

Development and validation of the Overlap Muon Track Finder for the CMS experiment

J. Dobosz^a, P. Mietki^{a,b}, K. Zawistowski^a, and G. Żarnecki^a

^aWarsaw University, Faculty of Physics, Pasteura 5, 02-093 Warsaw, Poland

^bGdansk University of Technology, Faculty of Applied Physics and Mathematics, Narutowicza 11/12, 80-233 Gdansk, Poland

ABSTRACT

Tu abstract

Keywords: Muon Trigger, OMTF

1. COMPACT MUON SOLENOID A SELEKCJA PRZYPADKOW

Compact Moun Solenoid jest jednym z eksperymentw przy Wielkim Zderzaczu Hadronw w Europejskiej Organizacji Bada Jdrowych (CERN). W pierwszej fazie dziaania CMS odkry (wraz z eksperymentem ATLAS) bozon Higgsa. Ze wzgldu na wysok czsto zderze proton-proton oraz ograniczon moliwo zapisu przypadkw konieczny jest system wyzwalania detektora (tryger). Jest on odpowiedzialny za wstp selekcj przypadkw do pniejszej analizy. Podstawowe cechy, ktrymi powinien si charakteryzowa ukad wyzwalania to wysoka efektywno wyzwalania na przypadki interesujce oraz czysto, czyli skuteczno odrzucania pozostaych przypadkw. Po pierwszej fazie dziaania, ze wzgldu na zwikszenie wietlnoci i energii akceleratora system wyzwalania jest modernizowany. Grupa Warszawska zajmuje si w CMS trygerem mionowym pierw szego poziomu. W ramach obecnej modernizacji budujemy nowy tryger w tzw. obszarze porednim detektora, gdzie trajektorie mionw przecinaj detektory zarwno beccki (obszar centralny) jak i wiek (przd i ty).

2. THE MUON SELECTION IN A DETECTOR OVERLAP REGION

Algorytm OMTF (Overlap Muon Track Finder) zosta zaprojektowany z myl o rekonstrukcji torw mionowych w obszarze porednim na poziomie trygera pierwszego poziomu. OMTF bazuje na porwnywaniu sygnau z detektora z gotowymi wzorcami torw (Golden Patterns). Kady taki wzorec reprezentuje mion o okrelonym znaku (+, -) i pdzie poprzecznym. Golden Pattern zawiera informacje o krzywlinie toru mionu wewntrz detektora i o rednim giciu w kcie azymutalnym mean pomidzy warstw referencyjn a kad inn warstw. Ponadto Golden Pattern zawiera informacj o funkcji gstoci prawdopodobiestwa (PDF) moliwego odchylenia od wartoci mean. Odgrnie zostaje narzucony zbior omiu warstw referencyjnych. Na pocztku wybierane jest trafienie referencyjne. Nastpnie dla kadego sygnau ze zdarzenia obliczana jest rnica w kcie azymutalnym i pomidzy kadym trafieniem i danym trafieniem referencyjnym. Aby przywrna to do wzorca toru algorytm oblicza dla kadego trafienia rnic midzy biecym giciem toru i rednim giciem toru zapisanym w Golden Patternie ($\text{dist} = \text{mean} - i$). W kadej warstwie trafienie z najmniej wartoci przypisanego dist jest wybrane i odczytana zostaje warto PDF. Nastpnie obliczona zostaje suma PDF po wszystkich warstwach. Jeli do wybranego trafienia przypisane jest PDF ≥ 0 , to wybrana warstwa jest liczona jaka warstwa aktywna. Ostatecznie, do sygnau zostaje dopasowany taki Golden Pattern, ktremu odpowiada najwiksza liczb aktywnych warstw i najwiksza suma PDF. Powysze dziaanie jest powtarzane dla maksymalnie czterech trafie referencyjnych, ktre mog si pojawi w omiu wybranych paszczyznach detektora. Algorytm zosta opracowany na podstawie komputerowych symulacji Monte Carlo i zaimplementowany w dedykowanej elektronice jako firmware ukadw FPGA.

3. OPTIMISATION OF EVENT SELECTION

Podstawowym zadaniem trygera mionowego jest rekonstrukcja mionw w zdarzeniu w celu dokonania tzw. cicia, umoliwiajacego wybranie przypadkw zawierajcych wysokoenergetyczne miony. Ciecie polega na odrzuceniu przypadkw z mionami o pdzie poprzecznym poniej zadanego progu. Na rysunku poniej przedstawiono efektywno trygera w funkcji pdu poprzecznego mionu dla przykadowego cicia pdowego o progu 16 GeV/c. Efektywno jest tu definiowana jako iloraz liczby mionw nieodrzuconych do wszystkich mionw. Idealna krzywa efektywnoci byaby krzyw schodkow zmieniajc efektywno z 0 na 1 przy wartoci progowej pdu. Na rysunku wskazano dwie, bdce wynikiem pracy, opcje selekcji kandydatw mionowych rekonstruowanych przez OMTF (actual, improved), oraz porwnano je z wyznaczon najlepsz moliw dla danego algorytmu (best). Na kolejnym rysunku wykrelono stosunek krzywych efektywnoci uzyskanych przez warianty selekcji. Algorytm zoptymalizowany uwzglndnia zrniciowanie efektywnoci poszczeglnych warstw referencyjnych oraz way wartoci PDF w zalenoci od typu detektora.

4. TEST OF GHOST BUSTER ALGORITHM

Na etapie rekonstrukcji torw czsto si zdarza, e jeden fizyczny mion zostanie zrekonstruowany jako kilka mionw o zbliionych parametrach toru. Istotnym zadaniem trygera jest wyeliminowanie takich duplikatw, ktre okrelane s czsto mianem duchw. Dokonuje si to poprzez odrzucanie torw o podobnym kcie azymutalnym. Na podstawie analizy danych z symulacji Monte Carlo zbadano jak zmienia si efektywno eliminowania duplikatw w zalenoci od przedziau dyskryminujcego w kcie azymutalnym (rys. lewy). Standardowy dobr przedziau dyskryminujcego (5 stopni) pozwala odrzuci ponad 99% duplikatw. Cen za skuteczn selekcj duchw jest zmniejszona efektywno rekonstrukcji par $+-$ w obszarze wysokich pdw poprzecznych. Efekt ten przeanalizowano na wysymulowanej prbce danych z rozpadem pojedynczego J/ψ $+-$. Na rys. prawym przedstawiono efektywno rekonstrukcji par w funkcji pdu poprzecznego J/ψ . Wykres wykonano przy wczonym eliminowaniu duplikatw przy standardowym przedziale dyskryminacyjnym. Dla pdw poprzecznych J/ψ powyzej 50 GeV/c efektywno rekonstrukcji par spada z (91.80.7)% do (80.81.0)%.

5. SYSTEM TESTS WITH LOCAL DATA

W celu umoliwienia pniejszej rekonstrukcji przypadkw CMS zosta wyposaone w system akwizycji danych (DAQ), ktory zapisuje wyselekcjonowane przez detektor przypadki. Niezalenie od tego OMTF wprowadzi moliwo odczytu, z ograniczon przepustowoci, wyselekcjonowanych danych bezporednio z buforw elektroniki. Ten ukad odczytu nazywany jest lokalnym systemem akwizycji. Jest on w pewnym sensie "moduem szpiegowskim", to znaczy umoliwia podgląd surowych danych zebranych przez detektory. Umoliwia on wstpne badanie przypadkw, korelacji pomidzy trafieniami w rnych detektorach oraz analiz odpowiedzi systemu.

6. SYSTEM CONTROL AND MONITORING

A dedicated web application is used for the monitoring and control of CMS electronics. As the new L1 Trigger uses standarized electronics designs and standard communication protocol, significant effort has been made to provide shared implementation of low level functionalities that are common across different L1 subsystems. This gave rise to SWATCH, a specialized web container for ugraded L1 Trigger control application, and MicroHAL, a high-level hardware control library. The structure of the OMTF Control Software is defined by the usage of these components, as it comprises two basic modules: OMTF System, a SWATCH-based web application, and OMTF Hardware Control.

OMTF System was built upon SWATCH-based abstractions of the system, the state of the system, operations executed on the hardware, and large scale hardware components. It provides access to many features granted by SWATCH framework, such as graphical user interface for diagnostics, monitoring and manual control, the connection to the CMS hierarchical Run Control allowing the subsystem to be operated automatically with the rest of L1 trigger and standarized configuration using relational database provided by ORACLE.

OMTF Hardware Control contains implementations of various hardware routines required to operate the system. It makes use of detailed tree-like firmware description provided by MicroHAL library and wraps it in it's own object oriented description, to provide compile-time validation, integration with the code analysis engine

provided by the integrated development environment and additional order and convenience. The object reflection is split into two parts: blueprint base classes, generated automatically from the firmware description used by MicroHAL, and the subclasses containing needed implementations.

Both aforementioned components are C++ applications, compiled to dynamical shared libraries with use of the standardized Make scripts used normally by the majority of CMS online processing software.

As the OMTF hardware makes of firmware blocks and hardware designs developed for other L1 subsystems, the components of supplied software were integrated into OMTF software when possible.

ACKNOWLEDGMENTS

Work supported by National Science Centre, Poland, grant 2013/11/B/ST2/04202.

REFERENCES

- [1] Zabootny, W. M., Bartkiewicz, D., Bluj, M., Bukowski, K., Byszuk, A., Doroba, K., Grski, M., Kalinowski, A., Kierzkowski, K., Konecki, M., Krlikowski, J., Okliski, W., Olszewski, M., and Poniak, K., “FPGA Implementation of Overlap MTF Trigger - preliminary study,” (Article to be published in Proc. SPIE 9290 (2014)).