

Obserwacje całego nieba

Ach, co to był za błysk!



Dr hab. Lech Mankiewicz jest dyrektorem centrum Fizyki Teoretycznej PAN i jednym z głównych twórców programu „Pi of the Sky”. Wiele czasu poświęca też popularyzacji astronomii i programów obserwacji astronomicznych wśród uczniów szkół średnich

LECH MANKIEWICZ

Centrum Fizyki Teoretycznej, Warszawa
Polska Akademia Nauk
lech@cft.edu.pl

Niedźwiedź Baloo uczył Mowgliego w „Księdze dżungli”, że trzeba być zawsze czujnym, bo najciekawsze rzeczy dzieją się niespodziewanie. Ta zasada pasuje jak ulał do poszukiwania rozbłysków gamma, tajemniczych eksplozji kosmicznych o budzącej respekt i lęk sile

Był ranek w środę 19 marca 2008 roku. Kątem oka obserwowałem ekran komputera, na który nasz detektor-robot, „Pi of the Sky” rytmicznie przesyłał z Chile informacje o tym, co właśnie zamierza zrobić. Mniej więcej pół godziny wcześniej satelita Swift przesłał informację o rozbłysku gamma. Miejsce wybuchu było widoczne z południowej półkuli, więc „Pi of the Sky” automatycznie skierował swoje kamery w tę stronę.

Nagle zapiszczała komórka. „Mamy ciekawą sytuację, wygląda na to, że przyszedł kolejny błysk” – pisała Kasia Małek, moja doktorantka. – „Ciekawe, co zrobi system”. Ustaliliśmy, że poprosimy Lecha Piotrowskiego z UW o uruchomienie procedury do ściągania klitek ze zdjęciami wykonanymi w czasie obserwacji obu błysków i szybko pojechaliśmy do pracy.

Okno na całe niebo

Błyski gamma (*Gamma Ray Bursts* – GRB) odkryto w latach 60. Jednak upłynęło jeszcze 30 lat, zanim kolejne generacje satelitów nauczyły się mierzyć dokładną pozycję rozbłysków na niebie, co pozwoliło powiązać je z obserwacjami w różnych zakresach widma. Okazało się, że rozbłyskom gamma towarzyszy często poświata optyczna i radiowa. Po pomiarach odległości z bilansu wyemitowanej energii wynikał niesamowity wniosek, że w czasie trwającego kilkadziesiąt sekund zja-

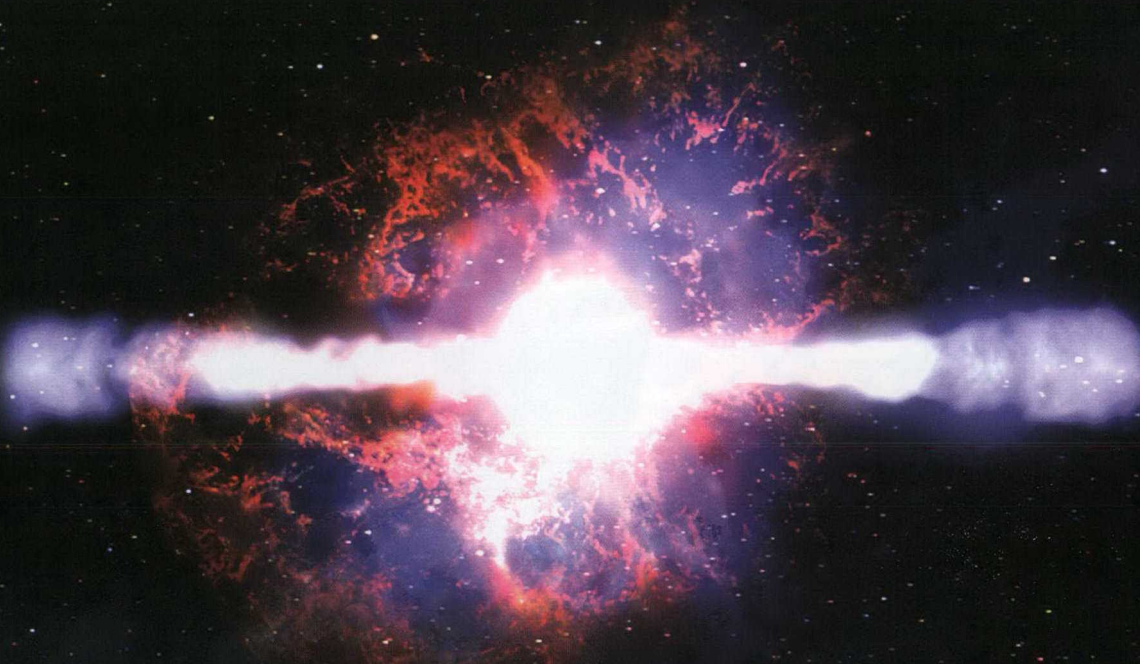
wiska tajemnicze źródło emituje więcej energii niż gwiazda podobna do naszego Słońca w czasie całego swojego życia!

Przez wiele lat uczeni spierali się, gdzie właściwie powstają rozbłyski gamma. Dzięki dokładnym pomiarom satelitarnym wiemy, że rozbłyski gamma rozkładają się na mapie nieba równomiernie, co świadczy o tym, że nie powstają w naszej Galaktyce. Wszystko wskazuje na to, że promieniowanie niektórych błysków dociera do nas z odległości miliardów lat świetlnych.

Ciągle jednak jesteśmy daleko od zrozumienia ich natury. Sądzymy, że przyczyną potężnych erupcji promieniowania jest zapadanie się masywnej gwiazdy w momencie powstawania czarnej dziury lub zderzenia gwiazd neutronowych. Do pełnego wyjaśnienia zagadki potrzeba więcej danych obserwacyjnych, dlatego naukowcy zbudowali cały system służący „polowaniu” na błyski gamma na Ziemi i w przestrzeni kosmicznej. Ten system to GRB Coordinate Network, w skrócie GCN, sieć satelitów i obserwatoriów naziemnych połączonych poprzez Internet i wymieniających się informacjami na temat położenia odkrytych błysków.

Informacja o mechanizmie rozbłysków ukryta jest we własnościach promieniowania dochodzącego do nas tuż po wybuchu

Ponieważ nie wiadomo, w którym miejscu na niebie „błyśnie” następny raz, najlepiej obserwować bez przerwy stosunkowo duży obszar. W praktyce oznacza to wykorzystanie urządzeń o niewielkiej ogniskowej, które będą mogły zarejestrować tylko błysk w jego początkowej, najjaśniejszej fazie, ale o tę właśnie fazę chodzi. Wymóg ciągłych obserwacji w poszukiwaniu tej współczesnej igły w stogu siana oznacza konieczność analizowania i przetwarzania olbrzymiej ilości danych. Potrzebne więc było urządzenie działające automatycznie i powiadamiające swoich opiekunów tylko wtedy, gdy zaobserwuje coś ciekawego.



NASA/GSFC/Dana Berry

Do poszukiwania poświat optycznych towarzyszących rozbłyskom gamma namówił nas w 2003 roku nieżyjący już, niestety, wybitny polski astrofizyk, profesor Bogdan Paczyński z Princeton University. Pomysł profesora, żeby to właśnie w Polsce zbudować takie urządzenie, nie wziął się bynajmniej z sufitu. Polska ma znakomite, światowej klasy osiągnięcia w dziedzinie astronomii opierającej się na automatycznym przetwarzaniu danych.

Koncepcja szybkiej analizy

Najbardziej znanym projektem jest OGLE (*Optical Gravitational Lensing Experiment*), kierowane przez profesora Andrzeja Udalskiego z Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Warszawskiego, który stale obserwuje kilkadziesiąt milionów gwiazd w poszukiwaniu zjawisk soczewkowania grawitacyjnego związanego z obecnością pozasłonecznych planet. Inny eksperyment ASAS (*All Sky Automatic Survey*), zbudowany przez dr hab Grzegorza Pojmańskiego, także pracującego w Obserwatorium Astronomicznym UW, odkrył za pomocą małych, automatycznych teleskopów kilkadziesiąt tysięcy gwiazd zmiennych. W naszym przypadku nowością była koncepcja szybkiej analizy kolejnych zdjęć nieba zaraz po ich otrzymaniu w poszukiwaniu rozbłysków, które trwają bardzo krótko, oraz pokrycie ciągłymi obserwacjami całego nieba, co powoduje, że trzeba sobie radzić z bardzo dużym strumieniem danych.

Razem z Grzegorzem Wrochną z Instytutu Problemów Jądrowych i Aleksandrem Filipem Żarnockim z Instytutu Fizyki Doświadczalnej UW zajmowaliśmy się fizyką cząstek elementarnych, więc obserwacja nieba była dla nas nowym wyzwaniem, za to nie baliśmy się analizy dużych strumieni danych. Do budowy naszego teleskopu-roboty postanowiliśmy wykorzystać doświadczenia zgromadzone w Warszawie przy budowie detektorów dla eksperymentów fizyki cząstek elementarnych, m.in. dla DESY i CERN-u. Znając doświadczenia Grzegorza Pojmańskiego, który często narzekał na jakość aparatury kupowanej za granicą i podobnie jak on nie mając wielkich środków na zakup sprzętu naprawdę pierwszej klasy, postanowiliśmy ten sprzęt zbudować sami, rozumiejąc, że możemy w ten sposób zgromadzić *know-how*, który stanie się podstawą nowej polskiej specjalności naukowej, projektowania i wykorzystywania małych detektorów-robotów do ciągłych obserwacji nieba. Pożyczyliśmy za pośrednictwem Fundacji Astronomii Polskiej 10 tysięcy dolarów od profesora Paczyńskiego i rozpoczęliśmy pracę. Wkrótce potem udało nam się uzyskać grant MNiSW na kwotę 50 tysięcy złotych. Postanowiliśmy zacząć od małego urządzenia, aby zebrać doświadczenia pozwalające zbudować duży detektor, pokrywający swoim zasięgiem praktycznie całe niebo. Pole widzenia można wyrażać w jednostkach kąta bryłowego, steradianach. Niebo dostęp-

Długi błysk gamma powstaje, gdy wybucha supermasywna gwiazda. Jej jądro zapada się, tworząc czarną dziurę, a materia z otoczki tworzy wciągany do jej środka dysk. Części materii udaje się jednak wydostać wzdłuż osi rotacji gwiazd, tworząc emitujące promieniowanie rentgenowskie i gamma strugi

Obserwacje całego nieba

Prototypowa aparatura „Pi of the Sky”, umieszczona w obserwatorium Las Campanas na pustyni Atacama w Chile



Lech Mankiewicz

ne obserwacjom z dowolnego miejsca na kuli ziemskiej to nieco więcej niż π (3,14...) steradianów, skąd wzięła się nazwa eksperymentu „Pi of the Sky”.

Kamera CCD musi być bardzo czułym urządzeniem pomiarowym. Jak czułym? Wyobraźmy sobie worki z pieniędzmi. W każdym worku jest około miliona złotych. Naszym zadaniem jest zbudowanie urządzenia, które sprawdza, ile jest pieniędzy w każdym worku, i nie myli się o więcej niż 100 złotych. A na dodatek robi to naprawdę szybko, sprawdza, powiedzmy, milion worków na sekundę. Mieliśmy szczęście, bo w Instytucie Systemów Elektronicznych PW znaleźliśmy młodego magistranta, który okazał się geniuszem, jeśli chodzi o budowę kamer CCD. Dziś Grzegorz Kasprowicz kończy doktorat z elektroniki w międzynarodowym laboratorium fizyki jądrowej CERN w Genewie.

Kamery CCD własnej konstrukcji nie były jedynym problemem. Kamera powinna mieć migawkę. Ponieważ błyski gamma trwają dość krótko – najdłuższe trwają kilkaset sekund, postanowiliśmy fotografować niebo z 10-sekundowym czasem ekspozycji. Typowe komercyjne migawki wytrzymują około 100 000 otwarć. Zepsułyby się mniej więcej po miesiącu eksploatacji. Inżynierowie z Instytutu Fizyki Doświadczalnej UW skonstruowali specjalne migawki, które wytrzymują ponad milion cykli.

Dzięki poparciu profesora Paczyńskiego udało się umieścić prototypowy detektor

w obserwatorium Las Campanas na pustyni Atacama w Chile. Urządzenie samo układa sobie program obserwacji na daną noc na podstawie informacji o orientacji satelitów otrzymywanych z sieci GCN. Dwa razy w ciągu nocy kamery systematycznie omiatają całe niebo w poszukiwaniu rozbłysków gwiazd nowych, w pozostałym czasie śledzą za polem widzenia jednego z satelitów poszukujących rozbłysków w zakresie promieniowania gamma. Detektor wyposażony jest w sztuczną inteligencję – sam analizuje dane i potrafi wykryć rozbłysk optyczny, którego nie zaobserwowały satelity GCN. Dzięki oprogramowaniu rozwiniętemu m.in. w IPJ im. Andrzeja Sołtana potrafi też zareagować na typową awarię i naprawia się sam, bez ingerencji człowieka.

Losy milionów gwiazd

Obserwacje zebrane przez detektor „Pi of the Sky” w czasie, kiedy „nic ciekawego się nie dzieje”, pozwalają śledzić losy około 10 milionów gwiazd, dla których wykonano około 2 miliardów obserwacji. Rozpoczęta w ubiegłym roku współpraca z firmą IBM Polska, która udostępnia nam nieodpłatnie swoją najnowszą bazę danych, zaowocowała kilkoma pracami magisterskimi w dziedzinie informatyki na warszawskich uczelniach. Dla studentów elektroniki czy fizyki „Pi of the Sky” jest wyjątkową okazją wypróbowania własnych umiejętności przy realizacji realnego projektu, a dla młodych informatyków współpraca z nami to wyjątkowe możliwości

pracy z najnowszymi komercyjnymi narzędziami współczesnej informatyki.

Pi widzi błysk

A co zdarzyło się pamiętnego poranka 19 marca 2008 roku? Poszedłem na wykład i dopiero SMS od Kasi uświadomił mi, że nasz zespół uczestniczył w jednym z najbardziej spektakularnych odkryć w historii astronomii. O godzinie 7:12 rano nasze kamery, wycelowane szczęśliwie we właściwy fragment nieba, zarejestrowały niezidentyfikowany rozbłysk optyczny. Dwie sekundy później potężny impuls promieniowania gamma dotarł do satelity SWIFT, który po 17 sekundach wysłał alert przez Internet do teleskopów naziemnych. Alert dotarł do naszego detektora, który w międzyczasie wykonał jeszcze dwie ekspozycje, na których wyraźnie widać coraz jaśniejszą kropkę. Rozbłysk optyczny był tak jasny, że powinien być widoczny gołym okiem. Do obserwacji błysku włączyła się TORTORA – zwykła kamera wideo zamontowana na włoskim teleskopie REM znajdującym się w sąsiednim obserwatorium La Silla. Dostarczała przez kilkadziesiąt sekund obserwacji ze zdolnością rozdzielczą dziesiątych części sekundy. Zaalarmowane przez SWIFT-a teleskopy naziemne zaczęły obracać się w stronę błysku i po kilku minutach był to najdokładniej obserwowany punkt na niebie. Obserwacje prowadzone były praktycznie w całym zakresie widma optycznego, w promieniowaniu gamma i X. Po kilku godzinach znane były wyniki pomiarów przesunięcia ku czerwieni wykonanych za pomocą wielkich teleskopów – wskazywały na ogromną odległość ok. 7,5 miliardów lat świetlnych. To znaczy, że rozbłysk nastąpił na długo przed powstaniem kuli ziemskiej, a po drodze do ka-

mery „Pi of the Sky” fotony przebyły odległość równą mniej więcej połowie rozmiarów widocznego Wszechświata.

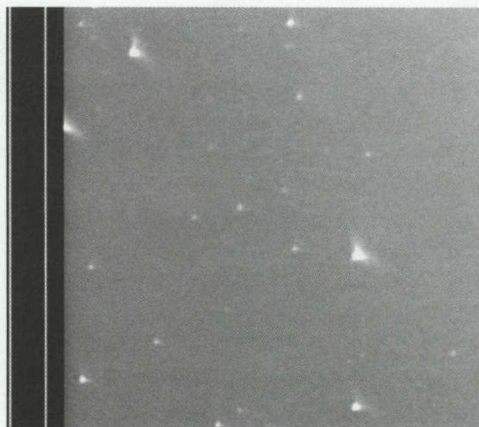
Dzięki swojej niezwykłej mocy i szczęśliwemu zbiegowi okoliczności, który pozwolił na uchwycenie błysku w polu widzenia „Pi of the Sky” i TORTORY 20080319B jest najdokładniej zbadanym rozbłyskiem gamma w historii. Film, złożony z kilku ekspozycji „Pi of the Sky” i umieszczony przez nas w Internecie, w ciągu paru dni zyskał sławę „pierwszego w historii ludzkości filmu z narodzin czarnej dziury”. Nasze dane trafiły nawet na strony internetowe muzułmańskich organizacji religijnych. Ale prawdziwa analiza danych dopiero się rozpoczynała. Powstało konsorcjum kilkunastu zespołów związanych z teleskopami i satelitami, które zaobserwowały rozbłysk. Zostaliśmy do niego zaproszeni. Jak się okazało, standardowe modele błysków gamma nie wytrzymują konfrontacji ze znacznie bardziej precyzyjnymi danymi i wymagają uzupełnienia i rozwinięcia.

GRB080319B jeszcze przez długi czas będzie zapładniał wyobraźnię astronomów i astrofizyków. Zbliżają się do końca prace nad finansowanym przez MNiSW dużym detektorem złożonym z 32 kamer umieszczonych na 8 ruchomych montażach. Nowy detektor będzie obserwował niemal π steradianów i będzie w stanie wykrywać rozbłyski niezależnie od informacji dochodzących z satelitów czy innych teleskopów. W ten sposób zrealizujemy idee profesora Paczyńskiego. Jesteśmy mu to winni. ■

Chcesz wiedzieć więcej?

http://grb.fuw.edu.pl/pi/ot/grb080319b/news_pl.html
<http://grb.fuw.edu.pl/pi>

Lech Mankiewicz



Dwa pierwsze zdjęcia błysku GRB080319B wykonane przez „Pi of the Sky”. Na zdjęciu z lewej błysk jest jeszcze słabo widoczny, na następnym z prawej jest już jaśniejszy od otaczających go gwiazd. Zniekształcenie obrazu błysku wynika z faktu, że obserwowany błysk był na granicy pola widzenia obiektywu