

„Szybka platforma dystrybucji strumieni danych pomiarowych dla detektora GEM do diagnostyki zanieczyszczeń plazmy tokamakowej”

Streszczenie

Obecnie główne źródło energii stanowią paliwa kopalne. Szacuje się, że ich zapasy wystarczą na około 140 lat. Ponadto dalsze ich wykorzystanie niesie ze sobą szereg negatywnych skutków. W związku z tym planuje się ograniczenie ich wykorzystania i wprowadza nowe rozwiązania (np. fotowoltaikę) oraz poszukuje alternatywnych, nowoczesnych źródeł energii. Jedną z perspektywicznych możliwości jest wykorzystanie procesu kontrolowanej syntezy termojądrowej jako bezpiecznej i bardzo efektywnej metody pozyskiwania energii. Można ją wytworzyć z gorącej plazmy D-T m.in. w tokamaku. Jednym z kluczowych problemów związanych z rozwojem tego typu źródła energii jest odpowiednie tzw. utrzymanie plazmy wewnątrz tokamaka. Kontrola odbywa się na podstawie zróżnicowanych pomiarów parametrów plazmy przez niskolatencyjne systemy diagnostyczne pracujące w trybie sprzężenia zwrotnego z systemami sterowania tokamakiem.

Wraz ze wzrostem możliwości technicznych dotychczasowe systemy pomiarowe oparte na układach ASIC i FPGA są zastępowane systemami heterogenicznymi, czyli rozszerzonymi o zróżnicowane układy i moduły obliczeniowe takie jak m.in. procesory lub karty graficzne. Ponadto wykorzystywanie oprogramowania zintegrowanego z wieloma zaawansowanymi, szybkimi modułami wymaga konstrukcji specjalistycznej platformy, która wydajnie połączy ze sobą poszczególne elementy i umożliwi efektywne wykonanie algorytmów obliczeniowych.

W pracy przeanalizowano w szerokim zakresie dostępne publicznie biblioteki i oprogramowanie, w szczególności służące do diagnostyki plazmy tokamakowej. Wykazano, że nie istnieje specjalistyczna platforma obliczeniowa spełniająca wszystkie kryteria umożliwiające niskolatencyjne przetwarzanie źródłowych danych pomiarowych wielkich rozmiarów w celu nadążnej diagnostyki zanieczyszczeń plazmy tokamakowej.

W rozprawie doktorskiej zaproponowano model Ultra-Platformy realizujący obsługę wielu strumieni wejściowych i wyjściowych. Reprezentację modelu zrealizowano za pomocą acyklicznego grafu skierowanego. Ponadto opracowano metody analizy czasowej i jakościowej, metodykę optymalizacji sprzętu i systemu operacyjnego oraz dedykowany symulator warstwy sprzętowej. Model jest przeznaczony do budowy wysokowydajnościowej i niskolatencyjnej platformy obliczeniowej dla systemów diagnostycznych pracujących w czasie rzeczywistym

w trybie sprzężenia zwrotnego z systemami kontroli tokamaka. Zaproponowane rozwiązanie znacznie upraszcza implementację wieloetapowych algorytmów, tworzenie strumieni danych oraz wydajnej komunikacji.

Zaproponowany model został autorsko zaimplementowany za pomocą języków C i C++ jako platforma realizująca wyznaczanie klastrów znormalizowanych i wyliczanie histogramów na podstawie pomiaru miękkiego promieniowania rentgenowskiego. W celu potwierdzenia poprawności implementacji i jakości pomiarów platforma została przetestowana na dwóch stanowiskach badawczych - technicznym oraz eksperymentalnym wyposażonym w detektor GEM i lampę rentgenowską jako źródło miękkiego promieniowania X. Wyniki badania zostały poddane dyskusji i potwierdziły poprawność postawionej tezy pracy. W efekcie dokonano instalacji Ultra-Platformy na tokamaku WEST jako kluczowego elementu systemu diagnostyki zanieczyszczeń plazmy.

Słowa kluczowe: detektor GEM, systemy heterogeniczne, platforma obliczeniowa, dataflow, analiza czasowa przetwarzania, systemy pomiarowe czasu rzeczywistego, sprzężenie zwrotne, diagnostyka plazmy, tokamak, promieniowanie rentgenowskie.