

Stacja bolidowa w Zielonej Górze

Andrzej Szary

11 stycznia 2012

1 Wstęp

Od kwietnia 2005 roku Instytut Astronomii w Zielonej Górze uczestniczy w projekcie PAVO (Polskie Automatyczne Video Obserwacje), który zajmuje się rejestrowaniem meteorów nad Polską. Projekt ten jest częścią Europejskiej Sieci Bolidowej. W odróżnieniu od naszych europejskich sąsiadów budowane w Polsce obserwatoria oparte są na technologii video, co w dużym stopniu ułatwia analizowanie otrzymanych danych i zmniejsza koszt utrzymania obserwatorium. Niestety stacje video ustępują stacją fotograficznym pod względem czułości rejestracji i dokładności wyznaczania położenia meteorów na niebie. Dla naszej konfiguracji sprzętu możliwa jest rejestracja obiektów o jasności do 2 mag, z dokładnością wyznaczania pozycji na poziomie 0.02-0.03 stopnia. Możliwe jest oczywiście zwiększenie zasięgu widzenia (zastosowanie obiektywu z większą ogniskową), ale zmniejsza to w znaczący sposób pole widzenia. Zastosowanie trzech kamer przemysłowych oraz obiektywów o dużym polu widzenia pozwala nam obserwować 50% nieba, co znacznie zwiększa prawdopodobieństwo zarejestrowania meteoru wpadającego do naszej atmosfery.

2 Lokalizacje podobnych stacji w Polsce

Aby było możliwe wyznaczenie orbity meteorytu jest potrzebna jak największa ilość obserwacji. Dlatego powstaje w Polsce coraz więcej stacji bolidowych, które będą mogły wymieniać się danymi. Położenie Zielonej Góry umożliwi współpracę z podobnymi stacjami tego typu za granicą (np. pod Berlinem).



3 Stacja bolidowa w Zielonej Górze

Sprzęt

- Kamera Mintron MTV-23X11E (3x)
- Obiektyw ERNITEC $f = 4mm$ $F/1.2$ (3x)
- Karta Matrox Meteor II (3x)
- Komputery klasy PC (3x)

Kamery

Po wielu testach czułości i zasięgu kamer szef video obserwacji w Polsce zdecydował, że do celów stacji bolidowej najodpowiedniejsza będzie kamera firmy MINITRON MTV-23X11E.

Parametry techniczne kamer:

- kamera czarno-biała standardowej rozdzielczości.
- detektor CCD 1/3 cala
- rozmiar chipa 537x505
- 0,03 lux $F/1.2$ (5600 K)

Obiektywy

Bardzo ważnym elementem całego zestawu jest obiektyw. W tym celu stacja PFN01 w Ostrowiku wykonała testy 13 modeli obiektywów o ogniskowej poniżej 12 mm i światłosilach lepszych niż $F/1.4$. Wyniki testów pokazały, że pod względem zasięgu i ostrości najlepsze okazały się obiektywy firmy Ernitec.

Parametry techniczne obiektywu:

- ogniskowa: 4 mm
- światłosiła: $F/1.2$

Karta Matrox Meteor II

Ponieważ w stacji bolidowej zastosowane są kamery analogowe (zastosowanie technologii cyfrowej jest dużo droższe) potrzebne są karty (tzw. frame grabber), które przetworzą sygnał analogowy na cyfrowy. Wybór kart był zdeterminowany używanym oprogramowaniem.

Parametry techniczne karty Matrox Meteor II Standard:

- karta w formacie PCI
- 12 wejść wideo
- transfer obrazu do pamięci systemowej lub pamięci karty graficznej w czasie rzeczywistym

Komputery klasy PC

Parametry techniczne komputerów:

- procesor: Intel Celeron 800Mhz
- pamięć operacyjna: 128 MB
- system operacyjny: Free DOS / Gentoo

Oprogramowanie

Głównym etapem obserwacji jest analizowanie otrzymanych obrazów. Do analizowania obrazów wykorzystujemy MetRec (Meteor Recognizer) napisany przez Sirko Molau. MetRec to zbiór programów służący do automatycznego wykrywania i analizowania meteorów na obrazie video. Program analizuje w czasie rzeczywistym obraz video w systemie PAL (328x288 pixeli, 8 bitów) lub NTSC (320x240 pixeli, 8 bitów) z prędkością 25/30 klatek na sekundę. Przechowuje on w swojej bazie czas wystąpienia meteoru, sumę obrazów, na których zarejestrowano meteor oraz animacje każdego zdarzenia. Dzięki zastosowaniu tego oprogramowania możemy wyznaczyć jasność meteoru, jego prędkość oraz współrzędne na niebie. MetRec wykorzystuje złożone algorytmy detekcji, które pozwalają wykryć nawet słabe meteory i minimalizują błąd wykrywania. Program przetwarza obraz video na cyfrowe obrazy (za pośrednictwem karty Matrox Meteor II) i odejmuje od niego obraz średni. Dzięki temu wszystkie „stacjonarne” obiekty takie jak gwiazdy, sztuczne źródła światła znikają, a pozostaje jedynie szum i szybko poruszające się obiekty. Następnie obraz jest oczyszczany z szumów („flat fielding”). Po takiej wstępnej redukcji, program wyszukuje jasnych wydłużonych plam na obrazie. Jeśli jasność takiej plamy jest większa od pewnego progu zakłada się wykrycie meteoru. Program porównuje pozycje tych plam z podobnymi plamami na kolejnych obrazach w celu śledzenia meteoru. Jeżeli obiekt ma odpowiednią prędkość i jeżeli został znaleziony na wcześniej ustalonej minimalnej liczbie klatek, mamy do czynienia z wykryciem meteoru. Po zniknięciu meteoru, MetRec liczy współrzędne równikowe pozycji meteoru na poszczególnych klatkach, wyznacza przybliżoną trajektorię lotu, oblicza prędkość i jasność meteoru. Na koniec oprogramowanie sprawdza, do jakiego deszczu meteorów mógł należeć zaobserwowany meteor (lista IMO)

Dzięki takim obserwacjom możliwe jest wyznaczenie orbity meteoru oraz miejsca upadku ewentualnego meteorytu (jeżeli wykonano wystarczająco dużo obserwacji).

The screenshot displays the MetRec software interface with several panels:

- Input:** Instructions for selecting reference stars using cursor keys and Enter.
- Data Screen:** Observing parameters for Aachen (16855), including geographic coordinates, operation mode, reference date and time, field of view, and limiting magnitude.
- Reference Stars:** A table listing 19 stars with their J2000 equatorial coordinates and magnitudes.
- Zoom:** A view of the reference image with a crosshair and a zoomed-in section.
- Star Catalog:** A view of the star catalog with a crosshair and a zoomed-in section.

#	PMN	RA	DE	L10	MAG	B-U	x	y	pixelsum
4	189139	19.512	27.959	7.8	3.1	1.1	213.5	91.3	391
5	82139	18.962	32.689	18.5	3.3	0.8	226.8	24.5	362
6	136231	19.771	18.613	4.2	2.7	1.5	284.5	215.3	363
7	135773	19.898	13.864	4.3	3.8	0.8	327.3	148.5	278
8	137344	19.979	19.492	10.8	3.5	1.6	218.8	173.5	253
9	136776	19.798	18.534	8.6	3.8	1.3	248.8	166.8	198
10	189883	19.478	24.665	8.9	4.4	1.5	233.3	107.5	159
11	81887	18.825	33.362	8.6	3.5	0.8	233.5	8.8	192
12	82852	19.938	35.883	9.1	3.9	1.8	146.3	76.3	143
13	488275	28.761	38.719	4.2	4.2	1.8	98.5	152.8	144
14	118765	28.263	27.814	5.5	4.5	1.3	155.3	141.3	128
15	138996	28.778	16.125	5.7	4.3	1.8	162.8	253.3	149
16	488272	28.626	14.595	7.2	3.6	0.5	184.5	253.8	148
17	85845	28.498	38.368	9.7	4.8	0.4	124.5	138.8	148
18	135586	18.994	15.868	5.4	4.8	1.1	328.5	125.3	146
19	136766	19.684	17.476	8.8	4.4	1.8	254.3	164.8	---

4 Projekty naukowe

Astrometria

Głównym celem działalności Stacji Bolidowej w Zielonej Górze jest rejestracja pozycji oraz czasu wystąpienia meteorów na niebie. Dokładność wykonywanej astrometrii zależy od rodzaju zjawiska i jest na poziomie 0.02-0.03 stopnia. Dokładność tę możemy jednak zwiększyć jeżeli zjawisko zostało obserwowane w większej ilości punktów obserwacyjnych. Obserwacja tego samego zjawiska w różnych stacjach pozwala również na wyznaczenie orbity, a tym samym trójwymiarowego obrazu lotu meteoru. Symulacje pokazują, że obserwacje z kilku miejsc jednocześnie pozwolą wyznaczyć trajektorię z wystarczającą dokładnością, aby było możliwe znalezienie meteorytu.

Badanie meteorytów

Większość meteorytów pochodzi spośród kolidujących między sobą asteroid, które wypadając z orbit kolidują z orbitą Ziemi. Ich wiek szacowany jest na 4.5 miliarda lat - jest to wiek powstania naszego Układu Słonecznego. Badanie tych znalezisk może dostarczyć nam informacji na temat formowania się naszego układu planetarnego. Nieliczną grupą są meteoryty przybyłe z Marsa i ziemskiego Księżyca, który są względnie młodymi obiektami - ich wiek szacuje się na 360 milionów lat. Informacje z nich uzyskane pozwolą nam odpowiedzieć na pytania dotyczące nowszej historii naszego układu. Najstarszymi obiektami są chondryty węgliste, które najprawdopodobniej pochodzą spoza Układu Słonecznego. Meteoryty były znajdowane od zawsze, istnieją nawet wyspecjalizowane grupy, które zajmują się tym procederem. Znaleziony jednak w ten sposób materiał badawczy dostarcza dużo mniej informacji niż meteoryty znalezione bezpośrednio po upadku. Głównym czynnikiem powodującym taki stan rzeczy jest korozja jakiej ulegają meteoryty, które dłuższy czas znajdują się na naszej planecie.

Dane statystyczne

Dla zdecydowanej większości meteorów nie jest możliwe wyznaczenie orbity. Jest to spowodowane zbyt małą jasnością zjawiska lub warunkami pogodowymi w innych stacjach, które uniemożliwiają obserwację. Mimo, że w tym przypadku nie jest możliwe odnalezienie meteorytu, możemy wykorzystać dane obserwacyjne do oszacowania np. ilości materii jaka spada na Ziemię w postaci małych ciał niebieskich.

Zachowanie meteorytów w atmosferze

Obserwacje zjawiska mają postać ciągłą, pozwala to prowadzić badania dotyczące faktycznego przebiegu spalania meteorytu w atmosferze. Bardzo często obiekty podlegają defragmentacji (rozczepieniu na kilka fragmentów), obserwacje takiego zdarzenia pozwolą sprawdzić modele teoretyczne opisujące to zdarzenie.

Monitoring nieba (projekt)

Jedną z dodatkowych możliwości wykorzystania stacji bolidowej w Zielonej Górze jest monitoring nieba w celu wykrycia obiektów stacjonarnych. Oprogramowanie zastosowane w stacji (metrec) pozwala na wykrywanie zjawisk, których minimalna prędkość wynosi $2^\circ/s$. Planujemy jednak napisanie własnego oprogramowania, które pozwoli na detekcję oraz identyfikację obiektów stacjonarnych znajdujących się w polu widzenia kamer. Minimalna jasność obiektu możliwego do detekcji wynosi $6mag$ (dłuższe czasy naświetlania niż przy detekcji meteorów), jeżeli weźmiemy jeszcze pod uwagę fakt, że kamery pokrywają ok. 50% nocnego nieba możliwa

jest detekcja wielu obiektów z naszego układu planetarnego oraz jaśniejszych obiektów spoza niego.

5 Modernizacja stacji

Zdalne sterowanie

Pierwszym etapem modernizacji będzie umożliwienie zdalnego sterowania działaniem stacji.

- przystosowanie oprogramowania do środowiska linux
- ulepszenie mechanizmu automatycznych przysłon
- konstrukcja i wykonanie mechanizmu sterującego zasilaniem

Automatyzacja działania

W celu wykorzystania maksymalnie długiego czasu obserwacji oraz zminimalizowania nakładu pracy użytkownika potrzebna jest automatyzacja działania stacji.

- integracja z mapą nieba
- integracja z serwisami przewidującymi i monitorującymi pogodę
- napisanie oprogramowania sterującego

Monitoring nieba

W celu rozszerzenia funkcjonalności stacji o monitoring nieba w celu wykrywania obiektów stacjonarnych potrzebne jest napisanie oprogramowania umożliwiającego wykonywanie prostej fotometrii oraz porównanie z bazami danych ciał niebieskich.

- oprogramowanie do fotometrii
- przeszukiwanie bazy danych ciał niebieskich
- integracja z istniejącymi modułami