

INTISARI

IMPLEMENTASI ALGORITME PERKIRAAN ORIENTASI *MADGWICK* DENGAN SENSOR MAGNETIK, KECEPATAN SUDUT, DAN PERCEPATAN PADA FPGA

Oleh

Pratikto Sulthoni Hidayat

13/349525/PA/15512

Algoritme perkiraan orientasi adalah algoritme yang kompleks dan ekstensif. Algoritme tersebut banyak digunakan pada *Attitude and Heading Reference Systems* (AHRS). Masalah akan muncul ketika algoritme ini diimplementasikan pada prosesor utama, karena akan terbebani oleh algoritme tersebut sehingga menghambat pekerjaan lain prosesor utama. Penelitian ini menawarkan solusi berupa koprosesor AHRS dengan algoritme *Madgwick* yang parameter masukannya bersumber dari sensor magnet, kecepatan sudut, dan gravitasi (MARG) atau *Inertial measurement Unit* (IMU) 3-sumbu. Dengan menugaskan pengerjaan algoritme ke koprosesor, performa sistem akan meningkat.

Penelitian ini menggunakan Zynq SOC yang terdiri dari *processing system* (prosesor ARM) dan *programmable logic* (FPGA). Prosesor diimplementasikan pada *system processing* sedangkan koprosesor diimplementasikan pada *logic programmer*. Prosesor bertugas mengirim data rekaman hasil pengukuran sensor MARG dan meminta koprosesor untuk mengirim hasil perhitungan algoritme *Madgwick*. Koprosesor dirancang dengan metode *High Level Synthesis* (HLS).

Koprosesor diuji dalam tiga aspek yaitu: sumber daya yang digunakan, akurasi dan waktu latensi. Hasil pengujian menunjukkan sistem ini memiliki latensi sebesar $4,11 - 11,55\mu s$ pada frekuensi *clock* 100 MHz. Penggunaan sumber daya FPGA berupa 8 BRAM_18K, 33 DSP48E, 9.467 flip-flop, dan 15.001 LUT. Pengujian akurasi menunjukkan bahwa koprosesor memiliki keakuratan yang tinggi dengan nilai $RMSE[\dot{q}] = 0.68$ dan $RMSE[\dot{\epsilon}] = 0.1785^\circ$.

Kata kunci— FPGA, algoritme perkiraan orientasi, Madgwick, IMU, MARG

ABSTRACT

IMPLEMENTATION OF MADGWICK ORIENTATION ESTIMATION ALGORITHM USING MAGNETIC, ANGULAR RATE, AND GRAVITY SENSOR IN FPGA

By

Pratikto Sulthoni Hidayat

13/349525/PA/15512

Orientation estimation algorithm is complex and extensive algorithm. It is used for many Attitude and Heading Reference Systems (AHRS) applications such as in smartphone, UAV, robotic, and gaming console. The problem arises when implementing orientation estimation algorithm in primary processor. Orientation estimation algorithm will overload primary processor therefore it will be interfering another task that should be executed by primary processor. In this project, we proposed an AHRS coprocessor from tri-axis magnetik, angular rate, and gravity (MARG) or Inertia Measurement Unit (IMU) sensor using Madgwick's AHRS sensor fusi algorithm. This coprocessor is implemented in FPGA. By relieving processor-intensive tasks from the primary processor, coprocessors can accelerate system performance.

This research uses Zynq SOC which consists of system processing (ARM processor) and logic programmer (FPGA). The main processor is implemented on the ARM processor while the coprocessor is implemented on the FPGA. The main processor task is sending synthetic data of MARG sensor measurement and requesting coprocessor to send the results of the Madgwick's algorithm calculation. The coprocessor is designed with High Level Synthesis (HLS) method.

The coprocessor is tested in three aspects: the resources utilization, accuracy, and latency time. The test results show this system has a latency of 4,11 – 11,55 μ s at a 100 MHz clock frequency. The coprocessor resources utilization is 8 BRAM_18K, 33 DSP48E, 9.467 flip-flop, and 15.001 LUT. Accuracy test shows that the coprocessor has high accuracy with $RMSE[\dot{q}] = 0.68$ and $RMSE[\dot{e}] = 0.1785^\circ$.

Keywords— *FPGA, orientation estimation algorithm, Madgwick, IMU, MARG*