки видеопотока, при котором будет соблюден баланс между размером буферов и шириной шин к ним, числом параллельно выполняемых операций, а значит используемых ресурсов, с одной стороны и временем обработки одного пикселя с другой.

- Организация тестирования разработанного блока с использованием программно-аппаратной интеграции. Благодаря особенностям СнК Zynq можно будет без использования дополнительных внешних интерфейсов применять для тестирования блока традиционные для алгоритмов построения карты глубины бенчмарки.

Работа выполнялась в следующей последовательности:

- Спроектирована архитектура блока для системы на базе ПЛИС, использующего алгоритм SGM для получения карты глубины с возможностью работы в реальном времени.
- Блок был реализован на языке Verilog.
- Проведена отладка блока на плате TE0726-03M, для чего была подготовлена система на основе IP блоков.
- Проведено тестирование точности работы реализованного блока с применением известного бенчмарка Middlebury. Точность блока оказалась сравнимой с существующими программными реализациями SGM с учетом ограничений выбранной платформы.

Выводы. В ходе работы была выполнена задача по реализации блока для системы 3D-зрения реального времени, использующего алгоритм SGM для построения карты глубины. Тестирование показало, что точность реализации сопоставима с существующими решениями. Имеются широкие возможности для дальнейшего развития разработанного блока и улучшения его точности. Например, использование ПЛИС с большим числом ресурсов или адаптация системы для использования, кроме BRAM, также памяти DDR, установленной на плате, позволит обрабатывать изображения с большим разрешением. Для увеличения точности возможно включить в обработку видеопотока дополнительные шаги постобработки, предложенные в исследовании [2], например Left-Right check.

Кроме того, имеется возможность после небольшой доработки адаптировать плату для работы с двумя закрепленными на единой базе камерами, что будет сделано в дальнейшем и позволит протестировать блок с реальным источником видеоданных.

Список использованных источников:

1. Клетте Р. Компьютерное зрение – Москва.: ДМК Пресс, 2019. – 508 с.
2. Hirschmüller H. Stereo Processing by Semiglobal Matching and Mutual Information // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2008. – vol. 30, no. 2 – С. 328-341.
3. Hirschmüller H., Scharstein D. Evaluation of Cost Functions for Stereo Matching // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2007. – С. 1-8.

Прошкин Н. А. (автор)

Кустарев П. В. (научный руководитель)