

TE128 - Activități de procesare digitală avansată a semnalului și reconstrucție în cadrul Observatorului Pierre Auger

Etapa II

Procesare avansată a semnalului în cadrul AERA și dezvoltare de coduri de reconstrucție și infrastructura de comunicații necesare pentru integrarea detectorului de miuoni în infrastructura de achiziție a Observatorului Pierre Auger. Partea II

REZUMAT

În cadrul acestei etape am efectuat studiile aferente celor patru activități, detaliate mai jos, în cadrul Observatorului Pierre Auger.

Activitatea 2.1, *Estimarea avansată a raportului semnal-zgomot bazat pe fluența energetică (partea II)*, se concentrează pe investigarea unui nou mod de a stabili care dintre stațiile care înregistrează semnal într-un eveniment pot fi utilizate în etapa de reconstrucție a câmpului electric, pornind de la marimi care reflectă cantitatea de energie a semnalului într-un mediu în care există zgomot. În cadrul acestei activități am investigat posibilitatea și eficiența utilizării fluenței energetice a semnalului și a zgomotului, obținute din date experimentale, pentru selecție.

Activitatea 2.2., *Curațarea digitală a semnalului în timp și frecvență, utilizând analiza Fourier, pentru semnale înregistrate de antene multiple în același eveniment sau în evenimente separate (partea II)*, implică corectarea semnalului în funcție de temperatura ambientală măsurată cu ajutorul stației meteo plasate în cadrul sub-ansamblului AERA. Odată ce dependența de temperatură a câștigului în amplitudine al LNA (Low-Noise-Amplifier) și FA (Filter-Amplifier) este cunoscută, am implementat corecția în codul de reconstrucție Offline și am aplicat acest modul de corecție pe date experimentale obținute în perioada 2015-2020, pentru toate antenele rețelei. Am cuantificat modificările obținute și corelațiile care există cu diversi parametri ce pot influența suplimentar variabilitatea amplificării semnalului în condiții reale de măsurare. Ca urmare a acestui studiu în cadrul grupului radio va fi efectuată, în premieră, o procedură de calibrare bazată pe zgomotul galactic care nu s-ar fi putut efectua fără corecție, rezultate ce vor fi publicate în 2023 și în care se va regăsi contribuția directă a grupului roman.

Activitatea 2.3., *Metoda 'forward-folding' pentru reconstrucția semnalelor radio (partea II)*, prezintă o nouă abordare a reconstrucției câmpului electric din datele măsurate cu ansamblul experimental AERA, din cadrul Observatorului Pierre Auger. În această etapă am implementat codurile software necesare pentru aplicarea metodei forward-folding pe simulări AERA care includ și zgomot, am cuantificat diferențele aduse de această metodă, față de reconstrucția standard, pentru diverse energii și unghiuri de incidență. Rezultatele sunt prezentate într-o nota internă.

Activitatea 2.4., *Implementarea protocoalelor de comunicații conform cerințelor colaborării în legătură cu lățimea de bandă, cantitatea de date și format, s-a finalizat prin implementarea protocoalelor de comunicație necesare integrării detectorului în infrastructura Observatorului.*

Diseminare:

- articol trimis spre publicare, “Characterization of the basic unit în a multi-channel SiPM muography detector using cosmic muons”, A. Bălăceanu, M. Dobre, A. Gherghel-Lascu, A. Săftoiu Alexandra, A. Ilinca, M. Niculescu-Oglinzanu, R. Smău, D. Stanca, C. Vancea, la Nuclear Instruments and Methods în Physics Research A.
- articol publicat, “Arrival Directions of Cosmic Rays above 32 EeV from Phase One of the Pierre Auger Observatory”, Pierre Auger Collaboration, în *Astrophysical Journal* 935 (2022) 170.
- nota interna în cadrul colaborării, ‘The Offline Temperature Dependence Correction Module for AERA data’, R. Smău, A. Săftoiu, T. Huege, J. Rautenberg, 2022
- nota interna în cadrul colaborării, ‘Forward folding method for AERA simulations’, M. Dobre, A. Săftoiu, T. Huege, F. Schluter, 2022
- prezentarea rezultatelor în cadrul discuțiilor periodice ale grupului de analiza radio AERA și în cadrul Collaboration Meeting 2022
- prezentare orală la European Nuclear Physics Conference, Santiago de Compostela, Spania, Oct 2022, “Detection system for muography applications – design and testing”, R. Smău, A. Săftoiu, A. Bălăceanu, A. Gherghel-Lascu, A. Ilinca, C. Vancea, D. Stanca, M. Dobre, M. Niculescu-Oglinzanu
- poster la European Nuclear Physics Conference, Santiago de Compostela, Spania, Oct 2022, “SiRO, a Scintillator Based Hodoscope for Muography Applications”, A. Bălăceanu, A. Gherghel-Lascu, C. Vancea, D. Stanca, M. Dobre, M. Niculescu-Oglinzanu, R. Smău, A. Săftoiu

TE128 - Signal processing and reconstruction activities in the frame of the Pierre Auger Observatory

Stage 2

Advanced signal processing, data reconstruction and detector integration within the Pierre Auger Observatory framework. Part II

SUMMARY

In this stage we have worked at the four activities within the work plan, in the frame of the Pierre Auger Observatory.

Activity 1.1, *Advanced signal to noise ratio estimation based on energy fluence (part II)*, focuses on investigating a new way of selecting stations suitable to be included in the electric field reconstruction based on quantities that reflect the energy of the radio signal in a noisy environment. We have investigated the use of energy fluences, measured with the AERA antennas.

Activity 1.2., *Signal cleaning in time and frequency for multiple antennas (part II)*, involves correcting the radio signal by eliminating the ambient temperature dependence. The dependence of the Low-Noise Amplifier (LNA) and Filter-Amplifier (FA gain) is known. We have implemented the required scripts in the Offline reconstruction software package into the RdChannelAmplitudeTemperatureDependenceCorrector module, we have tested its applicability and validated it for experimental data obtained between 2015 and 2020. We have quantified the differences that arise before and after the correction and have investigated the correlations that exist between various parameters that can additionally influence the signal amplitude in the real measurements environment. Results are presented in an internal collaboration note. As a consequence of this study, a calibration procedure based on the galactic noise is now possible. The results of our study and their application for calibration will be published in a collaboration article in 2023.

Activity 1.3., The *'forward-folding' method for radio signal reconstruction (part II)*, is a new approach to reconstructing the electric field emitted by an extensive air shower, also for the AERA antennas. In this stage we have applied the software, already adapted for AERA in the first stage, to an extensive set of simulations that also contain generated noise. We have quantified the differences between this method and the standard reconstruction for various primary energies and incidence angles. Results are presented in an internal collaboration note.

Activity 1.4., *Implementation of communication protocols regarding bandwidth, data quantity and format*, was finalized by wiring the necessary acquisition software that managed data transfer,

conversion and organization necessary for the integration of the muon detector within the data acquisition framework of the Observatory, as required by the collaboration.

Dissemination:

- ISI article sent for publication, “Characterization of the basic unit in a multi-channel SiPM muography detector using cosmic muons”, by A. Bălăceanu, M. Dobre, A. Gherghel-Lascu, A. Săftoiu, A. Ilinca, M. Niculescu-Oglințanu, R. Smău, D. Stanca, C. Vancea, to Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A
- published article, “Arrival Directions of Cosmic Rays above 32 EeV from Phase One of the Pierre Auger Observatory”, by the Pierre Auger Collaboration, in Astrophysical Journal 935 (2022) 170
- internal collaboration note, ‘The Offline Temperature Dependence Correction Module for AERA data’, by R. Smău, A. Săftoiu, T. Huege, J. Rautenberg
- internal collaboration note, ‘Forward folding method for AERA simulations’, by M. Dobre, A. Săftoiu, T. Huege, F. Schluter
- oral presentation at European Nuclear Physics Conference, Santiago de Compostela, Spain, Oct 2022, “Detection system for muography applications – design and testing”, by R. Smău, A. Săftoiu, A. Bălăceanu, A. Gherghel-Lascu, A. Ilinca, C. Vancea, D. Stanca, M. Dobre, M. Niculescu-Oglințanu
- poster at European Nuclear Physics Conference, Santiago de Compostela, Spain, Oct 2022, “SiRO, a Scintillator Based Hodoscope for Muography Applications”, by A. Bălăceanu, A. Gherghel-Lascu, C. Vancea, D. Stanca, M. Dobre, M. Niculescu-Oglințanu, R. Smău, A. Săftoiu