

D. OPIS PROJEKTU BADAWCZEGO, METODYKA BADAŃ ORAZ CHARAKTERYSTYKA OCZEKIWANYCH WYNIKÓW

1. Cel naukowy projektu

Przedmiotem wniosku jest projekt badania błysków gamma i innych - jeszcze nie odkrytych - procesów za pomocą jednoczesnych obserwacji fotonów o energiach powyżej TeV i optycznych. Proponuje się wykorzystać w tym celu istniejące i właśnie rozbudowywane urządzenia będące w posiadaniu polskich zespołów badawczych.

Fotony wysokoenergetyczne byłyby rejestrowane w postaci wtórnych cząstek promieniowania kosmicznego przez detektory Projektu im. Rolanda Maze'a. Obserwacje optyczne prowadzone byłyby przez aparaturę projektu *π of the Sky*. Projekt przewiduje sprzężenie obu aparatów tak, by możliwa była wymiana informacji w czasie rzeczywistym. Całość, nazwana systemem *MazePi* włączona byłaby w system wczesnego ostrzegania GCN dostarczający informacje z satelitarnych detektorów promieniowania gamma.

Procesy kataklizmiczne zachodzące w kosmosie dają znakomitą możliwość badania oddziaływań fundamentalnych. Olbrzymie gęstości energii wytwarzane w takich procesach powodują powstawanie stanów materii niemożliwych do uzyskania w laboratorium. Szczególnie ciekawą klasę zjawisk stanowią błyski gamma (ang. Gamma Ray Bursts - GRB). Te największe kiedykolwiek obserwowane przez człowieka eksplozje są jedną z najbardziej intrygujących zagadek astrofizyki ostatnich lat. Ponad 500 publikacji rocznie próbujących wyjaśnić ich naturę jest tego najlepszym dowodem. Obserwuje się je jako krótkie (0.1 - 100s) impulsy promieniowania gamma pochodzące z punktowych źródeł na niebie. Odkryto ich już ponad 3000, a do kilkudziesięciu z nich zmierzono odległość. Okazuje się, że pochodzą z bardzo odległych zakątków Wszechświata. Rekordowy miał przesunięcie ku czerwieni $z = 4.5$, co odpowiada odległości 13 miliardów lat świetlnych.

Choć sam mechanizm powstawania promieniowania gamma (o energiach keV – MeV) wydaje się być zrozumiałym, to do końca nie wyjaśnione pozostaje źródło energii pierwotnego wybuchu (*central engine*). Być może zjawiska, które dziś określamy wspólnym mianem błysków gamma, należą do kilku klas o zupełnie różnych mechanizmach. Obecnie coraz wyraźniej zarysowuje się podział na dwie takie klasy. Błyski *krótkie* o czasie trwania 0.1 – 1 s i stosunkowo twardym spektrum i *długie*, trwające 10 – 100 s, nieco bardziej miękkie od krótkich. W kilku przypadkach zaobserwowano korelację błysku gamma z wybuchem supernowej. Sugeruje to, że energia wyzwolana jest w procesie zapadania się dużej, masywnej gwiazdy. W efekcie kolapsu możliwe jest powstanie czarnej dziury. Krótkie błyski są znacznie słabiej zbadane. Wśród hipotez rozpatruje się możliwość zderzenia dwóch gwiazd neutronowych zakończonych stopieniem się ich do jednej czarnej dziury. Nie brak też hipotez bardziej egzotycznych, jak powstanie lub kolaps gwiazdy kwarkowej.

Aby zrozumieć naturę błysków gamma, należy prowadzić ich systematyczne obserwacje we wszystkich długościach fal promieniowania elektromagnetycznego. Poszukuje się też wyemitowanych w tych procesach neutronów. Szczególnie ważne są obserwacje optyczne. Możliwa do osiągnięcia przestrzenna zdolność rozdzielcza pozwala na jednoznaczną identyfikację obiektu. Często w ten sposób udaje się go przypisać do konkretnej galaktyki. Pomiar widma optycznego daje wgląd w naturę obserwowanych procesów i umożliwia pomiar przesunięcia ku czerwieni, a stąd wyznaczenie odległości.

Z kolei obserwacja fotonów o energiach rzędu GeV i TeV jest szczególnie cenna z punktu widzenia fizyki cząstek elementarnych. Fotony o tak dużych energiach pochodzą z procesów nietermicznych. Tworzone są one zapewne w środowisku o olbrzymiej gęstości energii i mogą dostarczyć cennych informacji o oddziaływaniach fundamentalnych w warunkach nieosiągalnych w ziemskich laboratoriach. Zrozumienie mechanizmu tworzenia wysokoenergetycznych fotonów stowarzyszonych z błyskami gamma może pomóc w zrozumieniu pochodzenia wszystkich cząstek promieniowania kosmicznego [np. astro-ph/0310667]. Ponadto, krótki czas emisji i bardzo długa droga, jaką przebywają fotony, stwarza unikalną szansę zaobserwowania efektów kwantowograwitacyjnych jak np. dyspersja próżni, a nawet testowania istnienia dodatkowych wymiarów przestrzennych [astro-ph/0407416, J.Ellis et al., Ap.J., 535, str. 139 (2000)].

2. Istniejący stan wiedzy w zakresie tematu badań

Obserwacje błysków gamma w zakresie optycznym

Plon poszukiwań błysków optycznych jest jednak jak dotąd bardzo ubogi. Na ponad 3000 błysków gamma zarejestrowanych przez satelity tylko około 60 udało się skorelować z obiektami aktywnymi w optycznym zakresie widma. Prawie wszystkie zaobserwowano z pomocą dużych teleskopów po upływie wielu godzin od rozbłysku gamma. W tych skalach czasowych zaobserwowana *poświata* optyczna o jasności rzędu 20^m słabnie w tempie 1^m na kilka godzin.

Tylko raz udało się zaobserwować silny błysk optyczny w ciągu kilku sekund po rejestracji rozbłysku gamma. Odkrycia dokonała grupa ROTSE przy pomocy małego, automatycznego teleskopu [<http://www.rotse.net/>]. Zarejestrowano silny błysk optyczny o jasności w maksimum wynoszącej $8,6^m$. Obserwacja ta jest jednak dowodem na to, że takie błyski istnieją, a zatem poszukiwanie ich nie jest zadaniem beznadziejnym.

Pracujący od lipca 2004 na Las Campanas (Chile) detektor „ π of the Sky” zaobserwował kilkadziesiąt krótkich błysków optycznych o nieznanym pochodzeniu. Błyski były rejestrowane jednocześnie przez dwie kamery, co wyklucza efekty instrumentalne i efekty oddziaływania wtórnego promieniowania kosmicznego jako możliwe przyczyny. Sprawdzono też, że błyski te nie pochodzą od satelitów zarejestrowanych w dostępnych bazach danych (NASA i amatorskich). Nie można jednak wykluczyć, że pochodzą one od satelitów niezarejestrowanych. Jedynie koincydencja z innymi obserwacjami mogłaby jednoznacznie ustalić pochodzenie błysków. Satelitarne detektory gamma mają skończoną efektywność i pokrywają ograniczony kąt bryłowy. Dlatego niezwykle cenne są inne możliwości weryfikacji. Wśród nich przełomowe znaczenie może mieć korelacja z fotonami o energiach rzędu TeV.

Obserwacje błysków gamma w zakresie energii fotonów powyżej 1 GeV.

Atmosfera nad detektorami stanowi tarczę o grubości ok. 1000 g/cm^2 dla promieniowania kosmicznego. Fotony o energiach do 100 GeV nie mają szans na dotarcie do powierzchni Ziemi. Wiele cennych informacji o fotonach rzędu GeV dostarczył detektor satelitarny EGRET. M.in. zaobserwował on szereg koincydencji takich fotonów z błyskami gamma. W tym eksperymencie można było oceniać energię fotonu (dokładność 50%) i dość dokładnie jego kierunek (ok. $1-2^\circ$).

GRB	Maks. energia	Czas emisji
910503	10 GeV	84 s
910601	0.3 GeV	200 s
930131	1.2 GeV	100 s
940217	18 GeV	1.5 h
940301	0.2 GeV	30 s

Cząstki wielkiej energii (rzędu TeV) generują lawiny cząstek wtórnych w atmosferze. Jeśli cząstką pierwotną promieniowania kosmicznego jest cząstka elektromagnetyczna (elektron, pozyton lub foton) to lawiny są przeważnie nazywane kaskadami cząstek (lub kaskadami elektromagnetycznymi), a gdy cząstką pierwotną jest hadron (jądro atomowe) lawiny są zwane wielkimi pękami atmosferycznymi (WPA). W przypadku cząstek elektromagnetycznych wielkich energii kaskady mogą zawierać również hadrony i miony.

W obserwacjach prowadzonych z powierzchni Ziemi dwa eksperymenty doniosły o przypadkach zaobserwowania istotnego nadmiaru liczby rejestracji skorelowanych czasowo (ew. również kierunkowo) z błyskami gamma. W **Milagrino** (prototyp - pierwsza faza Milagro) zaobserwowano nadmiar zliczeń w czasie błysku GRB970417a. W czasie 7.9 sekund zarejestrowano 18 przypadków, podczas gdy spodziewane

średnie tło wynosiło 3.46 ± 0.11 . Oceniono minimalną energię fotonów na 650 GeV. [Atkins et al. 2000, ApJ, **533**, L119, Atkins et al. 2003, ApJ, **583**, 824 (odpowiednio: astro-ph/0001111, astro-ph/0207149)]. **HEGRA AIROBICC** - eksperyment rejestrujący światło czerenkowskie wielkich pęków atmosferycznych zarejestrował znaczący nadmiar zliczeń w czasie błysku GRB920925c. W czasie 4 minut (9° od kierunku podanego przez duński monitor WATCH zainstalowany na satelicie GRANAT [S.Y.Sazanov et al., A&A Suppl. Series, 129, 1-8 (1998)]) zarejestrowano 11 przypadków, gdy spodziewane tło dla tego kierunku i czasu wynosiło 0.93. Oceniono, że energia pierwotnego fotonu dla tych przypadków przekraczała 16 TeV (1.6×10^{13} eV). [Padilla et al., 1998, A&A, **337**, 43-50 (astro-ph/9807342)].

Szereg regularnych przeszukiwań danych z wyżej wymienionych eksperymentów nie dał innych pozytywnych rezultatów dla dziesiątek błysków gamma rejestrowanych w czasie pracy i znajdujących się w polu widzenia detektorów. Jest to sytuacja dość typowa dla badań GRB. Zaledwie kilkadziesiąt zaobserwowanych poświat optycznych, jedyny błysk optyczny zarejestrowany w czasie trwania GRB, kilka GRB stowarzyszonych z supernowymi to obserwacje, na których opiera się aktualna wiedza o GRB. Nierzadko nowa pojedyncza obserwacja dramatycznie zmieniała poglądy naukowców na temat pochodzenia błysków gamma.

W czasie pisania tego wniosku, 27.12.2004 miał miejsce niezwykle gwałtowny wybuch obiektu SGR 1806-20. SGR to skrót nazwy *Soft Gamma Repeater* określającej obiekty, które pierwotnie uznano za GRB. Potem zrewidowano ten pogląd po zaobserwowaniu, że błyski z danego obiektu zdarzają się wielokrotnie i że obiekty te znajdują się w naszej Galaktyce lub w jej pobliżu. Grudniowy wybuch SGR 1806-20 zmusił jednak naukowców do ponownej rewizji poglądów. Na początku stycznia postawiono hipotezę, że krótkie GRB to właśnie gwałtowniejsze wybuchy SGR.

Podany przykład znakomicie ilustruje dramaturgię badań nad błyskami gamma. Pomimo, że odkryto je 38 lat temu, ciągle nasza wiedza o tych niezwykłych zjawiskach jest bardzo fragmentaryczna. Każda nowa obserwacja jest niezwykle cenna, zwłaszcza jeśli niesie jakościowo nową informację. Niniejszy wniosek przedstawia kolejną próbę dostarczenia takiej właśnie informacji – koincydencji fotonów o energiach rzędu TeV i optycznych.

3. Metodyka badań

Rejestracja błysków optycznych przez aparaturę „ π of the Sky”.

Aparatura „ π of the Sky” została uruchomiona w Las Campanas Observatory w Chile w lipcu 2004 r. (Rys. 2.), a w lipcu 2004 r. rozpoczęła pracę w trybie zbierania danych. System składa się z dwóch specjalnie zaprojektowanych kamer CCD zainstalowanych na ruchomym montażu. (Rys. 1.).



Rys. 1. Kamery „ π of the Sky” oraz montaż podczas testów w Polsce.



Rys. 2. Las Campanas. Od lewej do prawej: kontener ASAS z aparaturą „ π of the Sky”, kopuła teleskopu ASAS 10”, Control Room.

Kamery zostały zbudowane w oparciu o sensor CCD442A firmy Fairchild Imaging. CCD posiada 2032×2032 aktywnych pikseli o rozmiarach $15 \times 15 \mu\text{m}^2$ każdy. Odczyt następuje z częstotliwością 2 MHz/piksel, a odczyt całej macierzy trwa 2 s. Po wzmocnieniu sygnał jest digitalizowany przez 16-bitowy układ ADC i zapisywany w pamięci. Odczyt następuje i jest kontrolowany przez komputer PC poprzez złącze USB 2.0. Transfer danych trwa mniej niż sekundę i może następować podczas brania kolejnej klatki. Szybkość odczytu, wartość wzmocnienia oraz inne parametry kamer mogą być programowane przez złącze USB. Układ jest chłodzony przy pomocy dwóch modułów Peltiera do temperatury niższej o około 35 stopni od temperatury otoczenia. Zaprojektowano i zbudowano trwały mechanizm migawkowy zdolny wykonać ponad 10^7 cykli otwarcia.

Każda z kamer jest wyposażona w obiektyw Planar-T* o ogniskowej $f=50\text{mm}$ i aperturze $d=f/1.4$ firmy Carl-Zeiss. Ostrość jest ustawiana przy pomocy silnika krokowego wyposażonego w kontroler i może być ustawiana przez złącze USB. Efektywne pole widzenia wynosi $33^\circ \times 33^\circ$. Obie kamery są zainstalowane na wspólnym montażu w taki sposób, iż obserwują to samo pole widzenia. Montaż jest poruszany silnikami krokowymi kontrolowanymi przez komputer PC poprzez złącze szeregowo RS232 i może osiągnąć dowolny punkt na niebie w czasie krótszym od jednej minuty.

Działanie systemu i przepływ danych

Detektor jest kontrolowany przez komputer PC znajdujący się wewnątrz kontenera. Drugi komputer, znajdujący się w pobliskim budynku (*Control Room*) jest używany do analizy off-line zebranych danych. System jest w pełni automatyczny, z możliwością zdalnej kontroli przez internet. Podczas normalnej pracy system działa całkowicie autonomicznie według przygotowanego programu pracy. Do tego celu stworzono specjalny język skryptowy, który umożliwia łatwe przygotowywanie dowolnego programu obserwacji.

Przez większość czasu kamery śledzą pole widzenia satelity HETE. Jego pozycja jest regularnie odczytywana przez Internet w celu dokonania ewentualnych korekt pozycji montażu. Jeżeli pole widzenia HETE nie jest osiągalne, wybierane jest inne pole na niebie. System odbiera także alerty z sieci GCN, bezpośrednio, a także - aby zapewnić jak największą niezawodność - poprzez dodatkowy serwer w Warszawie. W momencie otrzymania alertu ze współrzędnymi poza aktualnie obserwowanym polem widzenia, montaż jest tam automatycznie kierowany, a system kontynuuje robienie zdjęć. Dwa razy na noc system fotografuje całe niebo, odwiedzając 16 pól i robiąc po 3 klatki z każdego pola obydwoma kamerami. Jedna taka operacja zajmuje około 20 minut.

Ze względu na to, że montaż wykonuje ruch za sferą niebieską, możliwe jest robienie dłuższych ekspozycji niż w przypadku stałego montażu. Ostatecznie wybrany 10-sekundowy czas ekspozycji jest kompromisem między zasięgiem, a rozdzielczością czasową umożliwiającą wykrywanie krótkich błysków. Zdjęcia są natychmiast analizowane w pamięci komputera pod kątem poszukiwania błysków o czasie narastania rzędu sekund. Następnie są tymczasowo zapisywane na dysku i mogą być ponownie przeanalizowane w przypadku przyścia spóźnionego alertu z sieci GCN. W przypadku wykrycia przez system kandydata na błysk optyczny, wycinki o rozmiarze 100×100 pikseli z ± 7 klatek sprzed i po błysku są zapisywane na stałe na dysku.

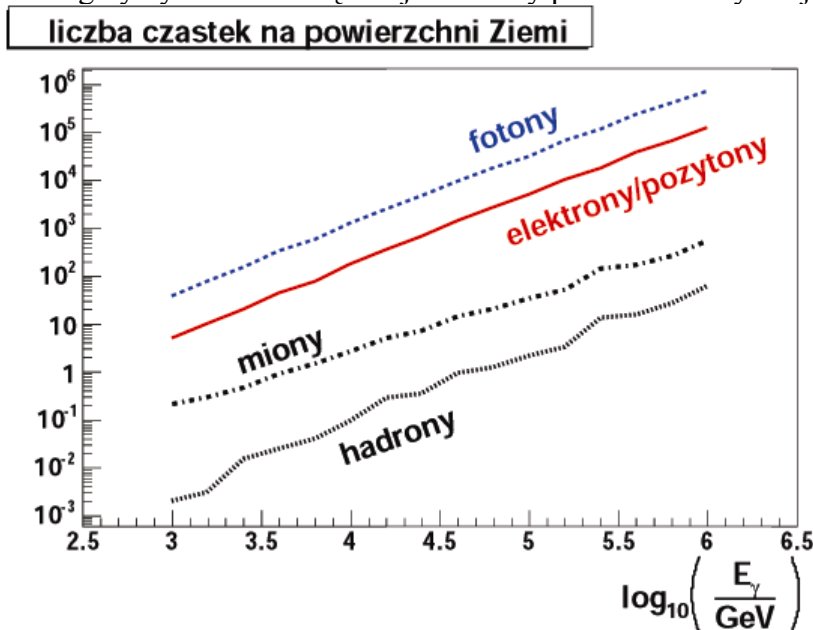
W trakcie prowadzenia obserwacji, zapisane na dysku klatki są kopiowane na drugi komputer, który sumuje kilka kolejnych klatek i poszukuje błysków o czasie narastania rzędu minut. W czasie dnia tymczasowo zapisane na dysku klatki są analizowane. Na komputerze pierwszym wykonywana jest szybka fotometria pojedynczych klatek, która może być później użyta do badania szybko zmiennych obiektów. Natomiast na drugim komputerze wykonywana jest dokładna fotometria na sumach 20 pojedynczych klatek, która może być użyta do badania gwiazd zmiennych. Wyniki dziennych analiz są przechowywane na dysku. Z około 30 GB danych zebranych podczas nocy, na stałe zostaje zapisanych około 2 GB. Po 2-3 miesiącach 200 GB dysk przenośny z wynikami jest zastępowany pustym i zabierany do Warszawy celem dalszej analizy.

Planuje się rozbudowę systemu do dwóch modułów po 16 kamer. Każdy moduł pokrywałby ponad π steradianów sfery niebieskiej gwarantując wysokie prawdopodobieństwo wykrycia błysku. Rozważana jest lokalizacja teleskopu na Wyspach Kanaryjskich.

Rejestracja fotonów o energiach rzędu TeV w detektorach Projektu im. Rolanda Maze.

Foton o wielkiej energii (rzędu TeV) wchodząc w ziemską atmosferę generuje kaskadę cząstek, zwaną kaskadą elektromagnetyczną. Zawiera ona głównie elektrony, pozytony i fotony o mniejszej energii. Może też zawierać w mniejszej liczbie hadrony i miony. Aby ocenić liczbę cząstek docierających do powierzchni Ziemi autorzy wniosku przeprowadzili symulacje rozwoju kaskad generowanych przez pionowe fotony o wielkich energiach. Użyto programu CORSIKA v.6.200 (Oct. 5, 2004) (D. Heck et al., Report FZKA 6019 (1998), Forschungszentrum Karlsruhe). Program wykorzystywał kody EGS i opcję HDPM (dla oddziaływań hadronowych). W zależności od energii pierwotnego fotonu wysymulowano rozwój 100 do 1000 kaskad. Założono obserwacje na poziomie 220 m npm, odpowiadające położeniu Łodzi.

Rysunek 3 przedstawia otrzymane średnie krotności cząstek docierających do poziomu obserwacji w zależności od energii pierwotnego fotonu. Jak z niego widać, foton o energii ok. 10 TeV produkuje ~200 cząstek naładowanych na poziomie obserwacji. Rozmieszczone na powierzchni Ziemi detektory mogłyby więc zarejestrować trwający ~1 sek wzrost natężenia strumienia cząstek, zakładając, że typowy GRB stowarzyszony jest ze strumieniem fotonów o energiach większych niż 10 TeV rzędu 0.03 m^{-2} . Tego typu sygnał mógłby być z łatwością zarejestrowany przez detektory Projektu im. Rolanda Maze.



Rys. 3. Średnie liczby cząstek docierających do powierzchni Ziemi (220 m npm) w kaskadach zainicjowanych przez fotony o energii E_γ padające na atmosferę pionowo.

Opis Projektu im. Rolanda Maze'a.

Kaskada cząstek wtórnych pochodzących od jednej wysokoenergetycznej cząstki promieniowania kosmicznego po dotarciu do powierzchni Ziemi może rozpościerać się na powierzchni do kilku km^2 . Zbudowanie tak rozległej dedykowanej infrastruktury byłoby niezwykle kosztowne. Projekt im. R. Maze'a wykorzystuje w tym celu łódzkie szkoły. Oprócz oczywistych korzyści praktycznych, wielką zaletą takiego rozwiązania jest też aspekt edukacyjny - bezpośredni udział młodzieży szkolnej w badaniach. W niniejszym wniosku skupimy się jednak na stronie naukowej przedsięwzięcia. Główne cele naukowe Projektu skierowane są na rejestrację i badanie promieniowania kosmicznego o energiach od kilku GeV (rejestracje tła mionowego - badanie aktywności Słońca) do powyżej 10^9 GeV (wielkie pęki atmosferyczne o promieniu ponad 1 km generowane przez najbardziej energetyczne cząstki promieniowania kosmicznego).

Do detekcji stosuje się plastikowe scyntylatory o powierzchni 1 m^2 każdy. Łącznie mamy 40 takich detektorów, które wkrótce będą rozmieszczone na dachach łódzkich szkół ponadgimnazjalnych po 4 detektory na jednej szkole. Każdy układ czterech detektorów w szkole stanowi niezależną aparaturę rejestrującą promieniowanie kosmiczne obsługiwaną przez specjalnie do tego przeznaczony komputer klasy PC.

Rejestracje odbywają się częściowo asynchronicznie. Precyzyjny zapis czasu zjawiska, obok oczywistego pomiaru gęstości cząstek naładowanych przechodzących przez każdy detektor, odgrywa bardzo ważną rolę w interpretacji różnych rejestrowanych zjawisk. Zbieranie danych z rejestracji w każdej ze szkół odbywa się w systemie „off-line” i dane z całego projektu składowane są w centralnym serwerze projektu na komputerze w IPJ w Łodzi.

Więcej informacji o Projekcie im. R. Maze'a, detektorach, aktualnym stanie realizacji i uczestnikach projektu można znaleźć na stronie <http://maze.u.lodz.pl>.

Rejestracja cząstek.

Podstawowym detektorem w Projekcie im. Rolanda Maze'a jest płytka scyntyлятора o rozmiarach 10cm×12cm×0.5cm posiadająca po 6 rowków z każdej strony (wzdłuż krawędzi o długości 10 cm) o szerokości 1.2mm. Płytki są złożone po dwie. W ten sposób scyntylator ma efektywną grubość 1cm. W wewnętrznych rowkach położone są reemitujące światłowody *BCF-91A Bicron* o zewnętrznej średnicy 1mm (*multiclad*). Światłowody doprowadzają sygnały świetlne do katody fotopowielacza Photonis XP1912.

Ok. 160 płytek położonych podwójnie daje powierzchnię ok. 1 m². Sygnały z całej powierzchni są rejestrowane w jednym fotopowielaczu. W celu osiągnięcia dużej dynamiki rejestrowanej liczby cząstek sygnały z fotopowielacza są analizowane na 3 sposoby:

- o sygnał z anody w przetworniku 10 bitowym;
- o ok. 30 razy słabszy sygnał z 7 dynody w przetworniku 10 bitowym;
- o czas - długość impulsu z anody (powyżej pewnego poziomu sygnału).

Sygnały z anody i z dynody są wzmacniane ok. 100 razy w przedwzmacniaczu. Wzmocniony sygnał analogowy jest wysyłany kablem o takiej samej długości dla wszystkich czterech detektorów do układów analizujących impulsy.

Wynikiem pomiaru czasu - długości impulsu jest jedna liczba. Sygnały z anody i dynody są analizowane w przetwornikach ADC z częstotnością ok. 4 MHz (cyklicznie). Zapamiętywane jest co najmniej 64 (oscylskopowych) punktów dla każdego sygnału przekraczającego poziom odpowiadający rejestracji jednego „relatywistycznego mionu” (czyli ok. 16 mikrosekund przebiegu sygnału). Czas trwania wzmocnionego impulsu (RC) wynosi ok. 5 mikrosekund. Układ rejestracji nie ma czasu martwego. Częstota rejestracji pojedynczych mionów promieniowania kosmicznego określa tempo transmisji danych do PC: ok. 0.3 GB na godzinę.

Rejestracja czasu.

Każda jednostka jest wyposażona w odbiornik GPS (*Motorola M12+ Timing Oncore*) wraz z anteną *Motorola Oncore Timing2000 Antenna* dostarczający sygnałów sekundowych (PPS) z dokładnością generalnie lepszą niż ± 25 nanosekund (RMS ok. 2 nanosekund) w stosunku do czasu uniwersalnego (UT). Jednostka ma też swój „zegar” liczący z częstotnością 100 MHz. Stan tego zegara (stan liczników) może być zapisany do pamięci i dołączony do rejestracji. Rejestrowany jest stan liczników lokalnego zegara dla momentu przyjścia sygnału PPS z odbiornika GPS. Pozwala to kalibrować lokalny „zegar”.

Każda rejestracja sygnału (z detektora) przekraczającego zadany poziom amplitudy odpowiadający fizycznej rejestracji cząstek również powoduje zapisanie stanu liczników zegara razem z informacją dotyczącą amplitudy sygnału z danego detektora. Wszystkie takie informacje są przesyłane do komputera kontrolującego daną jednostkę. Przez krótki czas wszystkie te informacje są przechowywane na twardym dysku PC. Do centralnego komputera Projektu przesyłane będą zredukowane informacje: tempo zliczeń każdego z czterech detektorów, rejestracje z koincydencją czasową (w granicach 2 mikrosekund) z co najmniej dwóch detektorów i inne informacje testowe.

Sprzężenie aparatur Maze i π of the Sky.

Niemal wszystkie pracujące obecnie urządzenia badające błyski gamma wykorzystują jako tryger sygnały z satelitarnych detektorów gamma rozprowadzane przez sieć GCN. System *MazePi* także posiadałby taką możliwość. Jednak informacje satelitarne często dostarczane są z dużym opóźnieniem

(rzędu godzin). Niezwykle ważna jest więc możliwość samodzielnego wykrywania interesujących zjawisk. Możliwość taka daje jednocześnie szansę na odkrycie nowych zjawisk, nie związanych z błyskami gamma.

„ π of the Sky” ma możliwość samodzielnego rozpoznawania błysków. Natomiast aparatura „Maze” musi być odpowiednio przystosowana do współpracy. W szczególności, połączenie internetowe szkół, w których będzie umieszczona aparatura, nie zawsze jest stabilne. Wymaga to zwiększenia pojemności buforów dyskowych na wypadek, gdyby nadejście trygera „ π of the Sky” opóźniało się ze względu na zanik połączenia. Rozważa się też możliwość połączenia awaryjnego, realizowanego np. za pomocą telefonii komórkowej i uruchomianego w przypadku nadejścia trygera satelitarnego lub optycznego.

Planujemy wyposażenie komputerów bezpośrednio zbierających dane z 4 detektorów jednej jednostki (szkoły) w specjalne programy do „nadmierzającej” analizy danych.

- Programy uruchamiane automatycznie z zewnątrz w krótkim czasie po **trygerze zewnętrznym** - naziemnym (optycznym) lub satelitarnym (rentgenowskim lub gamma) będą miały wybrać ze wszystkich danych znajdujących się na dysku komputera *on-line* (obejmujących okres ostatnich ~100 godzin) rejestracje dotyczące okresu bliskiego GRB. Analiza wybranego okresu będzie znacznie dokładniejsza niż standardowa analiza rejestracji,
- Programy uruchamiające się automatycznie, gdy standardowa analiza rejestracji wykaże w jakimś okresie wzrost tempa zliczeń tła lub tempa rejestracji wielkich pęków atmosferycznych – **tryger wewnętrzny**. Podobnie jak wyżej, będzie przeprowadzona dokładniejsza analiza wszystkich rejestracji z tego okresu.

Analizą danych zgromadzonych ze wszystkich szkół przeprowadzaną pod kątem koincydencji z alertami zewnętrznymi zajmował się będzie dedykowany komputer centralny zwany „**serwerem koincydencyjnym**”. Zarówno w przypadku trygerów zewnętrznych jak i wewnętrznych transmisja danych do centralnego komputera będzie dodatkowo obejmowała wyniki dokładnej analizy wybranych okresów. Analiza takich wybranych okresów i porównanie z danymi zebranymi ze wszystkich jednostek (szkół) będzie przeprowadzana automatycznie z dużym priorytetem. Poszukiwane będą sygnały większego tempa rejestracji różnych zjawisk (tło szumowe, małe i większe pęki promieniowania kosmicznego). Uczestnicy Projektu będą automatycznie informowani przez e-mail i SMS o wystąpieniu takich niezwykłych zjawisk.

Serwer koincydencyjny „Maze” będzie się komunikował z analogicznym serwerem koincydencyjnym „ π of the Sky”. Szybki transfer danych w obie strony będzie bazował na protokole CORBA. Wszystkie informacje o pracy systemu i o interesujących przypadkach gromadzone będą na **serwerach bazodanowych**. Serwer warszawski będzie obrazem (mirror) serwera łódzkiego. Baza danych wyposażona będzie w interfejs WWW umożliwiający szybki przegląd danych oraz w interfejs C++ dla programów szczegółowo analizujących dane z dłuższych okresów.

4. Co będzie wymiernym, udokumentowanym efektem podjętego problemu - zakładany sposób przekazu i upowszechnienia wyników

Wykryte przypadki koincydencji będą natychmiast udostępniane na specjalnej stronie internetowej. Przewiduje się automatyczne wysyłanie informacji do sieci teleskopów-robotów takich jak OTC [<http://otc.pereplet.ru/circ.html>] czy TALON [R.R. White et al., "TALON - The Telescope Alert Operation Network System: Intelligent Linking of Distributed Autonomous Robotic Telescopes", Proc. SPIE: 5496 (2004) pp. 302-312]. Potwierdzone przypadki będą publikowane w ciągu 24h w „*GCN Circulars*” rozsyłanych elektronicznie do obserwatoriów na całym świecie [<http://gcn.gsfc.nasa.gov>].

Wyniki planowanych badań będą opublikowane w czasopiśmie recenzowanych. Planuje się także prezentacje wyników na Europejskich Sympozjach i Międzynarodowych Konferencjach Promieniowania Kosmicznego i innych konferencjach o tematyce związanej z błyskami gamma.