

Rekonstrukcja obrazu z sygnału rzadkiego

Karol Olko

7 stycznia 2014

Abstrakt

Niniejszy raport stanowi opis pracy nad implementacją algorytmu rekonstrukcji obrazu rzadkiego na karcie graficznej, z wykorzystaniem biblioteki OpenCL. Projekt opiera się na osiągnięciach grupy badawczej uniwersytetu RICE, twórców tzw. jednopikselowej kamery [1]. Zasympulowano jej działanie w sposób software'owy oraz przy wykorzystaniu kamery. W ramach pracy zaimplementowano algorytm odtwarzania obrazu, wykorzystujący wyłącznie procesor CPU, kartę graficzną oraz rozwiązanie hybrydowe, które porównano ze względu na czas obliczeń. Implementację poprzedziły rozległe badania literaturowe.

Spis treści

1	Wstęp	3
1.1	Wprowadzenie	3
1.2	Cele i założenia projektu	3
1.3	Zarys proponowanego rozwiązania	3
2	Analiza złożoności i estymacja zapotrzebowania na zasoby	5
2.1	Sprzęt uruchomieniowy	5
2.2	Oszacowanie zasobów pamięciowych	5
2.3	Złożoność obliczeniowa algorytmu	5
3	Symulacja i testowanie	6
3.1	Modelowanie i symulacja	6
3.2	Testowanie i weryfikacja	6
3.2.1	Walidacja	6
3.2.2	Wydajność	6
4	Rezultaty i wnioski	7
5	Podsumowanie	8

1 Wstęp

1.1 Wprowadzenie

Kierunek badań odtwarzania sygnału rzadkiego (ang. **CS** – *Compressed Sensing*) jest stosunkowo nową i bardzo ciekawą gałęzią badań w dziedzinie przetwarzania sygnałów cyfrowych (ang. **DSP** – *Digital Signal Processing*). Próbuje on znaleźć odpowiedź na pytanie: jak najrzadziej mierzyć sygnał wejściowy, by móc go skutecznie odtworzyć? Takie podejście różni się od głównego nurtu DSP, próbującego sygnał powyżej częstotliwości Nyquista, co dla szybkozmiennych sygnałów jest bardzo kosztowne. CS pozwala znacząco ograniczyć liczbę wykonanych pomiarów, jest więc szalenie korzystny w sytuacjach, w których wykonanie pomiarów jest drogie (np. kamery pracujące w niewidzialnych pasmach częstotliwościowych), uciążliwe lub niebezpieczne (aparatura medyczna – MRI, Tomografia komputerowa)[Źródło] lub gdy trudno zapewnić transmisję o dużej przepustowości.

Problem odtwarzania sygnału rzadkiego sprowadza się do rozwiązania nieoznaczonego układu liniowego. Posiadając niepełną liczbę m pomiarów i macierz pomiarową o rozmiarze $m \times n$, należy znaleźć to rozwiązanie równania (należące do nieskończonej rodziny rozwiązań, posiadających $m-n$ stopni swobody), które najlepiej odtwarza sygnał wejściowy. Okazuje się, że często rozwiązaniem bliskim optymalnemu jest sygnał najbardziej rzadki, tzn. posiadający największą liczbę zerowych współczynników. W ostatnich latach przygotowano szereg metod, różniących się złożonością obliczeniową i konieczną liczbą pomiarów. W gruncie rzeczy wszystkie sprowadzają się jednak do rozwiązania równań Newtona. [Tu opisać L2, L1, L0, Indyk – falki, MRI – Fourier].

Poniższy raport składa się z sześciu rozdziałów. Po wstępie następuje rozdział poświęcony złożoności czasowej i pamięciowej postawionego problemu. Rozdział trzeci przedstawia koncepcję jego rozwiązania, a czwarty - procedury testowe. Rozdziały 5 i 6 opisują odpowiednio wyniki przeprowadzonych eksperymentów oraz podsumowanie. Szczegółowy opis zadania znajduje się w załączniku.

1.2 Cele i założenia projektu

Głównym celem projektu była implementacja wybranego algorytmu odtwarzania sygnału rzadkiego, wykorzystując do obliczeń kartę graficzną. Zadaniem dodatkowym była symulacja jednopikselowej kamery, wykorzystując kamerę firmy Jai, dostępną w sali laboratoryjnej. Projekt miał umożliwić znaczne przyspieszenie istniejących rozwiązań, opartych głównie o skrypty środowiska Matlab/Simulink, a także umożliwić odtwarzanie obrazów o większej skali (docelowo obraz w pełnej rozdzielczości kamery, czyli 2560×2048 pikseli). Z uwagi na przyjęty sposób generowania pomiarów oraz przede wszystkim - konieczność przechowywania macierzy pomiarowej w pamięci, okazało się to kompletnie nierealne.

1.3 Zarys proponowanego rozwiązania

Projekt rozpoczęto od rozległych badań literaturowych. Oprócz zrozumienia zagadnienia, próbowano rozeznąć się w dostępnych metodach, a w szczególności – ich potencjalnej wydajności

mplementuje algorytm TQVC[Link]. Jest on atrakcyjny ze względu na stosunkową łatwość w implementacji, jak i wysoką skuteczność. Funkcją celu, minimalizowaną w tej metodzie jest totalna wariancja (ang. **TV** – *Total Variation*). Jej istota polega na założeniu, że *gradient* zdjęcia jest rzadki.

2 Analiza złożoności i estymacja zapotrzebowania na zasoby

2.1 Sprzęt uruchomieniowy

2.2 Oszacowanie zasobów pamięciowych

2.3 Złożoność obliczeniowa algorytmu

3 Symulacja i testowanie

3.1 Modelowanie i symulacja

3.2 Testowanie i weryfikacja

3.2.1 Walidacja

3.2.2 Wydajność

4 **Rezultaty i wnioski**

Ok

5 Podsumowanie

Spis rysunków

Literatura

[1] Strona internetowa projektu single pixel camera. <http://dsp.rice.edu/cscamera>, 2014.