

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2007

Alena Křivská

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická

Katedra telekomunikační techniky

Rozhraní pro řízení hvězdářského dalekohledu

leden 2007

Diplomant:

Alena Křivská

Vedoucí práce:

Ing. Jaroslav Burčík, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem zadanou diplomovou práci zpracovala sama s přispěním vedoucího práce a konzultanta a používala jsem pouze literaturu v práci uvedenou. Dále prohlašuji, že nemám námitek proti půjčování nebo zveřejňování mé diplomové práce nebo jejích částí se souhlasem katedry.

Datum: 15. 1. 2007

.....

podpis diplomanta

Poděkování

Chtěla bych poděkovat Ing. Jaroslavu Burčíkovi, Ph.D., vedoucímu mé diplomové práce, za vedení, zájem, připomínky a čas, který mi věnoval. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Marcelu Bělíkovi, zaměstnanci Hvězdárny v Úpici, a Ing. Martinu Fuchsovi, zaměstnanci Štefáníkovi hvězdárny v Praze, kteří mi pomáhali svými připomínkami, radami i náměty při obtížích nebo otázkách, na které jsem při práci narazila. Mé poděkování patří též mé rodině a blízkým přátelům za pomoc a podporu během studia.

.....Zadání.....
(Originál v originálu diplomové práce,
oboustranná kopie v kopii diplomové práce)

Anotace:

Tato diplomová práce se zabývá návrhem robotického dalekohledu pro Hvězdárnu v Úpici, který by vyhovoval jejímu současnému zaměření na popularizaci astronomie. Systém by měl být schopen pracovat samostatně bez přímé lidské obsluhy a zároveň reagovat na pokyny vzdálené obsluhy, které přijímá pomocí internetového rozhraní. Návrh je vytvořen na základě dostupných zkušeností s podobnými systémy užívanými u nás i ve světě.

Summary:

This graduation theses deals with design of robotic telescope for observatory in Upice which would be suited to its present focus on popularization of astronomy. The system should be able to work on its own – without direct human handling and at the same time to respond to directions of distant handling which are received via internet interface. The design is created on the basis of accessible experience with the similar systems used in the Czech Republic and round the world.

Obsah

1	Úvod	1
2	Robotické dalekohledy a jejich místo v současné astronomii	2
2.1	Současný stav ve světě	2
2.2	Situace v České republice	9
3	Obecné požadavky na systém robotického dalekohledu	10
3.1	Dalekohled Mark - jedno z možných řešení pro malé hvězdárny	12
3.1.1	Hlavní části systému	12
3.1.2	Řízení systému	16
4	Návrh nového dalekohledu pro Hvězdárnu v Úpici	26
4.1	Tradice pozorování na Hvězdárně v Úpici	26
4.2	Současné přístrojové vybavení	27
4.3	Podoba nového dalekohledu	29
4.3.1	Dalekohled a snímač obrazu	30
4.3.2	Kopule	35
4.3.3	Senzory pozorovacích podmínek	37
4.3.4	Servery a programové vybavení	39
5	Funkční specifikace uživatelského rozhraní dalekohledu	41
5.1	Přehled uživatelů	41
5.2	Popis funkcionalit	41
5.2.1	Registrace uživatele	42
5.2.2	Přihlášení do aplikace	44
5.2.3	Administrace uživatelů administrátorem	47
5.2.4	Zobrazení, změna registračních údajů uživatelem	50
5.2.5	Zadávání požadavku a nastavení systému administrátorem	51
5.2.6	Zadávání požadavku na pozorování uživatelem	53
5.2.7	Prohlížení nasnímaných dat uložených v databázi	55
5.2.8	Obecné požadavky na seznamy	57
6	Závěr	58
7	Použité zdroje	59
8	Přílohy	63
8.1	Slovníček mezinárodně používaných odborných termínů	63
8.2	Seznam použitých zkratk	63

1 Úvod

Již od dětství je astronomie mým velkým koníčkem. Až do nedávné doby jsem navštěvovala Hvězdárnu v Úpici, odkud pocházím, a měla tak možnost účastnit se mnohých pozorování a setkání mladých astronomů. I v současné době stále sleduji výsledky nových pozorování a možnosti jejich zdokonalení a zpřístupnění co nejširšímu okruhu veřejnosti.

Mladých lidí s podobným zájmem přibývá, avšak ne všichni mají příležitost, jakou jsem měla já. V rámci snahy a potřeby šířit vzdělanost a poznání v tomto oboru je tedy nutné navrhnout a realizovat systém, který bude přístupný odkudkoliv prostřednictvím internetu. Tím bude zpřístupněno pozorování nejširšímu okruhu zájemců z řad laické veřejnosti, aniž by při tom museli fyzicky pobývat na hvězdárně.

Uskutečnit tuto myšlenku znamená zmodernizovat dle finančních možností dosavadní přístrojové zařízení hvězdáren. Jeden z možných kroků k uskutečnění těchto cílů vidím v návržení a postupném vybavování těchto odborných pracovišť novými typy dalekohledů. Ty by měly být schopny pracovat samostatně bez lidské obsluhy s omezenými energetickými zdroji a zároveň reagovat na pokyny vzdálené obsluhy, které přijímají pomocí internetového rozhraní. Myšlenka to sice není nová, avšak aktuální je u nás i ve světě. Prostředí jednotlivých hvězdáren a podmínky pro pozorování se však liší.

Cílem mé práce je navrhnout nejvhodnější robotický dalekohled, který by sloužil vědcům i návštěvníkům Hvězdárny v Úpici, jejíž prostředí je mi známé a blízké.

2 Robotické dalekohledy a jejich místo v současné astronomii

Automatizace procesů pomocí strojů dnes zasahuje do všech možných vědních oborů. Astronomie není výjimkou. V posledních letech se po světě objevila celá řada astronomických teleskopů, jejichž činnost je automatizována do určitého stupně. Cílem většiny projektů je vytvořit plně robotické dalekohledy schopné pracovat bez lidské obsluhy, sloužící k pozorování vesmíru jak profesionálním astronomům, tak i astronomům amatérům.

Nejčastěji jsou určeny k pozorování gama záblesků, služebnímu pozorování, fotometrickému monitorování, mapování oblohy, hledání exoplanet a asteroid. Většinu výše uvedených astronomických pozorování v dnešní době nelze provádět vizuálně. Tato měření se provádějí na různých vlnových délkách a bývají založena na sběru a zpracování velkého množství dat.

Další důležitá činnost spojená s využitím robotických dalekohledů je vzdělávání veřejnosti, dětí a studentů různých škol v oboru astronomie. Nedá se jimi sice přímo pozorovat oblohu očima, protože místo okuláru bývá často napevno umístěna citlivá CCD (Charge Coupled Device) kamera. Naproti tomu je zde možnost vytvoření a zaslání tzv. snímků na přání v elektronické podobě. V současnosti je snaha umisťovat dalekohledy mimo velká města nejlépe do hor, kde je čistší vzduch a nesrovnatelně menší světelné znečištění.

2.1 Současný stav ve světě

Robotických dalekohledů je ve světě nasazeno již několik desítek a jejich počet stále roste. Jedná se o složité systémy, jejichž činnost je automatizována do určitého stupně. Ne všechny se však nacházejí na velkých observatořích s většími rozpočty a tudíž i možnostmi. Často byly zkonstruovány odbornými pracovníky na menších hvězdárnách nebo rukama nadšenců, astronomů amatérů. Některé z nich jsou přístupné veřejnosti, jiné jsou čistě soukromé. Podrobnější informace o jednotlivých systémech a jejich funkcích obvykle nejsou veřejně dostupné. Z velkého počtu projektů jsem vybrala několik příkladů pro inspiraci a poučení:

All Sky Astronomical Survey

Jedná se o projekt, jehož hlavním cílem je fotometrické monitorování více než deseti milionů hvězd jasnějších než 14 magnitud. Hlavním iniciátorem myšlenky vzniku projektu byl prof. Bohdan Paczynski z univerzity v Princetonu. Vlastní teleskop je umístěn na observatoři Las Campanas, která je pod správou Carnegie Institution of Washington. Tento projekt je financován ze soukromých zdrojů. V roce 2003 nahradil systém ASAS-3 dva stávající nízkonákladové prototypy. ASAS-3 tvoří čtyři teleskopy s širokouhlými objektivy. Výsledkem pozorování nového systému je katalog

proměnných hvězd.

Automated Astrophysical Site-Testing InterNational Observatory

AASTINO je společným projektem Austrálie, Francie, Itálie a Spojených států amerických a je umístěn na chráněné straně antarktické náhorní plošiny. AASTINO je robotizovaná observatoř ovládaná počítačem s operačním systémem Linux přes Internet a Iridium telefony. Obsahuje webovou kameru, zvukový radar, submilimetrový monitor oblohy a další přístroje. Přísun energie je zajištěn dvěma solárními panely.

Automated Planet Finder Telescopes

Tento projekt se specializuje na hledání exoplanet, tedy planet nacházejících se mimo Sluneční soustavu. Dalekohled s průměrem 2,4 m je umístěn na hoře Hamilton v severní Kalifornii, kde bývá od května do dubna až 90 % nocí jasných. APF je vybaven spektrografem s vysokým rozlišením. Od roku 1995 již vědci pomocí něho objevili více než 100 planet podobných Jupiteru. Hlavním cílem je však hledání planet podobných Zemi. Projekt je financován observatoří Naval a NASA.

Automatic Radio-Linked Telescope

Projekt vznikl ve spolupráci několika vysokých škol v Novém Mexiku v USA a je podporován NASA. Vlastní montáž teleskopu se zrcadlem o průměru 0,44 m je umístěna v Silver City v Novém Mexiku. Systém využívají především studenti a není přístupný veřejnosti. Na internetových stránkách dalekohledu se můžeme dočíst, že již bylo pořízeno kamerou přes 50 tisíc snímků.

Automatic Telescope for Optical Monitoring

Je projektem hvězdáren v Heidelbergu a v Hamburku. Jedná se o Ritchey-Chretien systém s průměrem zrcadla 1,20 m a ohniskovou vzdáleností 15,60 m. V roce 2000 byl tento druhý největší dalekohled v Německu zmodernizován a vybaven CCD kamerou. Od roku 2001 byl využíván pro učební účely a malé pozorovací programy. Od roku 2003 sloužil také k monitorování počasí. V létě roku 2005 byl teleskop přemístěn do Namibie. Jedna z oblastí jeho využití je pozorování gama záblesků.

Axial Meridian Circle

V roce 1995 byl uveden do provozu teleskop ve městě Nikolaev na Ukrajině, který se zabývá astrometrií. Jeho objektiv má průměr 180 mm a ohniskovou vzdálenost 2 400 mm. Zakončení tubusu je spojeno s hvězdným mikrometrem. Od roku 1996 zde bylo provedeno více než 190 pozorování mimogalaktických radiových zdrojů v rozsahu 12 - 15 magnitud.

Bisei Spaceguard Center

Japonský projekt se specializuje především na pozorování objektů blízkých Zemi a úlomků vesmírných lodí na oběžné dráze Země, jichž bohužel stále přibývá. Výsledky takovýchto měření pomáhají předcházet nežádoucím kolizím. Systém se skládá z radaru, dvou dalekohledů s průměry zrcadel 1 m a 0,5 m a CCD kamery.

Burst Observer and Optical Transient Exploring System

BOOTES je projekt Španělska a České republiky. Skládá se ze dvou systémů. BOOTES-1 je umístěný v El Arenosillo ve Španělsku a je tvořen podsystémy BOOTES-1A a BOOTES-1B.

BOOTES-1A je složen z Schmidt-Cassegrainova dalekohledu (reflektoru) s průměrem zrcadla 0,2 m a světelností $f/10$. Dalekohled je doplněn komerčním širokoúhlým objektivem Nikon s ohniskovou vzdáleností 50 mm se CCD kamerou se širokým zorným polem $16^\circ \times 11^\circ$.

BOOTES-1B zahrnuje dva Schmidt-Cassegrainovi dalekohledy s průměry zrcadel 3 m a 0,2 m a světelností $f/10$. Je doplněn spektrografem, CCD kamerou s úzkým zorným polem $40' \times 30'$ a dvěma širokoúhlými objektivy se CCD kamerami se širokými zornými poli $40^\circ \times 28^\circ$ a $16^\circ \times 11^\circ$.

BOOTES-2 pracuje na ostrově Mayora na Baleárských ostrovech. Hlavní pracovní náplní je zde pozorování gama záblesků. Systém je tvořen Schmidt-Cassegrainovým dalekohledem s průměrem zrcadla 0,3 m a světelností $f/10$ a kamerou s úzkým zorným polem $36' \times 36'$. Dalekohled je doplněn širokoúhlým objektivem s kamerou s širokým zorným polem $42^\circ \times 42^\circ$.

Bradford Robotic Telescope

Je součástí Observatorio del Teide Instituto De Astrofisica De Canarias v Tenerife na Kanárských ostrovech. Observatoř Teide se nachází ve výšce 2 400 metrů nad mořem na severní straně sopečné kaldery. Na montáži je umístěn systém tří fotografických dalekohledů osazených stejnými CCD čipy. Na různé typy objektů jsou použity různé přístroje. Pro snímání souhvězdí je určen širokoúhlý systém s fotografickým objektivem Nikon 16 mm/2,8. Pro fotografování hvězdokup je použit objektiv Nikon s ohniskovou vzdáleností 200 mm, který je zaměřen na snímání menších objektů (typicky otevřených hvězdokup). Galaxie jsou snímány dalekohledem Celestron 14 s průměrem 365 mm a ohniskovou vzdáleností 3 910 mm, která je zmenšena redukčním členem 0,67. Spolu s dalekohledem je automaticky ovládána i kopule.

Celý systém je řízen třemi počítači pro řízení a komunikaci, navádění a informace o počasí. Stav dalekohledu a počasí je monitorován pomocí webových kamer. Do systému se uživatel přihlásí a pomocí formuláře zadává potřebné parametry pro snímání.

Carlsberg Meridian Telescope

Donedávna byl projekt zaštiťen observatoří univerzity v Copenhagen, institutem astronomie v

Cambridge, královským institutem a observatoří Armada v San Fernandu. Dnes je spravován posledně jmenovanou. Dalekohled je čočkový s průměrem 17,8 cm a ohniskovou vzdáleností 266 cm. Proces pozorování je automatizován a řízen Pentium PC.

Projekt byl spuštěn na observatoří Roque de los Muchachos na ostrově La Palma na Kanárských ostrovech v roce 1984 jako vůbec první plně automatizovaný dalekohled na světě. Na jaře roku 1997 byl proveden další stupeň automatizace. Teleskop začal být ovládán přes internet z Velké Británie, Dánska a Španělska. V roce 1998 byl zaměněn fotoelektrický mikrometr za CCD kameru. Výsledky pozorování jsou publikovány v katalogích hvězd (Carlsberg Meridian Catalogue), které jsou dostupné na internetu.

Faulkes Telescope

Tento projekt se skládá ze dvou teleskopů umístěných na ostrově Maui v Haleakala Observatory na Havaji a v Siding Spring Observatory v Novém jižním Walesu v Austrálii. Je odvozen z Liverpool Teleskope, který byl postaven ve Velké Británii pro přední evropskou observatoř na ostrově La Palma na Kanárských ostrovech. Každý teleskop má průměr hlavního zrcadla 2 m a je vybaven CCD kamerou s rozlišením 2 048 x 2 048 individuálních obrázkových elementů (pixelů).

Obrázky hvězd, planet a galaxií mohou být zaslány v několika minutách do vyučovací třídy prostřednictvím telefonu a modemu. Celý systém pracuje automaticky a je řízen z Velké Británie, Havaje a Austrálie. Instrukce jsou zadávány přes telefonní linku. Kontrolní systém dalekohledu rozhodne, zda je vhodné počasí, a v případě kladné odpovědi pořídí snímek. Hlavním cílem projektu je přinést astronomii do školních lavic dětem v Austrálii, Velké Británii a USA. Sponzorem obou robotických dalekohledů je britský obchodník Dr. Faulkes.

Fotometric Robotic Atmospheric Monitor

Český robotický teleskop FRAM je součástí mezinárodní observatoře Sierra Augera v Argentině. Observatoř Pierra Augera je největším existujícím detektorem kosmického záření na světě. Dalekohled FRAM, který zkonstruovali čeští vědci z Fyzikálního ústavu AV ČR ve spolupráci se svými kolegy z Astronomického ústavu AV ČR, slouží v jejím rámci pro určování průzračnosti atmosféry pomocí měření jasností hvězd.

Tato měření jsou důležitá, neboť atmosférické podmínky jsou velmi proměnlivé. Systém tvoří Cassegrainův dalekohled s ohniskovou vzdáleností 3 000 mm a průměrem zrcadla 200 mm. Dalekohled je umístěn na montáži Losmandy G-11 s elektronickým naváděcím systémem Gemini. Nejdůležitějším prvkem systému je fotometr Optec SSP5-A. Dalekohled je dále vybaven dvěma CCD kamerami. Kamera se širokým zorným polem Starlight XPress MX 516 se využívá pro astrometrii a kamera s úzkým zorným polem Starlight XPress MX 716 je hlavně používána pro navádění a fokusaci.

System je řízený pomocí PC s operačním systémem Linux. FRAM byl uveden do provozu v prosinci roku 2005 a svůj první významný úspěch zaznamenal na poněkud nečekaném poli - v rámci svého doplňkového programu, kterým je sledování optických jevů provázejících záblesky gama. FRAM pořídil celkem sedm snímků, na nichž je optický protějšek dobře patrný nejprve jako bod zhruba padesátkrát slabší než nejslabší hvězdy viditelné pouhým okem, avšak během dalších dvou minut zeslábl více než desetkrát a zmizel z dosahu přístroje.

Iowa Robotic Telescope Facility

Je nyní pod patronací Winer Observatory (USA). Dalekohled Ritchey-Chretien s průměrem zrcadla 0,5 m je umístěn na azimutální montáži a vybaven Apogee CCD kamerou s rozlišením 1 024 x 1 024 pixelů a filtrovým kolem. Nachází se pod odsuvnou střechou. Všechny systémy jsou řízeny automatizovaným řídicím systémem. Projekt je nyní založen na komerční bázi. Pod společnou odsuvnou střechou je možno umístit za poplatek vlastní robotický dalekohled a využít tak nejen technické služby, ale zejména dobrého počasí a tmavé oblohy. Díky špatnému spojení (pomalé linky) však není možno řídit dalekohledy on-line, nýbrž pracují podle předem stanoveného programu.

Liverpool Teleskope

Jedná se údajně o nejrozsáhlejší robotický dalekohled. Je umístěn na ostrově La Palma na Kanárských ostrovech v nadmořské výšce 2 344 m. Jeho vlastníkem je Astrophysics Research Institute Liverpool John Mores University. Hlavním úkolem projektu je studium supernov a gama záblesků. Dále je využíván na sledování a objevování komet a asteroid představujících potenciální nebezpečí pro Zemi a pro pozorování proměnných hvězd.

Teleskop mohou též využívat ostatní astronomové z Velké Británie a to ve 40 % pozorovacího času. 5 % z tohoto času je vyhrazeno na projekty žáků pod dohledem profesionálních astronomů. Hlavní dalekohled systému má azimutální montáž, průměr zrcadla 2 m, světelnost f/10 a umožňuje pozorování objektů s mezní hvězdnou velikostí do 17 magnitud.

Mobile Astronomical System of the Telescope-Robots

MASTER je plně automatický systém umístěný nedaleko Moskvy obsahující dalekohledy Richter-Slefogt s průměry zrcadel 0,35 m, 0,28 m a 0,20 m. Systém je určený na objevování, odhadování souřadnic a fotometrických měření supernov, hvězd, gama záblesků a asteroid. Registrovány jsou objekty do 20 magnitud hvězdné velikosti.

Northern Virginia Astronomy Club System Robotic Teleskope

NOVAC's Robotic Telescope Teleskope pracující samostatně je umístěn na observatoři v Centreville ve Virginii. Teleskop mohou využívat členové spolku NOVAC, kteří se finančně podílejí na chodu

projektu.

Je zde použit systém Meade s průměrem zrcadla 254 mm a světelností $f/6,3$. Pracovní náplň tvoří objevování komet a asteroid a určování jejich drah, hledání exoplanet a supernov, fotometrie proměnných hvězd a další úkoly týkající se astronomie. Teleskop je ovládán prostřednictvím webového prohlížeče z observatoře. Jediné, co je třeba znát, je název objektu, který má být pozorován. Požadavky jsou řazeny do fronty. Vlastníci teleskopu pořádají každoročně také několik pozorování pro veřejnost.

Rigel Telescope

Je nástupcem Iowa Robotic Telescope. Rigel teleskop je umístěn na mohutné vidlicové paralaktické montáži v areálu university ve státě Iowa. Osazen je dalekohledem typu Cassegrain (průměr zrcadla 37 cm, $f/14$) s filtrovým kolem, spektrometrem a CCD kamerou s rozměrem 1 024 x 1 024 pixelů. Řídící systém ovládá automatické navádění, zaostření, filtrové kolo, spektrometr, kameru, komunikaci s okolím, počasí a odsuvnou střechu. Dalekohled byl postaven na základě zkušeností s Iowa robotic telescope a nyní je ve zkušebním provozu bez účasti veřejně zadávaných požadavků.

Robotic Cyberspace Community Teleskope Observatory

RoCCoTO je projektem University of Glamorgan ve Walesu. Meade LX200 dalekohled je umístěn přímo na nejvyšší budově University of Glamorgan. Uživatelé získávají svá pozorování prostřednictvím webových stránek. RoCCoTO je určený jak astronomům, tak i studentům.

RoboTel

Projekt astronomického institutu v německém Postdamu se teprve připravuje. Dalekohled je instalován přímo v budově institutu. Výzkumné cíle jsou např.: určování vzdáleností, rotačních period asteroid, světelné křivky ekliptických binárních hvězd a spektroskopie. Dále bude sloužit až z 50 % pro vzdělávací účely. Může být ovládán žáky přímo z vyučovací třídy. RoboTel je zmenšená kopie dalekohledu STELLA (STELLAR Activity) s průměrem zrcadla 80 cm a světelností $f/8$.

Robotic Observatory Theoretical Astrophysics Tübingen

ROTAT je určený univerzitním studentům a astronomům amatérům. Systém se skládá z Schmidt Cassegrainova teleskopu Meade s průměrem zrcadla 30 cm a světelností $f/10$ a CCD kamery SBIG ST-8. Projekt se nalézá v německém Tübingenu a je zaměřen na studium světelných křivek kataklyzmických proměnných hvězd, supernov a gama záblesků. K systému se přistupuje přes internet.

Robotic Optical Transient Search Experiment

ROTSE je experimentální program na výzkum gama záblesků a jejich optických protějšků. Projekt

je navržen a spravován Los Alamos National Laboratory, Lawrence Livermore National Laboratory a University of Michigan. Počítače sbírající data pracují pod operačním systémem Linux. ROTSE-I je seskupení čtyř elektronických kamer Canon, s ohniskovou vzdáleností 200 mm a světelností $f/1.8$, upevněných na běžné rovníkové platformě. ROTSE-II tvoří dva dalekohledy se světelností $f/1.9$ operující ve stereo módu. ROTSE-III je soubor teleskopů se světelností $f/1.9$.

STELLar Activity

STELLA je společným projektem Astrophysical Institute Postdam a Instituto de Astrofísica de Canarias a je umístěný na observatoři Teide Observatory na ostrově Tenerife na Kanárských ostrovech. Jedná se o dlouhodobý projekt pro pozorování a monitorování aktivity stopových izotopů na chladných hvězdách. Systém se skládá ze dvou robotických dalekohledů STELLA-I a STELLA-II, které jsou plně automatizované.

Systém STELLA-I tvoří automatizovaný dalekohled s průměrem zrcadla 1,2 m a světelností $f/8$, spektrograf a fotometr. Systém STELLA-II zahrnuje automatizovaný dalekohled s průměrem zrcadla 1,2 m a světelností $f/10$ a spektrograf.

Transient Object Automated Search Telescope

TOAST je robotický Schmidt Cassegrain teleskop Meade LX200 s průměrem zrcadla 251 mm a světelností $f/6,3$ s dvěma kamerami SBIG ST-8XE CCD a SBIG STV. Je umístěný v Grand Forks v Severní Dakotě. Náplní pozorování jsou exoplanety, gama záblesky, supernovy, planety a komety.

Projekt	Umístění	Účel	Přístupnost veřejnosti
AASTINO	Dome-C / Antartida	Monitorování počasí	Ne
APT	Mt.Hamilton / USA	Hledání exoplanet	Ne
ASAS	Las Campanas / Chile	Fotometrické monitorování hvězd	Ne
ATOM	Namibie	Pozorování gama záblesků	Ne
Automatic Radio-Linked Telescope	Silver City / USA	Výzkum nov	Pouze studentům místních univerzit
Axial Meridian Circle	Nikolaev / Ukrajina	Astrometrie	Ne
Bisei Spaceguard Center	Bisei / Japonsko	Pozorování objektů blízkých Zemi	Ne
BOOTES	El Arenosillo / Španělsko La Mayora / Baleárské ostrovy	Pozorování gama záblesků	Ne
Bradford Robotic Telescope	Tenerife / Španělsko	Pozorování gama záblesků, vzdělávání	Ano

Projekt	Umístění	Účel	Přístupnost veřejnosti
Carlsberg Meridian Telescope	La Palma / Španělsko	Astrometrie	Ne
Faulkes Telescope	Maui /Havajské ostrovy, Nový jižní Wales / Austrálie	Vzdělávání	Pouze studentům Austrálie, Velké Británie a USA
FRAM	Sierra Augera / Argentina	Určování průzračnosti atmosféry, pozorování gama záblesků	Ne
Iowa robotic telescope facility	Iowa City / USA	Vzdělávání	Komerčně ano
Liverpool Teleskope	La Palma / Španělsko	Studium nov a gama záblesků, vzdělávání	Pouze studentům pod vedením
Master	Nedaleko Moskvy	Fotometrická měření, studium gama záblesků	Ne
NOVAC's Robotic Telescop	Centreville / USA	Objevování komet a asteroid	Komerčně ano
Rigel telescope	Iowa / USA	-	?
RoboTel	Potsdam / Německo	Fotometrická měření, vzdělávání	Pouze studentům
RoCCoTO	Glamorgan / Velká Británie	-	Pouze studentům
ROTAT	Tübingen / Německo	Studium proměnných hvězd, gama záblesků	Pouze studentům
ROTSE	Los Alamos / USA	výzkum gama záblesků	Ne
STELLA	Teide/Tenerife / Španělsko	Spektroskopie	Ne
TOAST	Grand Forks / USA	Astrometrie, výzkum gama záblesků	Ne

Tab. 2.1 Přehled vybraných projektů ve světě

2.2 Situace v České republice

Robotický dalekohled BART

Je to český zástupce v kategorii dalekohledů určených k detekci optických protějšků záblesků gama. Má plně automatizovanou montáž, která mu umožňuje spolu se složitým operačním systémem zareagovat na ohlášený gama záblesk do několika sekund. Teleskop je umístěn na observatoři Astronomického ústavu AV ČR v Ondřejově. Jeho pracovní náplň také spočívá v pozorování jiných objektů, jako jsou supernovy, blazary, aktivní galaxie a dalších.

Pro optickou detekci protějšků gama záblesků má přístroj širokouhlou CCD kameru se zorným polem 40° x 60° a s rozlišením 3 088 x 2 056 pixelů. Limitní magnituda tohoto systému je kolem 15

při minutové expozici s možností detekovat sekundový záblesk v magnitudě 10. Na přesnější měření se používá dalekohled Meade Schmidt-Cassegrain s průměrem 254 mm a ohniskovou vzdáleností 1,6 m. Jeho zorné pole s použitou CCD kamerou FLI MaxCam CM2-1 je 28,6 x 28,6 obloukových minut s rozlišením 1 024 x 1 024 pixelů. Při pozorování se používají standardní Besselovy filtry.

Dále je použita německá montáž Losmandy HGM Titan + Gemini GoTo, která je ovladatelná po sériovém portu RS232 z PC. Montáž je schopná najíždět rychlostí 6 stupňů za sekundu s poziční přesností přibližně jedné sekundy. Systém je řízen pomocí PC s operačním systémem Linux. Ovládací software RTS (Robotic Telescope System) vybírá z předem zadané sady možných pozorování to nejvhodnější, které provede. Zároveň očekává zprávu o gama záblesku, na níž je schopen automaticky zareagovat.

MARK

Projekt je realizován na Štefánikově hvězdárně v Praze. Podrobněji je o něm pojednáno v kapitole 3.1 Dalekohled Mark - jedno z možných řešení pro malé hvězdárny.

3 Obecné požadavky na systém robotického dalekohledu

Kromě velkých hvězdáren nacházejí robotické dalekohledy uplatnění také na menších pracovištích, kde jde vedle vědeckých výzkumů často i o práci s mládeží a popularizaci astronomie jako takové. Také zde se robotické dalekohledy uplatní jako vítaný pomocník vědeckých pracovníků i astronomů - amatérů. Systém by se skládal z těchto hlavních částí:

- Kopule s montáží dalekohledu
- Senzorů pozorovacích podmínek
- Řídícího systému

Vlastní dalekohled by se měl skládat z nezávislého naváděcího a snímacího dalekohledu, který sleduje vybraný objekt. Pro zlepšení užitečných vlastností dalekohledu je možno doplnit systém o zařízení pro automatickou pointaci - autoguider, který se umísťuje na naváděcí dalekohled. Díky němu jsou umožněny delší expozice, protože eliminuje mechanické a optické chyby během snímání objektu.

Z hlediska spolehlivosti je lepší preferovat komerční systémy dalekohledů (např. Meade, Celestron) a dalších zařízení¹. Tyto dalekohledy mají nejen propracovanou komunikaci s originálními ovládacími softwary, ale často jsou schopny komunikovat i s ovládáním kopule a dalšími zařízeními. I některé nekomerční produkty pro autopointaci a ovládání dalekohledu spolupracují s ovládacími a komunikačními standardy astronomických přístrojů.

¹ Autoguideru, ovládání kopule atd.

Další možností je aplikovat navrhovaný systém na montáž dalekohledu bez automatizovaného naváděcího systému. Montáž se musí doplnit o řídicí jednotku s naváděcím systémem (GO-TO). Snímací dalekohled je osazen záznamovým prvkem - CCD kamerou či digitálním fotoaparátem vhodných parametrů. Jedná se opět o komerční produkt, který spolupracuje s většinou dostupného softwaru.

Senzory pozorovacích podmínek zajišťují systému informace o místních meteorologických podmínkách a tím poskytují podklady pro práci dalekohledu. Pro využití v systému robotického teleskopu musí být připojitelné k počítači.

Výše popisované relativně nezávislé subsystémy je nutno spojit do jednoho celku schopného komunikovat s uživateli a v závislosti na svém momentálním stavu reagovat na jejich požadavky. Toto je oblast, která je plně závislá na zvolené konfiguraci a uživatelských požadavcích.

Je žádoucí, aby zvolený systém pracoval samostatně bez lidské obsluhy s omezenými energetickými zdroji tak, aby byl schopen reagovat na pokyny vzdálené obsluhy, které by přijímal pomocí internetového rozhraní. Zadané úkoly by měl umět analyzovat, rozpoznat nereálné a nelogické příkazy² a dle možnosti (počasí, denní doba) je realizovat, případně je zařadit do fronty.

V případě nevhodných meteorologických podmínek pozorování nezahájit či pozastavit již probíhající proces a systém bezpečně a rychle zaparkovat. Dále systém musí rozlišovat nastavenou prioritu uživatelů a v případě práce ve frontě optimalizovat pořadí prováděných operací. Výsledky (pořízené snímky) spolu s protokoly o procesu musí umět dopravit zpět k operátorovi a zadavateli.

Zaručena musí být i mechanická spolehlivost výše jmenovaných jednotlivých součástí a softwarová stabilita a s ní i alespoň základní autodiagnostika. Zcela nezbytné je také spolehlivé a bezpečné zaparkování systému. Rámcově či detailně je nutno navrhnout:

- Rozhraní a způsob komunikace s uživateli a administrátorem, v úvahu přichází internetové rozhraní, nejlépe na základě jazyka html či jeho modifikací
- Přístupová práva uživatelů, dávkové zpracování úloh a jejich optimalizace
- Komunikaci se senzory pozorovacích podmínek, zaparkování systému, ochrana před nereálnými a nelogickými příkazy
- Komunikaci řídicího systému s pohonem dalekohledu a autopointací
- Komunikaci řídicího systému se zařízením snímajícím obraz
- Protokoly prováděných akcí, autodiagnostiku a chybová hlášení uživateli a administrátorovi
- Přenos získaných dat uživateli
- Automatizované řízení kopule

2 Jako příklad lze uvést objekt pod obzorem, objekt přesahující schopnosti přístroje či objekty pro systém nebezpečné, např. snímek Slunce bez nastavení příslušné filtrace.

3.1 Dalekohled Mark - jedno z možných řešení pro malé hvězdárny

Než přejdeme ke konkrétnímu návrhu realizace robotického teleskopu, je užitečné se s některým již existujícím seznámit podrobněji. Můžeme tak předejít problémům vznikajícím při praktické realizaci či se na ně lépe připravit. Z mála dostupných projektů jsem pro podrobnější popsání zvolila dalekohled MARK (Malý Autonomní Robotický telesKop), s jehož realizací již začali na Štefánikově hvězdárně v Praze. Celý systém by měl být ve výsledku schopen:

- Plánovat pozorování podle databáze požadavků
- Spravovat databázi požadavků
- Zpracovat a uložit výsledky pozorování
- Sledovat výstupy z meteorologických čidel
- Analyzovat počasí na základě výstupů z meteorologických čidel
- Chránit dalekohled před poškozením
- Řídit dalekohled, kopuli, kameru a další přístroje

Jeho kapacitu je plánováno využít při měření poloh planetek, detekci zákrytů extrasolárních planet nebo při zhotovování spekter hvězd. Všechna tato pozorování vyžadují zhotovení stovek až tisíců fotografií zdánlivě "nezajímavých" oblastí oblohy. Jejich následným statistickým zpracováním se pak získají výsledky měření.

3.1.1 Hlavní části systému

Systém dalekohledu MARK se skládá z těchto tří částí: kopule s dalekohledem, senzory pozorovacích podmínek a výpočetního centra se třemi servery. Servery jsou určeny pro zpracování dat z čidel, řízení kopule, dalekohledu a kamery, zprostředkování komunikace s okolním světem a ukládání dat. Zabezpečené internetové připojení pak umožňuje dálkové ovládání a řízení pozorovacích programů. Pomyslnou čtvrtou část tvoří uživatel sedící kdekoli na světě u počítače připojeného k internetu.

Vlastní montáž dalekohledu je umístěna ve východní kopuli Štefánikovy hvězdárny o průměru 5 m. Senzory pozorovacích podmínek jsou nainstalovány především na střeše budovy v těsné blízkosti kopule. Výpočetní centrum s počítači, jimiž je systém řízen, se nachází v předsálí východní kopule.

Dalekohled

Jako hlavní dalekohled je použit upravený komerční systém Schmidt-Cassegrain Meade LX200 s průměrem objektivu 406 mm, ohniskovou vzdáleností 4,060 m a světelností f/10. Je doplněn fokálním reduktorem f/5 vlastní konstrukce postaveným na základě optiky Lumicon Easy Guider a

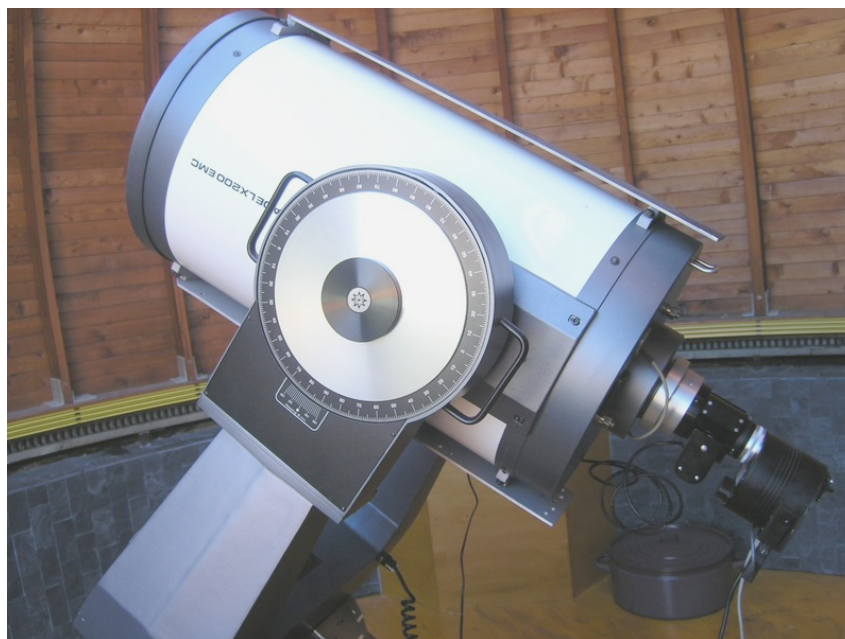
senzory parkovacích a zakázaných poloh.

Teleskop je umístěn na paralaktickém sloupu, což eliminuje nutnost použití derotátoru při dlouhých expozicích. Přídavnými dalekohledy jsou standardní hledáček Meade a monar 25 x 80 firmy ATC Přerov. Stojan teleskopu je připevněn v nezávislé betonové podlaze. Nad touto podlahou visí železný rošt pokrytý dřevěnými prkny, po kterých se chodí. Pro minimalizování přenosu vibrací je rošt kotven do stěn přes gumové špalky. V běžném provozu se nepředpokládá přítomnost osob v kopuli.

Úpravy samotného teleskopu spočívaly v přebudování ostření. Hlavní zrcadlo bylo usazeno do pevného rámu zafixovaného justačnými šrouby přímo do tubusu dalekohledu. Jemné ostření je vyřešeno motorickým výtahem TCF-S firmy Optec. Ostřicí systém umožňuje elektronické nastavení ohniskové vzdálenosti. V tubusu je umístěn teplotní senzor a ostření se provádí na základě „naučené“ teplotní křivky dalekohledu. Jde o převodní tabulku, kde dané teplotě odpovídá pozice snímače CCD kamery, která je umístěna na motorickém ostřicím zařízení. Jedná se samonaváděcí kameru SBIG ST10XE, jejíž CCD snímač o velikosti 14,7 x 10 mm, je osazen detektorem KAF-3200ME od firmy Kodak s rozlišením 3,2 mil. Pixelů (2 184 x 1 472) a kvantovou účinností menší než 60 %. Kamera SBIG ST10XE obsahuje též např. termoelektrické a vodní chlazení, volitelný měnič filtrů CFW-8A a k počítači se připojuje přes USB rozhraní. Teoretická velikost zorného pole kamery je 25' x 17'. Ostřicí systém s fokálním reduktorem a kamera se však nevejdou do vidlice montáže. Z toho vyplývá jedno z omezení při použití dalekohledu. Pozorování nelze provádět poblíž pólu.

K systému byl dodán výrobcem řídicí software CCDSOFT5. Ovládání probíhá pomocí dvou druhů skriptů. Skript Camera profile zajišťuje nastavení parametrů systému před pozorováním a skript Camera script je kompletní program pro software CCDSOFT. Skriptování můžeme využít pro složitější postupy než je focení jednoho snímku nebo série. Software CCDSOFT lze použít pro:

- Komplexní řízení kamery
- Autofokusaci (automatické umístění v ohniskové rovině objektivu)
- Autopointaci (automatickou korekci chodu pohonu dalekohledu)
- Normalizaci snímku
- Zpracovávání obrazu
- Práci s nástroji pro astronomii a fotometrii, které software obsahuje



Obr. 3.1 Upravený Meade LX200 s fokálním reduktorem, CCD kamerou a motorickým ostričím systémem. Foto: Ing. Martin Fuchs

Řízení kopule

Pod řízení kopule spadá otáčení kopule a motorické otevírání štěrbin. Součástí kopule je řetěz a ozubené kolo, které kopulí otáčí, a počtem jeho otáček je určena pozice natočení. Otočení kopule do požadované polohy zajišťuje řídicí systém s dvourychlostním režimem a parkovacími senzory³. Motorické otevírání štěrbin má kolejnicové napájení, zálohovaný motor a snímač stavu, který vyhodnocuje, zda je štěrbina otevřena či nikoliv. Proces řízení kopule je automatizován a jistěn proti výpadku řízení. Před každým pozorováním řídicí software kontroluje, kam míří dalekohled a pozici natočení kopule. Pokud je rozdíl větší než 5°, kopule jej dorovná. Pootočí se zhruba každých 20 minut.

3.1.1.1 Analýza počasí

Správná analýza počasí je důležitou součástí práce celého systému. Špatné vyhodnocení meteorologických podmínek v daném okamžiku by mohlo vést k poškození dalekohledu a dalších citlivých částí systému, případně k jejich zničení. Analýza počasí se skládá z vyhodnocování údajů z jednotlivých komponent, jejichž kooperace přispívá k vyšší pravděpodobnosti zjištění aktuálních meteorologických podmínek.

Meteostanice

Použití meteostanice je jeden ze způsobů, jakým můžeme získat údaje o meteorologických

³ Při snímání pozice natočení kopule se jedná o nulový bod.

podmínkách na daném místě. Součástí systému Mark je meteorostanice Davis Vantage Pro2.

Měřené veličiny jsou:

- Teplota: venkovní a uvnitř výpočetního centra se servery
- Vlhkost vzduchu
- Tlak vzduchu
- Rosný bod
- Srážky
- Rychlost a směr větru
- Pocitové teploty (wind-chill, heatIX)
- Sluneční výkon + intenzita UV záření

Data jsou zpracovávána každou minutu a jejich průběh je zaznamenáván do souvislých řad. Pro chod dalekohledu jsou v souvislosti s jeho bezpečným chodem kritické informace o síle a směru vanoucího větru a vlhkosti. Archivovány jsou však kompletní sady dat.

Senzor oblačnosti

Klíčovým senzorem je detektor oblačnosti a srážek Boltwood Cloud Sensor firmy Difraction Limited. Senzor zajišťuje detekci:

- Oblačnosti
- Srážek
- Kondenzaci vody pomocí vnitřně vyhřívaného čidla, které stanoví čas odpaření vlhkosti.

Senzor umožňuje použít vlastní detekční algoritmus. Výstupem jsou čtyři stavy: jasno, oblačno, zataženo a déšť.

Kamera

Digitální fotoaparát Olympus 5060WZ s rozlišením 5 mil. pixelů s širokoúhlou předsádkou a zorným polem cca. 120° je primárně použit pro analýzu nebe. Sekundárně může být samostatně použit pro fotografování např. meteorů nebo družic. Nevýhodou této kamery je malé rozlišení. V zimě se ještě přidávají problémy způsobené sněhem a námrazou.

Snímky z družic

Systém Mark využívá snímky RGB kompozit, které poskytuje ČHMÚ. Software zatím zpracovává jen snímky z družic NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). V plánu je též využít snímky Meteosatu druhé generace MSG.

Radar

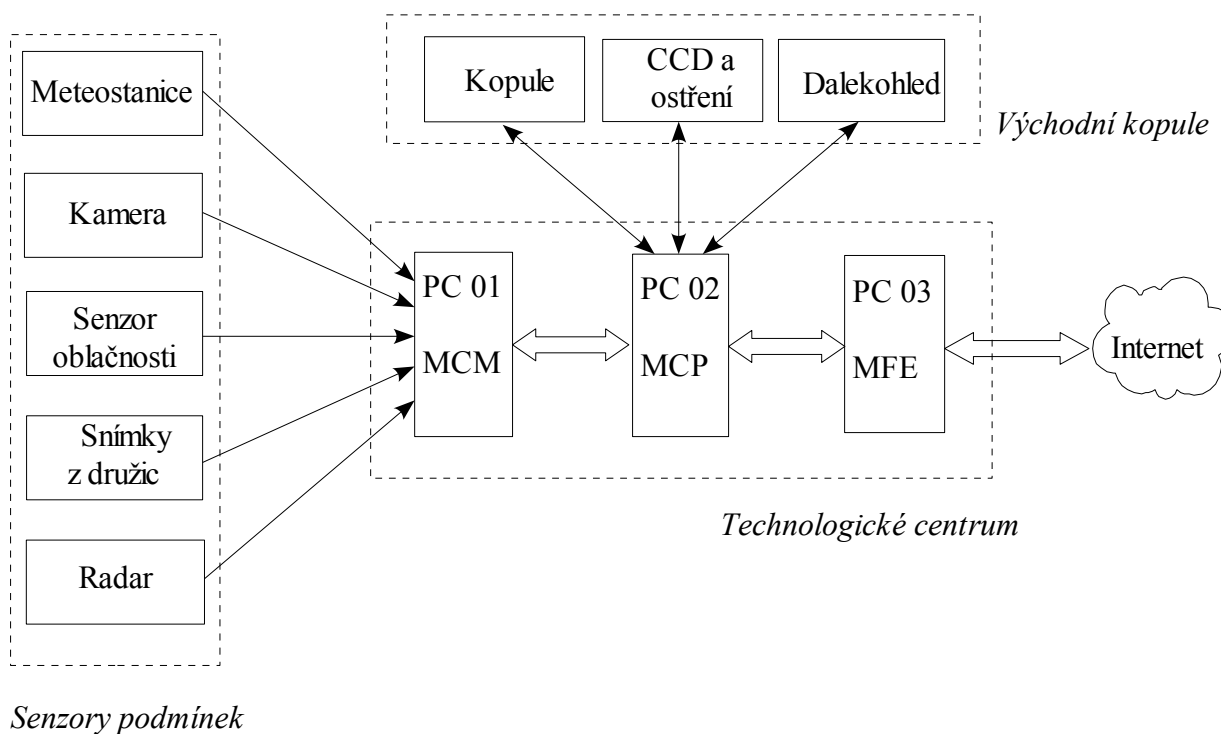
Součástí analýzy meteorologických podmínek je vyhodnocení radarových snímků oblačnosti a srážek nad Českou republikou. Analýzou snímku srážkového radaru zachytíme výraznější

srážkovou oblačnost. Data poskytuje ČHMÚ.

3.1.2 Řízení systému

Systém je ovládán třemi počítači umístěnými ve výpočetním centru, z nichž se každý stará o jinou část celku. Ve výpočetním centru se sbíhají všechny řídicí a ovládací signály teleskopu a přídatných zařízení. Centrum obsahuje:

- 3 servery Pentium 4/2.8 GHz běžící na operačním systému Windows XP Professional
- Panel meteorologické stanice
- Elektroniku senzoru mraků a celooblohové kamery
- Síťovou technologii a firewall
- Řídící obvody napájení
- Záložní zdroj a přepět'ové ochrany
- Zesilovač Technics 2 x 50W RMS



Obr. 3.2 Systém dalekohledu Mark

Software teleskopu Mark je vybudován na platformě Windows XP a kódován převážně v prostředích Borland Delphi 5 a PHP5. Při návrhu softwarového balíku byl kladen zásadní důraz na jednoduchost a maximální vizualitu ovládání. Dalším důležitým aspektem je stabilita, spolehlivost a bezpečné chování systému v poruchových a chybových stavech tak, aby vlivem případné poruchy nebo komunikační chyby nedošlo k ohrožení dalekohledu a dalších zařízení. Pro ovládání CCD

kamery, pořizování snímků a zpracování obrazu je použit programový balík CCDSOft5.

3.1.2.1 Monitorování pozorovacích podmínek

První počítač pomocí softwaru s MCM (Mark Condition Monitor) zajišťuje:

- Sběr dat z čidel
- Analýzu meteorologických dat
- Provedení algoritmu vyhodnocení podmínek

VSTUP: Data o podmínkách ze senzorů

VÝSTUP: Data pro MCP

Data pro MFE (Mark Front End) tedy pro uživatele

Základní informace o počasí na internetových stránkách Štefánikovy hvězdárny

Z meteostanice jsou do rozhodovacího procesu o vhodnosti pozorovacích podmínek zahrnuty pouze síla větru a vlhkost vzduchu. Snímek z celooblohové kamery zatím nemá na výsledný stav MCM vliv. Výstupem senzoru oblačnosti jsou čtyři stavy: jasno, oblačno, zataženo a déšť. Při analýze snímků z družic se vyhodnotí pokrytí referenčního obrazce ve tvaru čtverce o délce strany přibližně 30 km oblačností. Do vyhodnocovacího algoritmu snímku z radaru vstupují dvě veličiny: intenzita srážek v jednotkách mm/h a plocha pokrytí referenčního obrazce ve tvaru čtverce o délce strany přibližně 30 km srážkovou oblačností. Výsledkem je zachycení výraznější srážkové oblačnosti.

Na základě přijatých dat MCM rozhodne, zda je možné pozorovat či nikoliv a předá odpovídající hodnotu STOP/GO funkce druhému počítači. Konečný algoritmus rozhodování je stále ve vývoji. Momentálně jsou výstupy každé komponenty čtyřstavové (*GO*, *WARN*, *STOP* a *ERR*) s nezávislým rozhodovacím algoritmem. Dalekohled ukončí pozorování, pokud alespoň jedna komponenta vysílá signál *STOP* nebo pokud více než dvě z nich hlásí signál *WARN*. V současné době probíhají práce na matematickém modelu, který by měl rozhodování řešit daleko sofistikovaněji.

Výstup z MCM je STOP/GO funkce s následujícími možnými stavy:

GO - pozorování je možné

WARN - zhoršené podmínky, lze pouze dokončit stávající pozorování

STOP - nepozorovat, okamžitě ukončit probíhající pozorování

ERR - nastala chyba

Program je navržen s důrazem na vizualizaci všech prvků analýzy. Stavy jednotlivých komponent jsou zobrazovány na monitoru prvního serveru. Hodnoty i jejich vizualizace se také přenáší ve formě obrázků a datových souborů na třetí server a jsou na dálku přístupné pomocí webového rozhraní MFE.

3.1.2.2 Řízení chodu dalekohledu

Druhý počítač pomocí softwaru MCP (Mark Control Panel) zajišťuje:

- Řízení dalekohledu - řízení pohybu dalekohledu, najíždění na souřadnice, kalibraci, parkování
- Pořizování snímků - ovládání CCD kamery, ostření obrazu, nastavování filtrů, zpracování a ukládání dat
- Ovládání kopule - otáčení kopulí, kalibrace, parkování, ovládání šterbiny
- Řízení napájení komponent dalekohledu - zapínání/vypínání dalekohledu, kamery, čidel, motorů kopule

VSTUP: Program pozorování dodaný plánovacím modulem MFE

STOP/GO signál z MCM

VÝSTUP: Pořízené snímky z CCD kamery ukládané na třetí server

Zápis o výsledcích pozorování do databáze pozorovacích programů MFE

Jedná se o neviditelnou aplikaci řídící celý chod systému Mark. Jejím úkolem je sledovat data z MCM a vyžádat si od MFE pozorovací program. Dále ovládá kopuli, dalekohled a kameru. Aplikace pracuje jako dvojitý stavový automat s názvy run-level a sekvence. Jednotlivé akce vyvolávají přechod do dalších stavů.

Současně s MCP se startuje i hlavní okno balíku CCDSOFT5 umožňující interaktivní ovládání kamery a průběžnou kontrolu pořizovaných snímků na konzoli druhého serveru.

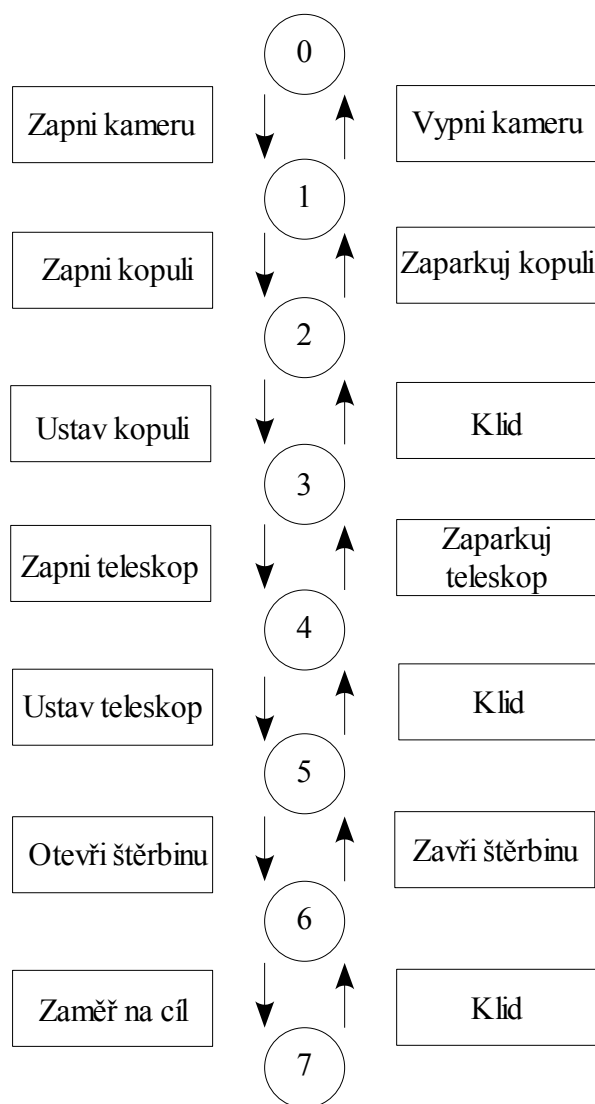
Stavový automat pro spouštění procesů

Úkolem stavového automatu pro spouštění procesů Mark run-level je zajistit hladké spuštění a nastavení potřebných parametrů pro všechny výkonné komponenty dalekohledu MARK. Automat má sedm kroků, mezi kterými se pohybuje sekvenčně tam a zpět (obr. 3.3).

Úroveň 0 znamená, že vše je vypnuto a zaparkováno, úroveň 7 značí, že všechny přístroje pracují, mají správné provozní hodnoty, jsou zkalibrované a dalekohled míří na cíl daný pozorovacím programem. Přechody mezi stavy jsou obousměrné, neboť mnohá zařízení (např. kopule nebo dalekohled) vyžadují kromě správného uvedení do chodu i odpovídající proceduru vypnutí včetně uvedení do parkovacích poloh.

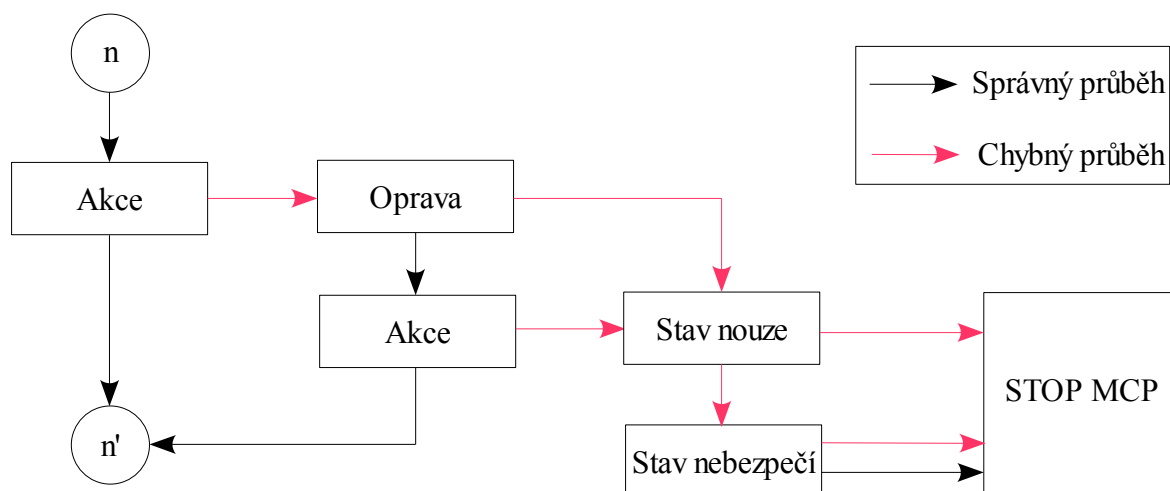
Při návrhu automatu byl kladen maximální důraz na spolehlivost a udržení kontroly nad celým systémem v případě selhání dílčích komponentů. Proto každý přechod mezi dvěma stavy má svou vlastní vnitřní strukturu schopnou reagovat na chyby a zajistit pokus o zotavení. Řešení následků chyb je založeno na provedení jednoho pokusu o zotavení. Při selhání jednoho kroku automatu je proveden pokus o opravu a opětovné provedení kroku (obr. 3.4). Selže-li i tento další pokus, je řídicí program MCP uveden do stavu nouze. V něm ignoruje již veškeré další vnější signály a snaží

se celý systém uvést do stavu run-level = 0 tím, že korektně ukončí funkci všech již běžících zařízení. Pokud by selhal i některý z kroků nouzového vypínání, je vyhlášen stav nebezpečí, kdy MCP vydá signál řídicí jednotce k okamžitému odpojení napájení od všech systémů dalekohledu. Štěrba v kopuli se zavře sama na záložní zdroj. Činnost MCP a celého systému je v obou případech zastavena a čeká na zásah operátora, který odstraní chybu, jež havárii způsobila.⁴



Obr. 3.3 Dvojitý stavový automat pro spouštění procesů Mark run-level

4 Štefánikova Hvězdárna-MARK run-level automat [online]. Štefánikova hvězdárna, c2000-2007 [cit. 2006-09-08]. Dostupný z WWW: <<http://www.observatory.cz/mark/runlevel.php>>.



Obr. 3.4 Změna stavu

Hlavní řídicí proces

MARK sekvence je hlavní programová smyčka řídicí chod celého pracoviště. V sedmi krocích zajišťuje správný postup provádějící pozorování od startu přístrojů po zpracování a ukládání snímků. Postup je řízen buď splněním podmínek kroku nebo překonáním časového okamžiku/vzdálenosti od naplánovaného času pozorování. Pro bezpečnost a stabilitu systému je velmi důležité, že při postupu do dalšího kroku je vždy znovu testováno splnění všech kroků předešlých.

Změní-li se stav či podmínky a krok není splněn, vrací se řízení zpět k poslednímu kroku, který splněn je. Pokus o průchod sekvencí je iniciován každých 10 sekund. V posledním kroku se interval snižuje na 1 s pro zpřesnění okamžiku začátku expozice (obr. 3.5).⁵

V prvním kroku postupu se vyšle požadavek na plánovací modul MFE, aby se ověřilo, zda nedošlo ke změně pozorovacího programu. Je-li v danou chvíli naplánováno pozorování, krok je splněn. Není-li ve frontě žádný požadavek, systém se uvádí do stavu run-level = 0 a krok není splněn.

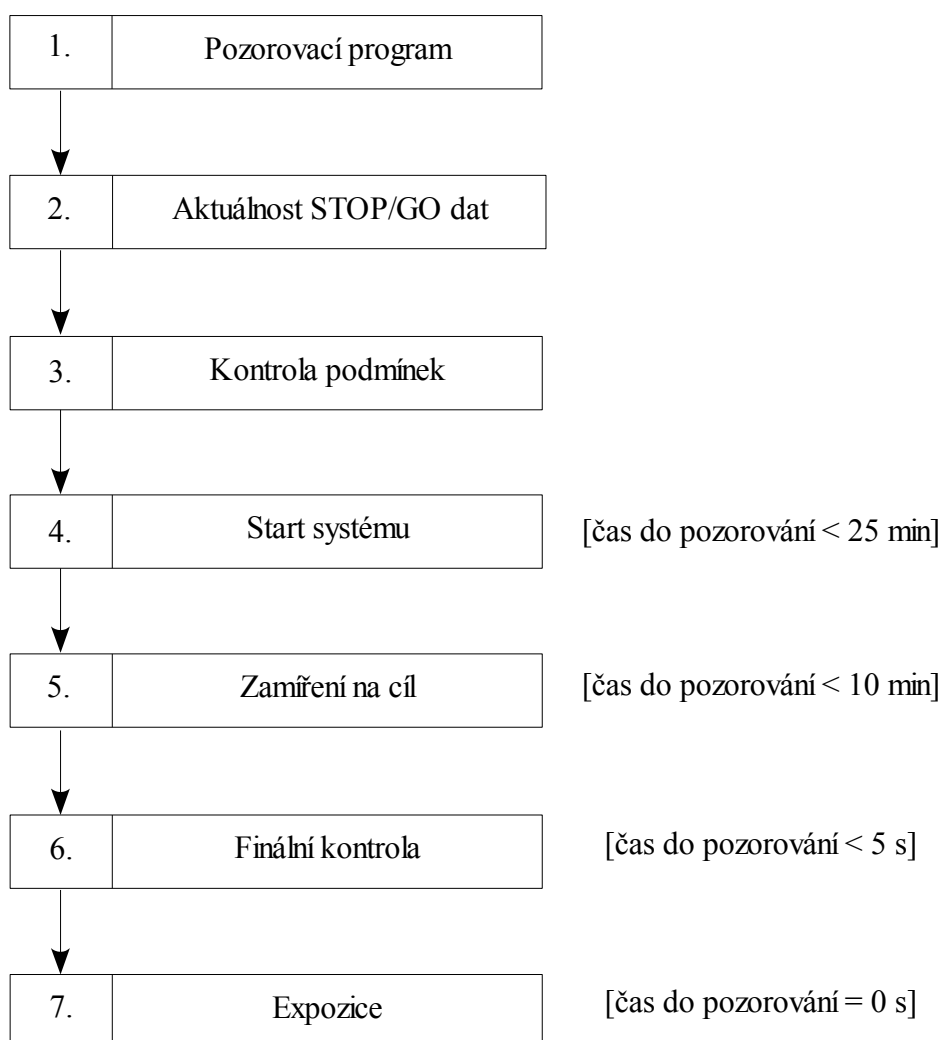
V druhém kroku se ověřuje, zda je hodnota funkce STOP/GO generované programem MCM na prvním serveru aktuální. Doba expirace je 1 minuta. Jsou-li data neplatná, požaduje se od prvního serveru aktualizace. Pokud z nejrůznějších důvodů (např. komunikační chyby, havárie prvního serveru...) nepříjde, systém se chová, jako by hodnota funkce byla STOP. Při této hodnotě se systémy nezapínají a v případě, že běží, provede se přechod do stavu run-level = 0.

Ve třetím kroku se kontrolují hodnoty STOP/GO funkce. Je-li její hodnota STOP, ukončí se činnost všech běžících zařízení. Je-li její hodnota GO, je krok splněn. Ve čtvrtém kroku je vyslán

⁵ Štefánikova Hvězdárna-MARK sekvence [online]. Štefánikova hvězdárna, c2000-2007 [cit. 2006-09-09]. Dostupný z WWW: <<http://www.observatory.cz/mark/sekvence.php>>.

požadavek na přechod do stavu run-level = 5. Při tomto stavu dojde k zapnutí kamery, chlazení a k zapnutí a ustavení dalekohledu a kopule. V pátém kroku je vyslán požadavek na přechod do stavu run-level = 7. Při tomto stavu dojde k otevření štěrbinu kopule, nalezení pozorovaného objektu dalekohledem a otočení kopulí ve směru pozorování.

V předposledním kroku následuje konečná kontrola všech parametrů potřebných pro pozorování. Krok je splněn, odpovídá-li pozice kopule, pozice dalekohledu, teplota kamery a všechny přístroje jsou v provozu. V posledním sedmém kroku se zahajuje expozice snímku s nastavenými parametry. Časy pro provedení jednotlivých kroků se dají změnit nastavením systému. Pokud se provádí několik pozorování za sebou, nechávají se všechna zařízení v činnosti. Bezproblémový průchod sekvencí může trvat řádově desítky sekund. Při studeném startu je to kolem 25 minut.



Obr. 3.5 Hlavní řídicí proces MARK sekvence

3.1.2.3 Uživatelské rozhraní a plánování

Třetí počítač pomocí softwaru MFE (Mark Front End) zajišťuje:

- Zadávání pozorování - organizace pozorovacích programů, zadávání seznamů objektů k pozorování, definice parametrů pro snímky
- Plánování programu na úrovni systému - plánování v automatickém režimu
- Plánování na úrovni uživatele - dlouhodobé plánování pozorování
- Datové služby

VSTUP: Uživatelé

VÝSTUP: Data o objektu

MFE je komplexní webová aplikace využívající technologií PHP5 a MySQL běžící na HTTP serveru Apache 2 na platformě MS Windows XP. Jeho úkolem je vytvořit uživatelské rozhraní umožňující zadávat objekty k pozorování.

To vše by mělo pomocí internetového prohlížeče fungovat kdykoliv a odkudkoli na světě. Na rozhraní se též nacházejí stavy modulů v daném okamžiku, se kterými pracuje MCM, průběh hlavních meteorologických ukazatelů v posledních 10 h a stavy modulů s výsledkem vyhodnocení meteorologických podmínek za posledních 16 h. Na podzim roku 2006 bylo vytvořeno veřejné rozhraní nacházející se na adrese <http://server.observatory.cz/MFE>.

Zadávání parametrů požadavku

Parametry se zadávají pomocí formuláře. Tím byl vytvořen kompromis mezi úplným zadáním pozorování a uživatelskou přehledností. Z údajů potřebných pro pozorování se zadávají:

- Souřadnice
 - Přímé zadání souřadnic (rektascenze, deklinace)
 - Výběr z katalogu
- Plánování
 - Rozsah dní, v nichž se má objekt pozorovat (v rámci noci plánuje MARK sám)
 - Určení přesného časového okamžiku pozorování
- Řízení kamery
 - Expoziční doba, počet expozic, série filtrů, celkový čas pozorování
 - Maximální teplota kamery
 - Autodark, autofokuse, samonavádění
 - Možnost skriptovat
- Další nastavení
 - Jméno a popis
- Priorita

Pokud uživatel nezná souřadnice objektu, který chce nasnímat, má možnost si je vyhledat v katalogu.

Do systému je integrovaná databáze Simbad. Její součástí jsou katalogy obsahující:

- Různé objekty: NGC2000, HST GSC (Guide Star catalog) - 19 mil. hvězd do 15 mag
- Galaxie: HYPERLEDA - 1 mil. Galaxií jasnějších než 18 mag (ve filtru B), The Second Reference Catalogue of bright galaxies (RC2), Third Reference Catalogue of Bright Galaxies (RC3)
- Hvězdy: Bright Star catalog, Tycho Input Catalogue, Revised version (Egret+ 1992)
- Proměnné hvězdy: General Catalogue of Variable Stars, čtvrtá edice, Volumes I-III
- Kulové hvězdokupy: Catalogue of Galactic Globular Clusters, Star Clusters & Associations II. Globular Clusters (Ruprecht+ 1981)
- Mlhoviny: Lynds' Catalogue of Bright Nebulae (Lynds 1965)
- Otevřené hvězdokupy: Optically visible open clusters catalog, Star Clusters/Associations. III. Open Clusters
- Planetární mlhoviny: Strasbourg-ESO Catalogue of Galactic Planetary Nebulae

Smysluplnost zadaných údajů ověřuje před samotným zpracováním validátor. Formulář se může nacházet v následujících stavech:

- Template - formulář nelze aktivovat
- Edit - formulář je rozpracovaný, není ověřen validátorem
- Planned - požadavek je platný, ověřený validátorem, čekající na „svůj čas“
- Frozen - platný požadavek, zpracování zakázáno manuálně uživatelem
- Loaded - požadavek je právě zpracováván počítačem MCP
- Error Repeat - při zpracování nastala chyba, následuje další pokus o zpracování
- Error Fatal - chyba, formulář je vyřazen z dalšího zpracování
- Done - zpracováno, fotky jsou k dispozici
- Dead - formulář je vymazán (požadavky se „pohřbívají“, ale nikdy nemažou)

Dlouhodobé plánování programu

Uživatel pomocí plánovače zadá časově delší období (rozmezí několika dní, týdnů), kdy je objekt vhodné nasnímat. Plánovač MFE sestaví tzv. mapu dnů, což je tabulka s označením jednotlivých dnů/nocí, popřípadě delších časových úseků, kdy je vhodné provést pozorování. Plánování pomáhá zobrazení ohodnocovací funkce. Uživatel má také možnost určit konkrétní den a časový okamžik, kdy chce objekt pozorovat. Tímto způsobem zadané parametry pozorování nepodléhají automatizovanému plánování a mají před ním přednost.

Ohodnocovací funkce

Jedná se o důležitou funkci stanovující, jak vhodný je daný časový okamžik pro pozorování objektu na daných souřadnicích. Parametry, které vstupují do výpočtu jsou:

- Výška objektu nad obzorem (*tAlt*)
- Hloubka Slunce pod obzorem (*SunAlt*)
- Fáze Měsíce (*Pha*)
- Výška Měsíce nad obzorem (*Moonflag*)
- Vzdálenost Měsíce od objektu (*Moondist*)
- Binární hodnota (*Dayfalg*) zohledňující nautický soumrak, kdy Slunce klesá 12° pod obzor. Pokud nautický soumrak nastal, je *Dayflag* roven jedné, v opačném případě nule.

Výstupem funkce je reálné číslo. Čím je jeho hodnota vyšší, tím vhodnější je pro daný časový okamžik pozorování objektu na daných souřadnicích.

Matematické vyjádření ohodnocovací funkce:

$$FF = \frac{Dayflag \cdot (2 - Pha)}{2} \cdot \sqrt{\frac{Moondist}{\pi}} \cdot (tAlt - 0,4 \cdot SunAlt - Moonfalg \cdot Pha)$$

$$FFS = \frac{1}{(1 + e^{-6 \cdot (FF - 0,3)})}$$

Při plánování noci se požadavky řadí podle hodnoty ohodnocovací funkce a podle priority zadané uživatelem a postupně jsou jim přidělovány sloty. Pro určení nejvhodnějších pozorovacích dnů jsou k dispozici na MFE grafy s maximy ohodnocovací funkce.

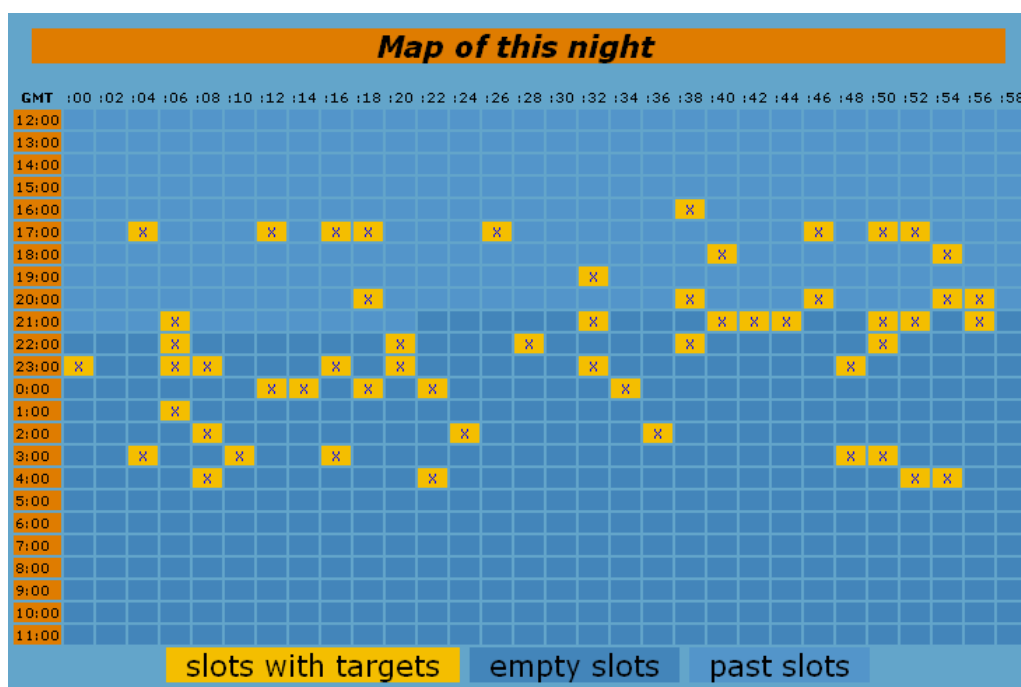
Automatické plánování programu

Plně automatizovaný provoz teleskopu předpokládá také automatizované plánování pozorovacích nocí. Epocha systému MARK je 1.1. 2000 12:00:00 GMT. Každý časový okamžik se vypočte jako počet dnů od epochy plus počet sekund od 12:00:00 GMT. Minimální dále nedělitelná časová jednotka v plánu noci je tzv. slot o délce dvě minuty. První lze naplánovat od 12:00. Časově náročnější pozorování mohou obsadit více po sobě jdoucích slotů. Plánovací algoritmus MFE sestaví na požadavek řídicího programu dalekohledu MCP pozorovací plán na základě hrubého uživatelského výběru a rozhodovacího algoritmu, který zohledňuje ohodnocovací funkci.

Jako první se do mapy pokrytí noci zařadí pozorování s konkrétním neměnným časovým údajem. Pro zbylý čas je z databáze požadavků sestavena mapa na základě uživatelem přiřazené priority konkrétnímu pozorování. Plánovač se pak snaží umístit požadavek na pozorování do slotu s co možná nejvyšší hodnotou ohodnocovací funkce objektu. Mapa pokrytí noci se dynamicky mění a zohledňuje změnu původního plánu a okolních podmínek. Většinou je po každém provedeném

pozorování na žádost MCP vygenerována znovu.

Výsledný časový plán noci je pro uživatele k dispozici na webovém rozhraní třetího počítače. Jednotlivé požadavky ke zpracování jsou zobrazeny jako plná políčka s křížky s odkazem na informace o požadavku. Barevně jsou též na mapě oddělena pole s požadavky zbývajících pro daný den. Pod mapou je umístěna tabulka s naplánovanými pozorováními pro danou noc řazená podle času.



Obr. 3.6 Časový plán noci systému Mark

Datové služby

Mezi datové služby zahrnujeme archivaci, uspořádání a zpracování pořízených snímků. Další oblastí datových služeb MFE je možnost vyhledat souřadnice objektu v katalogích při vyplňování formuláře či využití modulu apaDSS.

Modul apaDSS

ApaDSS je obecně použitý cgi-bin modul pro zobrazení dat Digital Sky Survey/RealSky pomocí webového prohlížeče. Program vychází z knihoven getDSS autorů Billa Graye (Project Pluto) a Chrise Marriotta (SkyMap). Program vygeneruje na základě zadaných souřadnic a zorného pole obrázek přenositelný pomocí cgi-bin rozhraní webového serveru. Dále poskytuje možnost zobrazení zorného pole kamery, ukazatele severu a vepsání souřadnic přímo do snímku.

4 Návrh nového dalekohledu pro Hvězdárnu v Úpici

4.1 Tradice pozorování na Hvězdárně v Úpici

Svoji činnost vyvíjí od 8. listopadu 1959, kdy byla otevřena, avšak její historie se začala psát o sedm let dříve, již v roce 1952. Tehdy vznikl pod vedením jejího pozdějšího prvního ředitele, Vladimíra Mlejníka, astronomický kroužek, jehož členové si svépomocí upravili prostor a začali provádět první pozorování. Na konci roku 1953 si postavili pozorovatelnu s odsuvnou střechou, která však byla silnou noční vichřicí dne 22. srpna 1954 rozmetána. V roce 1955 bylo započato se stavbou zděné budovy s kopulí o průměru šest metrů, jež svému účelu slouží dodnes.

Sledovalo se zatmění Slunce a Měsíce, byly zachyceny signály 1. a 2. sovětské kosmické rakety vyslané k Měsíci. Podařilo se i ojedinělé pozorování zákrytu hvězdy Regulus Venuší za denního světla. Publikování získaných údajů ukázalo, že to bylo v té době jediné středoevropské pozorování malými přístroji. Začala se rozvíjet i výzkumná činnost. Na doporučení blízkého spolupracovníka z Astronomického ústavu AV ČR, RNDr. Ladislava Křivského, CSc. se počátkem šedesátých let začala hlavní pozornost orientovat na pozorování Slunce. Měření byla a jsou pravidelně publikována v prestižních astronomických publikacích a mezinárodních bulletinech, čímž se úpická hvězdárna zařadila mezi přední světová pracoviště věnující se pozorování Slunce.



Obr. 4.1 Hlavní budova Hvězdárny v Úpici

Foto: Archiv Hvězdárny v Úpici

V posledních letech se výzkum Slunce rozšířil i o pozorování úplných zatmění. Odborná činnost pracovníků se však zdaleka neomezuje pouze na Slunce. Středem zájmu jsou také komety, meteory,

malá tělesa Sluneční soustavy a sledování optických protějšků záření gama. Kromě těchto ryze astronomických aktivit se pravidelně provádějí i meteorologická měření a sleduje se znečištění ovzduší.

Velký důraz je také kladen na popularizační činnost. Jsou pořádány přednášky, na hvězdárnu pravidelně docházejí žáci místních škol, účastníci letních táborů, v určitých dnech se uskutečňuje také pozorování pro veřejnost. Hvězdárna dále zajišťuje vedení astronomických kroužků na různých místech Královehradeckého kraje a vedení kroužků výpočetní techniky a raketového modelářství. Pro členy kroužků jsou pořádány pozorovací večery a víkendová soustředění.

Zde se mohou zájemci seznámit s objekty blízkého i vzdáleného vesmíru a učí se samostatně pracovat s dalekohledy. Metodicky hvězdárna pomáhá kroužkům i v jiných místech naší republiky, např. v Týništi nad Orlicí, Lomnici nad Popelkou a v řadě dalších míst. Pro zájemce o astronomii ze vzdálenějších míst je určen Klub astronomů, který sdružuje mládež různých typů škol. Velkou tradici má i každoroční pořádání letního astronomického tábora - školy astronomie s názvem Letní astronomická expedice Úpice. Kořeny této akce sahají do šedesátých let minulého století, téměř do období počátků hvězdárny. Každoročně se sem sjíždějí zájemci z celé republiky, Slovenska a dalších evropských zemí.

Na začátku nového tisíciletí došlo opět k rozšíření hvězdárny. Podle projektu Rekonstrukce Hvězdárny byly v letech 2001 a 2003 realizovány dílčí části a v roce 2004 byla vybudována pozorovací terasa na střeše s venkovním schodištěm, kanalizační přípojka a zateplení fasády. Od stejného roku zde najdou zázemí také invalidní návštěvníci.

4.2 Současné přístrojové vybavení

Přístrojové vybavení hvězdárny je tvořeno mnoha rozličnými přístroji, z nichž některé jsou určeny výhradně pro vědecká pozorování a jiné kromě toho slouží i k popularizaci astronomie. Hlavní přístroje jsou doplněny určitým množstvím malých ručních přístrojů.

Hlavní kopule

V kopuli je umístěno na poháněné paralaktické montáži několik přístrojů pro různé využití. Refraktor Mertz s ohniskovou vzdáleností 1 785 mm a průměrem 160 mm se používá pro každodenní kresby sluneční fotosféry, pointaci a ukazování nebeských objektů návštěvníkům. Dále zde nalezneme reflektor Cassegrain s ohniskovou vzdáleností 2 750 mm a průměrem 310 mm a Maksutovu komoru s ohniskovou vzdáleností 840 mm a průměrem 350/420 mm. Komora slouží výhradně k fotografování galaxií a mlhovin, komet, oblastí gama záblesků apod.

Malá kopule

Zde je umístěn astrograf slavného československého astronoma Antonína Bečváře, refraktor

Secretain s ohniskovou vzdáleností 1 900 mm a průměrem 130 mm. Využívá se pro pointaci, pozorování Slunce, planet a proměnných hvězd. Na společné vidlicové montáži jsou zde ještě nainstalovány dvě zrcadlové komory. První má ohniskovou vzdálenost 1 200 mm, průměr 240 mm a slouží k fotografování galaxií, mlhovin apod. a pro zacvičování astrofotografů. Druhá zrcadlová komora má ohniskovou vzdálenost 1 600 mm, průměr 200 mm.

Meade LX 200

Dalekohled americké firmy Meade s ohniskovou vzdáleností 3 000 mm a průměrem 305 mm je zde využíván ve spojení se CCD kamerou především k astrometrii malých těles Sluneční soustavy a dále k detekci optických protějšků gama záblesků.

Sluneční domek

Ve slunečním domku je k dispozici tzv. patrolní dalekohled, který slouží k pravidelnému pozorování a záznamu sluneční aktivity. Tento dalekohled se skládá ze soustavy dvou rovinných zrcadel, jenž soustřeďují světlo do napevno vodorovně uloženého dalekohledu. Dalekohled pak předává obraz na optickou lavici umístěnou v temné komoře. Tato lavice umožňuje velice rychle měnit pozorovací uspořádání, a tak zpřístupňuje celou řadu experimentů.

V základním režimu je lavice připravena na pozorování ve třech vybraných spektrálních oborech, a to v bílém světle (neutrálními filtry zeslabené sluneční světlo), dále v červeně zabarvené čáře H-alfa (656,3 nm) a v téměř ultrafialové čáře CaII-K (393,4 nm), které jsou dostupné díky dvěma nezávislým interferenčním řetězcovým filtrům Šolcova typu. Snímání je řešeno průmyslovou CCD kamerou a následnou digitalizací do PC, kde probíhá požadované zpracování obrazu. Druhý předpřipravený režim je spektroskopický, kdy lze pozorovat Slunce v jakékoli vlnové délce optického oboru.

Vše ostatní (např. zakázková proměrování optických soustav, testování optických elementů a pod.) je k dispozici velice rychlou přestavbou prvků na optické lavici. Druhá linie přístrojů je tvořena radiovými metodami, kam patří příjem radiového kosmického šumu na frekvenci 32,8 MHz, druhá frekvence 29,5 MHz je v rekonstrukci, stejně jako radioteleskop 565 MHz.

Poslední radiovou metodou je nepřímá metoda registrace rentgenového toku ze Slunce. Všechna pozorování jsou publikována na internetu, dále v prestižním katalogu Solar-Geophysical Data, jakož i ve Zpravodaji Hvězdárny v Úpici. Kromě získávání vědeckých poznatků slouží i k tvorbě varovných zpráv pro energetické a zdravotnické účely.

Další přístroje

Dále je k dispozici zrcadlový dalekohled typu Newton na Dobsonově montáži s ohniskovou vzdáleností 1 700 mm a průměrem 275 mm a několik přenosných dalekohledů typu SOMET Binar

pro veřejná pozorování.

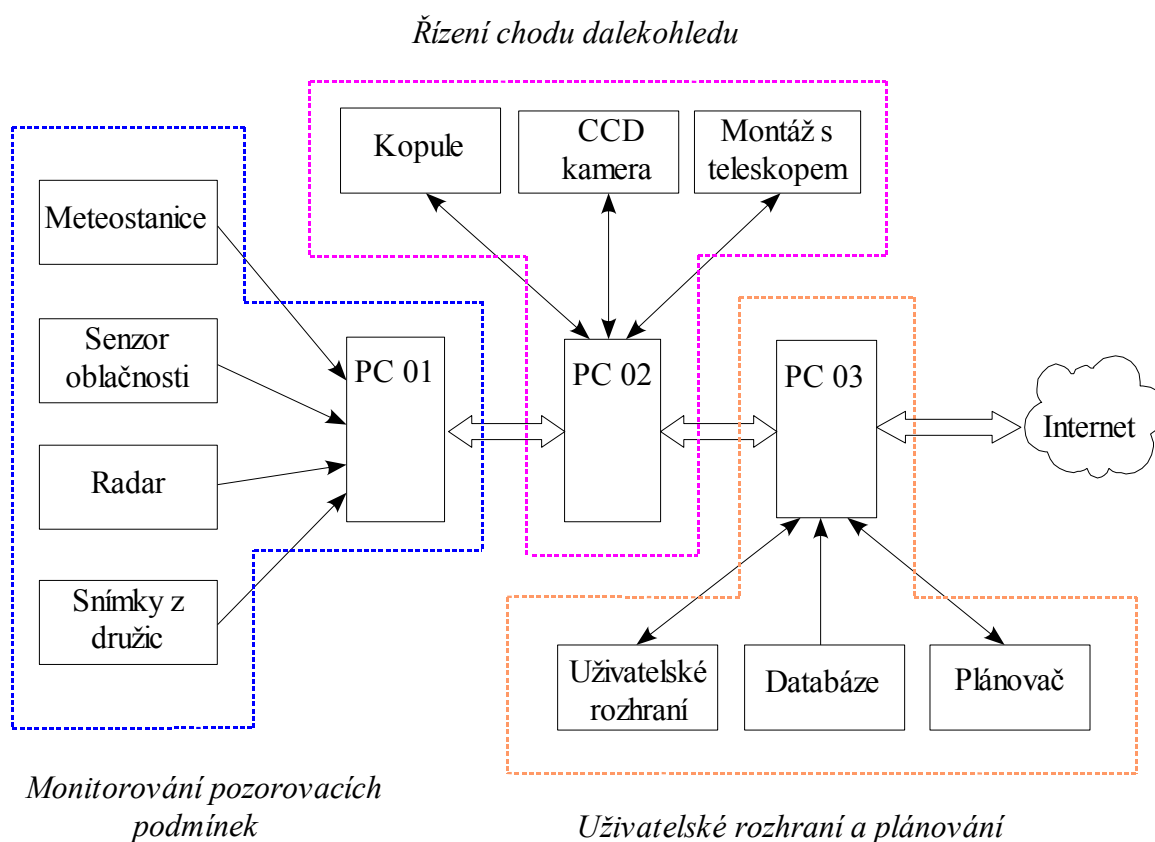
4.3 Podoba nového dalekohledu

Ačkoliv jde o poměrně malou hvězdárnu, zapsala se do povědomí jak u nás, tak i ve světě. Bude-li si chtít i nadále udržet svoji prestiž a krok se světem, nevyhne se modernizaci a postupné výměně stávajícího přístrojového vybavení. Některé přístroje, byť stále ještě funkční, postupem času rychle zastarávají a přestávají vyhovovat dnešním zvýšeným nárokům.

To se týká, jak přístrojů sloužících pro vědecká měření, tak i pozorovacího vybavení pro popularizaci astronomie mezi studenty a veřejností. Hlavním účelem navrhovaného teleskopu pro Hvězdárnu v Úpici je právě zvýšení popularizace astronomie. Jeho služby budou moci využívat především studenti, členové kroužků při Hvězdárně v Úpici, ale i široká veřejnost.

Systém bude zahrnovat tyto části:

- Dalekohled a snímač obrazu
- Kopuli
- Senzory pozorovacích podmínek
- Výpočetní centrum se servery pro zpracování dat z čidel, řízení kopule, dalekohledu a kamery, zprostředkování komunikace s okolním světem a ukládání dat



Obr. 4.2 Návrh systému dalekohledu v Úpici

4.3.1 Dalekohled a snímač obrazu

4.3.1.1 Použití objektivů pro astrofotografii

Hlavním prvkem snímacího dalekohledu je objektiv. Jeho volba je závislá na povaze, zejména úhlové velikosti a jasnosti fotografovaného objektu. Pro případ automatizovaného teleskopu s univerzálním použitím je nutno volit kompromis splňující typické požadavky uživatelů. Použití specializovaného objektivu by sice přineslo v některých případech větší zisk, to však není cílem tohoto projektu.

Pro fotografování širokého zorného pole, například při fotografování velkých oblastí Mléčné dráhy (obrazců souhvězdí, meteorů) se využívá širokoúhlých objektivů. Jejich ohniskové délky zachycují ohniskové délky 8 až 35 mm pro klasický kinofilmový rozměr snímacího prvku (pro snímací prvky jiných rozměrů se používá přepočítávací koeficient závislý na poměru velikostí čipů). Tyto objektivy jsou málo náchylné k nedokonalému zaostření. Jejich nevýhodou je, že zejména při kratších ohniskových délkách často poskytují perspektivně zkreslený obraz.

Pro středně velká zorná pole, vhodná pro snímání rozsáhlejších mlhovin, zákrytů a dalších objektů se využívají objektivy s ohniskovými délkami v rozsahu 35 až 105 mm. Pro detailní snímání oblohy, tedy pro snímky většiny galaxií, mlhovin, planet či Měsíce se používají objektivy s ohniskovou vzdáleností 105 mm a výše.

Typicky používanými přístroji v amatérské astrofotografii jsou zrcadlové objektivy ruské výroby Rubinar s ohniskovou délkou 1 100 a 500 mm. Tyto objektivy jsou však málo světelné (1:10 a 1:8), což vede k nutnosti používat delších expozičních časů. Existují i podobné přístroje jiných výrobců s příznivějšími světelnými vlastnostmi. Jsou k dispozici i ve variantě s čočkovými objektivy.

Pro využití v projektu robotického dalekohledu pro Hvězdárnu v Úpici navrhuji použít objektiv s ohniskovou vzdáleností 500 až 1 000 mm a světelností 1:5. Tyto parametry ho předurčují pro univerzální využití. Další možností je použití specializovaného astronomického objektivu se systémem Fastar. Tento systém používaný u dalekohledů Schmidt-Cassegrain firmy Celestron umožňuje využít pro umístění snímacího prvku výsledné ohnisko celé soustavy nebo primární ohnisko hlavního zrcadla. Jako vhodný se mi jeví objektiv TSC/CEL #91037-XLT SCT 14" TUBUS Fastar s průměrem zrcadla 355 mm. U tohoto objektivu lze využít primárního ohniska 700 mm, což odpovídá potřebám projektu. Zároveň je navíc možno pro specializované účely využít celkovou ohniskovou vzdálenost 3 910 mm, čímž se zvýší využitelnost přístroje. Nevýhodou tohoto typu objektivu je však vysoká pořizovací cena.

Samostatnou kapitolou systému snímacího dalekohledu je zaostřování. Plně automatizované systémy jsou sice teoreticky realizovatelné, řešení však naráží na řadu vážných problémů. Plně vyhovující variantou je využití pevně zaostřeného objektivu s občasnou kontrolou stavu zaostření.

V tomto případě je výhodou použití méně světelného objektivu, jehož hloubka ostrosti je vyšší než u objektivu světelného. Dalším poměrně elegantním řešením je využití faktu, že zaostření je závislé prakticky pouze na teplotě (míněno zaostření v daném rozsahu vlnových délek). Je pak možno přeastřovat dalekohled automaticky v závislosti na teplotě naměřené čidlem umístěným poblíž snímacího dalekohledu.

4.3.1.2 Použití snímačů obrazu pro astrofotografii

Druhým členem snímacího dalekohledu je snímač obrazu. Pro astrofotografii je možno využít mnoha fotografických systémů. Pro použití v automatizovaném procesu se výběr poněkud zužuje, narůstají však nároky na spolehlivost a dálkovou ovladatelnost komponent. Jako detektoru - snímače obrazu se používá digitálního CMOS nebo CCD snímače. Mohou se použít tři základní varianty:

1. Astronomické CCD kamery
2. CMOS nebo CCD snímací prvek digitálního fotoaparátu
3. CMOS nebo CCD snímací prvek webové kamery

V praxi se jedná o stejný princip, vždy však s různými specifickými vlastnostmi a s nimi spojenými výhodami i nevýhodami.

Ad 1. Astronomické CCD kamery využívají malých čipů až po poměrně velké s úhlopříčkou kolem 70 mm. Kamery též mohou obsahovat několik CCD čipů poskládaných k sobě s velkou výslednou snímací plochou. Čipy jsou chlazeny na nízkou teplotu a tím se zlepšují jejich šumové vlastnosti. Nevýhodou je růst ceny s rostoucími rozměry čipu. Výhodou je možnost pořizovat dlouhé expozice (desítky minut) bez výraznějšího nárůstu šumu.

Ad 2. Digitální fotoaparáty obsahují poměrně velké čipy dosahující v současné době běžně až velikosti celého kinofilmového formátu klasického filmu. Nevýhodou je absence chlazení, což podstatně omezuje délku expozice. Tento problém je však řešitelný softwarovým skládáním mnoha dílčích kratších expozic. Toto řešení navíc velmi dobře eliminuje šum snímku. Pro použití v astronomii je nutno použít zrcadlovku s možností plně manuálního režimu.

Ad 3. Webová kamera je v podstatě velmi levnou variantou digitálního fotoaparátu s malým čipem. Její výhodou je zejména velmi nízká cena a mnohdy překvapivě kvalitní čip. Její využití je poměrně malé, ovšem ve specifických případech poskytuje kvalitní a použitelné výsledky. Často se doplňuje o přídatné elektronické chlazení peltierovými články.

Výběr vhodného snímače obrazu

Z digitálních fotoaparátů navrhuji pro systém dalekohledu na Hvězdárně v Úpici použít Canon EOS

5D. Tato digitální zrcadlovka má obrazový snímač CMOS formátu kinofilmu 36 x 24,7 mm s rozlišením 12,8 mil. pixelů a závěrkou 30 s - 1/8 000 s. O něco dražší variantou je Canon EOS 1D Mark II N 28,7 x 19,1 mm s obrazovým snímačem CMOS formátu 28,7 x 19,1 mm s rozlišením 8,2 mil. pixelů a závěrkou 30 s - 1/8 000 s. Z dražších produktů jsem vybrala Canon EOS 1Ds Mark II s obrazovým snímačem CMOS formátu kinofilmu 36 x 24,7 mm s rozlišením 17,8 mil. pixelů. V případě použití digitálního fotoaparátu s barevným čipem nejsou třeba filtry.

Z nabídky CCD kamer se mi jeví v současné době ideálním řešením použití nové kamery SBIG STL-11000M-C2. Její předností je čip formátu kinofilmu 36 x 24,7 mm s rozlišením 11 mil. pixelů, dva senzory, USB rozhraní a karusel pro filtry. Dalším vhodným produktem je kamera SBIG STL-6303E-C1 s polovičním formátem čipu 27,7 x 18,5 mm a rozlišením 6,3 mil. pixelů. Součástí obou zmiňovaných kamer je autoguider. Jejich velkou nevýhodou a možným omezením pro použití na Hvězdárně v Úpici je však opět jejich cena.

Cenově mnohem dostupnější bude pořízení kamery SBIG ST-2000XCM Color s formátem čipu 11,8 x 8,9 mm, rozlišením 2 mil. pixelů, USB rozhraním, dvěma senzory a tedy i autoguidem. O něco levnější je varianta použití kamery SBIG ST-2000XCM Color s formátem čipu 11,8 x 8,9 mm, rozlišením 2 mil. pixelů. Tato kamera má jeden senzor a tedy její součástí není autoguider. Další levnou variantou je kamera SBIG ST-402ME C1 s formátem čipu 4,6 x 6,9 mm, rozlišením 390 tisíc pixelů, karuselem s filtry a USB rozhraním. Její nevýhodou však je malý rozměr čipu a malé rozlišení. Také tato kamera neobsahuje autoguider. Kompromisem mezi cenou a vlastnostmi kamery by mohlo být pořízení produktu SBIG ST-2000XCM Color. Kamera však neobsahuje autoguider a systém by o něj musel být v případě potřeby doplněn.

Výrobky od firem SBIG a Canon jsem vybrala pro jejich velké zastoupení a kvalitní servis. Na tyto produkty je orientováno mnoho softwaru. Počítačové ovládání fotoaparátů Canon je nekomerčně mnohem více propracované než jiné.

Vhodný autoguider

V běžném provozu se předpokládá použití systému bez autopointace. Po zadání požadavku se dalekohled namíří na požadované souřadnice a vykoná úkol bez korekce chodu motorů. V případě potřeby pointované fotografie při delších expozicích se uvažuje s manuálním zásahem obsluhy spočívající v inicializaci autoguideru. Tento zásah obsluhy by bylo možno odstranit automatizací nastavení autoguideru, což přesahuje prvotní návrh systému robotického dalekohledu.

Cena vhodného autoguideru (např. od firmy Meade či SBIG) se pohybuje okolo 30 000 Kč a práce s ním podle zkušeností astrofotografů nebývá snadná. Existují však levnější možnosti autopointování. Astrofotograf Martin Myslivec nabízí:

- Autopointer z webové kamery
- TVGuider

Z citlivé a relativně levné webové kamery či malé průmyslové kamery lze postavit cenově přijatelný a přitom velmi dobře funkční autopointer. Ten je řešen jako program na PC, který vydrží sledovat zaměřený objekt velmi dlouho (několik hodin). Program přes standardní ovladač kamery, instalovaný do systému Windows, přijímá snímky z kamery a vyhodnocuje polohu zvolené pointační hvězdy. Na základě její odchylky od počáteční polohy vystavuje výstupy adaptéru připojeného k paralelnímu portu, ke kterým jsou připojeny přes nějaké vhodné rozhraní či přímo (záleží na konstrukci) pohony pro jemné pohyby dalekohledu.

Kamera je potřeba co nejkvalitnější, s nízkým šumem a vysokou citlivostí. Na rozlišení příliš nezáleží a vyhovuje i černobílá. Měla by mít CCD snímač, nikoli CMOS. Vhodné rozhraní je USB, neboť paralelní port je dobré mít volný pro ovládání montáže. Kamera musí mít možnost manuálního nastavení doby expozice, počtu snímků za sekundu a zisku zesilovače. Dále je třeba ji vhodně upravit pro připojení k dalekohledu.

Podle zkušeností autora autoguideru je nerealizovatelné ovládat zapínání korekčních pohonů po přesně definovanou dobu pod operačním systémem Windows z důvodu nízké přesnosti časování. Součástí přístroje je i adaptér s jednočipovým procesorem na paralelní port počítače, který odměřuje doby zapínání pohonů nazávisle na vytížení počítače.

Požizovací cena při vlastní stavbě včetně vhodné webové kamery je zhruba 5 -10 x nižší než cena komerčního hotového autopointeru. Přístroj je podrobně popsán na internetových stránkách jeho autora, pana Myslivce, odkud lze také ovládací program stáhnout.

Další možností je požití TVGuideru - autonomního autopointeru astronomického dalekohledu. Přístroj pracuje tak, že se obraz hvězdy snímá klasickou černobílou televizní kamerou s vysokou citlivostí. Elektronika autopointeru v reálném čase vyhodnocuje obraz a určuje pozici hvězdy. Podle jejích odchylek od středu kříže vysílá povely ke korekci chodu montáže dalekohledu. Pro nastavení (nalezení, zaostření a vycentrování hvězdy) je třeba k funkci televizní monitor (televize, LCD televizní monitor a podobně). K vlastní funkci pointování monitor potřebný není a můžeme ho po nastavení odpojit popřípadě vypnout pro úsporu elektrické energie.

S montáží se zařízení propojuje pomocí výstupu kompatibilního s většinou dnešních vstupů pro autopointery (spínání vstupů pro pohyb čtyřmi směry, aktivní v logickém stavu 0). Tento výstup byl testovaný s montážemi Meade LX200, CG5 GT, Losmandy G11, EQ6 Skyscan a měl by fungovat i s dalšími typy, u kterých se spíná kladné napětí (logický stav 1) proti společné zemi, a aktivní úroveň (kdy se provádí korekce) je při sepnutí do logického stavu 0. Další způsob je propojení pomocí sériového rozhraní, kde se ve stávající verzi firmware komunikuje pomocí protokolu LX200.⁶ K pointování dalekohledu s ohniskovou vzdáleností okolo 1 m je vyhovující pointační

6 MYSLIVEC, Martin. *ASTROFOTOGRAFIE - TVGuider* [online]. c1999-2006 [cit. 2006-12-12]. Dostupný z WWW: <<http://foto.astronomy.cz/TVGuider.htm>>.

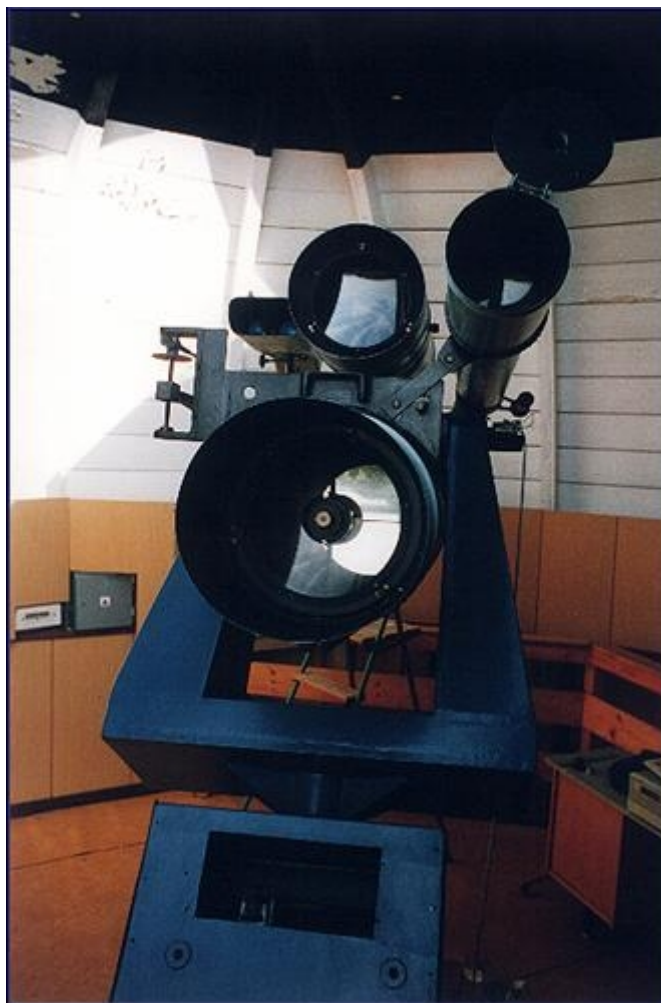
dalekohled s ohniskovou vzdáleností 0,5 až 1 m.

Pro realizaci projektu robotického dalekohledu v Úpici přicházejí v úvahu dvě možnosti:

- Aplikovat navrhovaný systém na stávající montáž dalekohledu
- Nákup komerčního systému dalekohledu

4.3.1.3 Aplikace návrhu na stávající montáž

V hlavní kopuli se nachází systém přístrojů umístěný na vidlicové paralaktické montáži s vlastním pohonem. Samotná montáž dalekohledu musí být výrazně upravena pro potřeby GO-TO naváděcího systému. Tyto systémy využívají pro inicializaci svého souřadného systému prvotní, předem definované ustavení dalekohledu. Další polohy během všech pohybů dalekohledu se k této poloze vztahují. Vzhledem k tomu je nutno upravit stávající mechanickou část tak, aby její přesnost odpovídala požadavkům, které na ni klade nový systém. Musí dojít ke kontrole a případné opravě převodových systémů, vymezení vůlí a ustavení všech pohyblivých dílů.



Obr. 4.3 Současné vybavení velké kopule

Foto: Archiv Hvězdárny v Úpici

V současné době je krokovým motorem s ovladačem pro korekci chodu motoru dle umístění pointační hvězdy na vlákně pointačního okuláru řízena pouze polární osa dalekohledu. Deklinační osa je ovládána mechanicky z místa pozorovatele. Pro potřeby automatizovaného systému řízení bude nutno upravit i deklinační osu pro možnost připojení pohonné jednotky. Osa bude vybavena ozubeným kolem s převodovkou či šnekovým kolem.

Firma ProjektSoft poskytla Hvězdárně v Úpici cenově výhodnou nabídku na řízení dalekohledu s funkcí naváděcího systému (GO-TO). Součástí nabídky jsou: dva servomotory, řídicí systém včetně vstupních, výstupních a čítačových karet, bezdrátové ovládání pohonů v rektascenzi i deklinaci, zásuvka pro autoguider a programové vybavení s verzí navádění (GO-TO).

4.3.1.4 Pořízení nové montáže s dalekohledem

V případě rozhodnutí nákupu nové montáže a dalekohledu navrhuji následující systémy:

- 1) Schmidt Cassegrain TSC/CEL #11064-XLT CGE 1400 XLT Fastar s průměrem hlavního zrcadla 355 mm a výslednou ohniskovou vzdáleností 3 910 mm na elektronicky naváděné těžké a stabilní fotografické německé paralaktické montáži. Dalekohled obsahuje systém Fastar, umožňuje tedy využití možností v primárním ohnisku $f/2,1$.
- 2) Ritchey-Chretien 8" LX200R s průměrem objektivu 203 mm a ohniskovou vzdáleností 2 000 mm. Systém obsahuje naváděcí systém Autostar II, technologii Level North pro automatické nalezení severu a vodorovné polohy. Zkrácení ohniskové vzdálenosti na polovinu by se realizovalo fokálním reduktorem 0,5 krát.

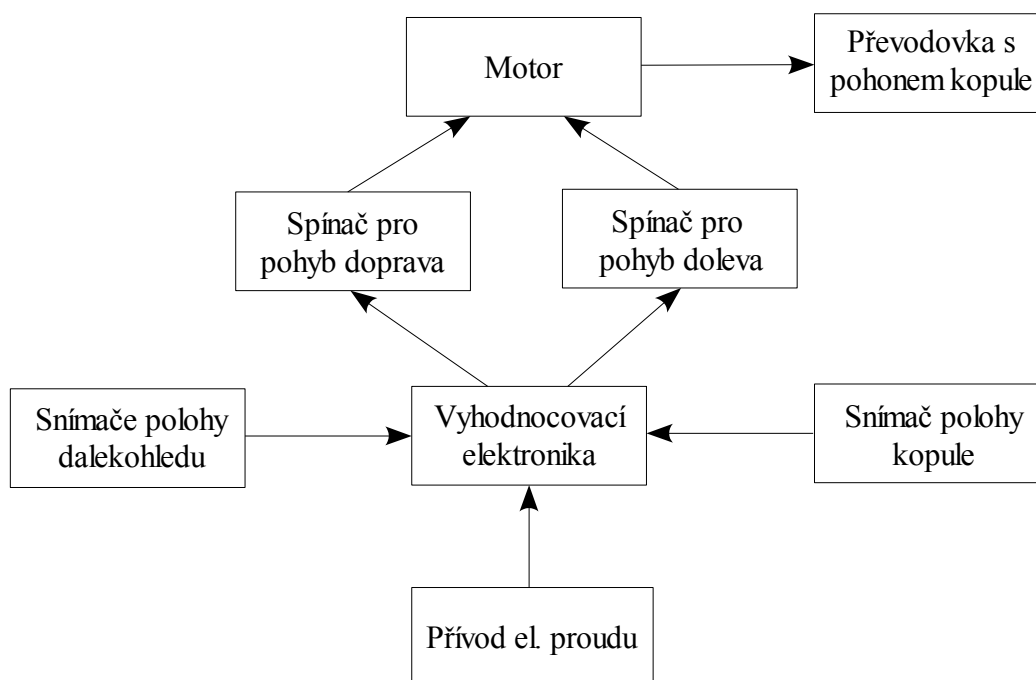
4.3.2 Kopule

Automatizované otáčení stávající kopule se dá řešit více způsoby. Pro nynější kopuli Hvězdárny v Úpici navrhuji jednoduchý nezávislý systém, který bude schopen zajistit synchronní otáčení kopule s dalekohledem v polární ose.

Poloha dalekohledu bude snímána pomocí kruhového snímače, který bude umístěn na polární ose dalekohledu. Další snímač umístěný na deklinační ose bude sloužit ke kompenzaci rozdílu azimutálního souřadnicového systému kopule a rovníkového souřadnicového systému montáže. Potřebné výpočty bude provádět specializovaný jednočipový počítač. Poloha dalekohledu bude snímačem zakódována ve dvojkovém kódu. Kruhový snímač se do roviny kopule promítá jako elipsa, protože polární osa svírá s rovinou kopule úhel, který odpovídá zeměpisné šířce. Úseky snímače po obvodu kopule budou mít různou délku.

Velikost odchylky mezi polohou dalekohledu a kopule je určena vlastnostmi konkrétního systému. Je dána šířkou šterbiny, rozložením dalekohledů na montáži, velikostí kopule a umístěním montáže v ní. Pro daný systém ji lze zjistit experimentálně nebo spočítat po dodání situačního náčrtku. Na základě velikosti této odchylky určíme potřebný počet bitů slova na snímači. Pro

šestibitové slovo činí odchylka zhruba $5,5^\circ$. Pokud by byla požadována větší přesnost zvolíme sedmibitové slovo. U systému Mark na Štěfánikově hvězdárně je odchylka 5° .



Obr. 4.4 Návh systému synchronního otáčení kopule s dalekohledem

Pro zjednodušení výroby snímače na kopuli bude vhodné rozdělit kruh, který kóduje polohu kopule na požadovaný počet segmentů o délce, která bude určena dynamickými vlastnostmi kopule při zastavení. Po zapnutí systému se kopule začne pohybovat zvoleným směrem, pokud se nenachází snímač nad některým ze segmentů. V okamžiku, kdy se snímač ocitne nad některým ze segmentů, který určuje polohu kopule, rozhoduje o dalším pohybu kopule vyhodnocovací elektronika. Tento způsob ovládání kopule můžeme realizovat v počáteční fázi automatizace stávajícího systému.

Pod řízení kopule spadá také otevírání štěrbin, které se u stávající kopule provádí manuálně. Automatické otevírání štěrbin bude zajišťovat motor. Způsob napájení lze vyřešit kolejnicovým systémem nebo baterií, která by byla u motoru. Povelů pro otvírání a zavírání štěrbin se dají přenášet kolejnicovým systémem přímo po silovém vedení. Snížil by se počet drah kolejnicového systému. Další způsob přenosu povelů je standardním dálkovým ovládním infračerveným nebo rádiovým.

Celý systém ovládání musí být mechanicky zajištěn tak, aby nedocházelo k deformaci vrat štěrbin kopule během otevírání/zavírání, tedy tlak či tah na jednotlivá křídla vrat musí působit přibližně v místě jejich vertikálního těžiště. Koncové polohy pohybu vrat štěrbin musí být opatřeny koncovými spínači pro zastavení pohybu. Dále musí systém obsahovat systém mechanického či elektromechanického uzamčení štěrbin v uzavřené poloze, což je nezbytné k zajištění proti samovolnému otevření vrat štěrbin zvenčí (vítr, zloděj, atd.). Zároveň je nutno

zabezpečit ovládání nezávisle na tomto systému pro případ havarijního zavření kopule.

V případě pořízení nové montáže bude nutno pořídit i nový kryt dalekohledu. Z hlediska ochrany dalekohledu před nepřízní počasí existují principy - otevřená plošina s odsuvnou střechou, skládací kopule a klasická kopule. Mají své klady i zápory a konkrétní volba závisí na důkladné analýze projektu. Existují i automatizované systémy ovládání kopule. Výhodou plošiny s odsuvnou střechou je nižší pořizovací cena, snadnější automatizace. Odpadají problémy s natáčením kopule do požadovaného směru synchronně s dalekohledem. Nevýhodou je snížená ochrana dalekohledu vůči povětrnostním podmínkám a rušivým světelným vlivům během pozorování. Kopule lépe chrání systém během pozorování, její ovládání se hůře automatizuje.

Někteří výrobci již dokonce nabízejí systémy pro řízení kopulí. Získat lze i kompletní automatizované kopule. Jako příklad je možno uvést firmu Observa dome, která prodává klasické kopule hliníkové konstrukce s průměrem od 2 do 24 m. Hliník oproti oceli a sklolaminátu rozptyluje efektivněji teplo, nepodléhá korozi a nepotřebuje nátěr.

4.3.3 Senzory pozorovacích podmínek

4.3.3.1 Meteostanice

Na trhu existuje celá řada komerčních produktů v různých cenových kategoriích a různé kvality. Meteostanice, která bude součástí projektu v Úpici, nemusí splňovat přísná kritéria profesionálních meteostanic neboť není prioritně určena pro účely vyhodnocení a sběr meteorodat pro ČHMÚ. Musí však být připojitelná k počítači a měřit veličiny důležité pro provoz dalekohledu.

Pro účely diplomové práce doporučuji použít meteostanici Davis Vantage. K počítači se připojuje pomocí sériového portu RS232. Komunikace s meteostanicí probíhá prostřednictvím výrobcem dodané knihovny. Pomocí funkcí obsažených v knihovně můžeme získat a do paměti si pro další použití uložit libovolný stanicí naměřený údaj.⁷ Komunikace mezi aplikací využívající knihovnu a vlastním přístrojem bývá privátní.

4.3.3.2 Senzor oblačnosti

Pracuje obvykle na principu měření rozdílu intenzit vyzařování oblohy v infračerveném oboru a země. Pokud je rozdíl úrovní větší než definovaná hodnota, senzor určí, že je obloha jasná. V opačném případě vyhodnotí, že je obloha zatažená. Součástí senzoru může být i "detektor první kapky" jakožto varovného signálu oznamujícího náhlý déšť či přeháňku.

Senzory oblačnosti obvykle zajišťují:

- detekci oblačnosti
- detekci srážek

⁷ Rychlost větru, rosný bod, srážky

- detekci kondenzace vody pomocí vnitřně vyhřívaného čidla, které stanoví čas odpaření vlhkosti

4.3.3.3 Radar

ČHMÚ na svých internetových stránkách poskytuje data ze dvou meteorologických radiolokátorů. První je umístěný ve Skalce u Protivanova a monitoruje oblast střední Moravy. Druhý se nachází v Brdech - Praze a sleduje oblast středních Čech. Meteorologický radiolokátor slouží k detekci výrazné srážkové oblačnosti (bouřky do cca 250 km). Mohou být použity pro odhad okamžitých intenzit srážek do cca 150 km od radaru.

Princip funkce radaru je založen na zpětném rozptylu mikrovln (vlnová délka řádově cm) na vodních kapkách a ledových krystalcích ve srážkách a oblačnosti. Vysílač generuje krátké vysokoenergetické pulsy elektromagnetického vlnění, které anténa vyzařuje v podobě úzkého svazku do atmosféry. Část energie se zpětně rozptýlí od cílů meteorologických (srážky) či jiných (terén, letadla, apod.). Část zpětně rozptýlené energie je zachycena anténou a zpracována přijímačem radaru.

Podle polohy antény (azimut, elevace) a času mezi vysláním a příjmem pulsu se určuje poloha cíle. Množství odražené energie je úměrné intenzitě (radiolokační odrazivosti) cíle. Meteorologická měření se skládají z cca 15-20 otáček antény v azimutu s proměnným výškovým úhlem (elevací). Tato objemová měření jsou opakována každých 5 - 15 minut. Tvorba sloučené radarové informace z dat radarové sítě ČHMÚ se provádí každých 10 minut centrálně na serveru na pracovišti v Praze - Libuši.

Radarová měření tedy poskytují okamžitý přehled o pohybu a struktuře srážkové oblačnosti, umožňují velmi krátkou předpověď na několik minut až hodin dopředu a varování před nebezpečnými jevy spojenými s konvektivní oblačností, např. bouřky a kroupy. Analýzou snímku srážkového radaru zachytíme výraznější srážkovou oblačnost. Do vyhodnocovacího algoritmu vstupují dvě veličiny: intenzita srážek v jednotkách mm/h a plocha pokrytí referenčního obrazce srážkovou oblačností.

Snímky z družic

Na internetových stránkách ČHMÚ lze získat snímky z geostacionárních družic NOAA a MSG (Meteosat druhé generace), které poskytuje EUMETSAT. Zpracování dat z družic vyžaduje specializovaný software. Mimo komerční produkty odkazuje ČHMÚ na svých stránkách také na některé volně šiřitelné, avšak přesto velmi kvalitní programy pro práci s daty z družic. Snímky jsou pořizovány v několika speciálních kanálech (MSG - 12 kanálů, NOAA - 6 kanálů) s různou vlnovou délkou pro rozmanité informace o meteorologických podmínkách. Data z družic je možno získávat a zpracovávat bez ČHMÚ, avšak potřebovali bychom k tomu parabolickou anténu a minimálně dva

až tři počítače s příslušným programovým vybavením.

Zpracování dat z družic zahrnuje převod dat do vhodných fyzikálních jednotek (radiální teplota u tepelných a odrazivost u solárních kanálů), převod do geografických projekcí (Evropa, střední Evropa a Česká republika) a grafickou úpravu výsledných snímků např. zlepšení kontrastu, vytváření RGB kombinací. Vícekanálová barevná syntéza patří k metodám, které umožňují získat z různých spektrálních pásem více informací (např. o typu oblačnosti) než z jednotlivých kanálů použitých samostatně. Barevné složky, ze kterých vzniká barevný obraz, červená, zelená a modrá (R,G a B) se přiřadí jednotlivým zvoleným kanálům. Výsledkem jsou obrázky ve formátu JPG, které jsou distribuovány jak uvnitř ČHMÚ, tak vybraným externím uživatelům.

Datová politika EUMETSAT, který snímky poskytuje, má zabránit zneužívání dat. Jelikož je velice přísná, volně přístupných dat pro veřejnost je jen velmi málo vzhledem k celkovému objemu dat, jež družice MSG poskytuje. Volně přístupné jsou snímky po šesti hodinách ze všech kanálů družice a navíc v nejlepší možné geometrické rozlišení. Dále snímky, které EUMETSAT zveřejňuje na svých stránkách, jsou se sníženým geometrickým rozlišením a pouze ve 4 kanálech ve formátu Evropa každou hodinu a snímky celého zemského disku každé tři hodiny. Další volně přístupné snímky jsou všechny starší 24 hodin, vždy s uvedením copyrightu EUMETSAT a rokem pořízení snímku.

Ostatní data lze získávat po podepsání užitelské smlouvy s EUMETSAT. Pro uživatele z České republiky je EUMETSAT zastupován Českým hydrometeorologickým ústavem. Plánované použití určí, zda se za data bude platit či nikoli. Bezplatně lze data využívat pouze ke vzdělávacím a výzkumným účelům, u nichž je zcela vyloučena jakákoli další distribuce.

4.3.4 Servery a programové vybavení

Systém bude ovládán třemi servery s programovým vybavením. Tým kolem dalekohledu si většinou píše příslušné programové vybavení sám na míru svým požadavkům a účelům dalekohledu. To pak bývá interní záležitostí dané instituce. Některé týmy poskytují svůj software komerčně a některé ho dokonce nabízejí volně k dispozici pro použití do dalších systémů. Pokud se rozhodneme použít takto volně dostupný software, musíme se nejprve seznámit s jeho činností. Zde je důležitá kvalitní dokumentace a nejlépe i konzultace s autory.

Při studiu dané problematiky jsem zjistila, že v současné době jsou na území České republiky využívány dva takovéto softwary. Jedná se o RTS a Mark Ware. RTS řídí např. teleskopy FRAM, BOOTES a BART, o nichž je podrobněji pojednáno v kapitole Příklady robotických dalekohledů. Pracuje pod operačním systémem Linux. Mark Ware je software využíván na Štefánikově hvězdárně na Petříně. Jeho podoba není ještě konečná. Stále je ve vývoji a je zdokonalován. Pracuje pod operačním systémem Windows XP Professional.

Vzhledem k podobnosti, zaměření a finančním možnostem obou malých hvězdáren se

domnívám, že lze tento software po úpravách s úspěchem využít i pro Hvězdárnu v Úpici. Úpravy budou provedeny na základě funkcí vybraných komponent systému. Další úpravy se týkají uživatelů systému. Uživatelé budou rozděleni podle priorit následujícím způsobem od nejvyšší priority k nejnižší:

- Administrátor (superuživatel)
- Uživatel s prioritou:
 - Místní uživatel (další pracovník hvězdárny, případně člen kroužku při hvězdárně)
 - Aktivní uživatel (uživatel s publikovanými výstupy)
- Běžný uživatel

V případě zavedení kategorie platící uživatel by její priorita mohla být druhá nejvyšší po administrátorovi.

Administrátor

Osoba, jejíž požadavky budou za všech okolností upřednostněny před ostatními. Měl by také mít možnost celkově ovlivňovat manipulaci s dalekohledem. Pravděpodobně by se jednalo o pracovníka hvězdárny.

V případě časové kolize budou požadavky rozděleny podle priorit následujícím způsobem. Při zadání konkrétního datumu a časového okamžiku by měl přednost požadavek zadaný uživatelem s vyšší prioritou. Požadavky podléhající automatickému plánování budou řazeny především dle funkce stanovující, jak vhodný je daný časový okamžik pro pozorování objektu na daných souřadnicích, a dále se zohledněním priority, kterou přiřadí pozorování uživatel.

Výstupní formát

Jako formát výstupních dat navrhuji použít formát FITS (Flexible Image Transport System), který je vhodný pro astronomii. Používá se pro přenos, analýzu a uchování souborů vědeckých dat. Ve struktuře formátu nalezneme hlavičku s parametry snímku, kde mohou být zaznamenány mimo jiné také údaje o chodu motoru, a datovou část. Datová část může obsahovat např. čísla, z nichž každé reprezentuje jasnost pixelu v matici nekomprimovaného obrázku.

Formát FITS umožňuje též uchovávat obrazová data pořízená např. v rentgenovém a infračerveném záření v jednom FITS souboru. Podrobnější informace o formátu FITS najdeme například na stránkách <http://fits.gsfc.nasa.gov/>. Některé CCD kamery mají v sobě software, který umí nasnímaná data převést do formátu FITS. V případě použití digitálního fotoaparátu použijeme program, který formáty RAW nebo TIFF převede do formátu FITS. Webové prohlížeče nezobrazují formát FITS. Je třeba konverze do formátů JPG či PNG.

5 Funkční specifikace uživatelského rozhraní dalekohledu

Tato kapitola popisuje funkční specifikaci uživatelského rozhraní teleskopu. Tato specifikace zohledňuje požadavky navrhovaného systému pro Hvězdárnu v Úpici a využívá komponenty, které se osvědčily u jiných systémů. Hlavní funkcionality aplikace jsou:

- Zadávání parametrů pozorování
- Plánování noci
- Prohlížení nasnímaných dat uložených v databázi

5.1 Přehled uživatelů

Uživatelé aplikace seřazeni podle priorit od nejvyšší priority k nejnižší budou:

- Administrátor (superuživatel)
- Uživatel s prioritou:
 - Místní uživatel (další pracovník hvězdárny, případně člen kroužku při hvězdárně)
 - Aktivní uživatel (uživatel s publikovanými výstupy)
- Běžný uživatel

V případě zavedení kategorie platící uživatel by její priorita mohla být druhá nejvyšší po administrátorovi.

Možnosti administrátora:

- Přihlášení do aplikace
- Zadávání požadavku pozorování
- Nastavení systému
- Administrace uživatelů
- Prohlížení nasnímaných dat uložených v databázi

Možnosti ostatních uživatelů:

- Registrace uživatele
- Přihlášení do aplikace
- Zobrazení, změna, zrušení registračních údajů uživatelem
- Zadávání požadavku pozorování
- Prohlížení nasnímaných dat uložených v databázi

5.2 Popis funkcionalit

Popis jednotlivých funkcionalit aplikace obsahuje:

- Slovní popis funkcionality
- Tok stránek

- Popis prvků stránky

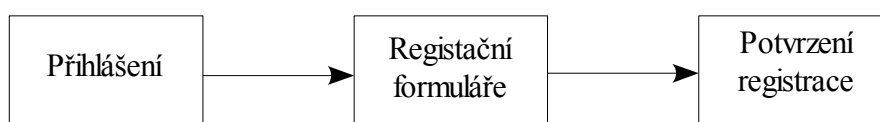
5.2.1 Registrace uživatele

5.2.1.1 Popis funkcionality

Registrace uživatele bude podmínkou pro využívání služeb dalekohledu. Z důvodů dostupnosti služeb také zahraničním uživatelům by mohla být stránka Přihlášení opatřena odkazem na anglickou verzi. Nový uživatel se zaregistruje následujícím způsobem:

1. Vybere odkaz Registrace nového uživatele umístěný na úvodní stránce Přihlášení.
2. Zobrazí se stránka Registrační formuláře s dvěma formuláři. První formulář slouží k registraci běžného uživatele. Druhý formulář obsahuje více položek a slouží k registraci uživatele s prioritou a vyplnění všech polí je povinné.
3. Vyplní jeden z formulářů a odešle.
4. Pokud již v databázi existuje uživatel se stejným uživatelským jménem, je nový uživatel vyzván ke změně uživatelského jména.
5. V případě odeslání formuláře pro běžného uživatele obdrží e-mailem automatické potvrzení registrace. Získané údaje jsou uloženy do databáze uživatelů.
6. Pokud odešle formulář pro uživatele s prioritou, aplikace zkontroluje, zda vyplnil všechna pole. Jestliže některý údaj chybí, je vyzván, aby jej doplnil. Uživatel je v nejbližší době e-mailem kontaktován administrátorem, který mu po vzájemné domluvě zřídí účet.

5.2.1.2 Tok stránek



Obr. 5.1 Registrace uživatele

5.2.1.3 Popis prvků stránky Přihlášení (úvodní stránka uživatelského rozhraní)

Název prvku	Typ prvku	Formát: N - numerické, A - písmena, X - alfanumerické	Popis/poznámka
Logo dalekohledu	Připojení souboru		Obrázek s logem dalekohledu umístěný uprostřed stránky
Jméno	Textové pole	A20	
Heslo	Textové pole	X10	
Přihlásit se	Tlačítko		Přihlášení do aplikace

Název prvku	Typ prvku	Formát: N - numerické, A - písmena, X - alfanumerické	Popis/poznámka
Registrace nového uživatele	Odkaz		Odkaz na stránku Registrační formuláře, který je součástí menu umístěného v rámu na levé straně stránky
Ztráta přístupových údajů	Odkaz		Odkaz na stránky, kde po vyplnění uživatelského jména, resp. hesla, aplikace zkontroluje existenci e-mailové adresy v databázi. Pokud existuje, obdrží uživatel e-mailem své heslo, resp. uživatelské jméno. Odkaz je součástí menu umístěného v rámu na levé straně stránky.
O projektu	Odkaz		Odkaz na stránky s informacemi o projektu, který je součástí menu umístěného v rámu na levé straně stránky
Novinky	Odkaz		Odkaz na stránky s nejnovějšími informacemi ohledně teleskopu, který je součástí menu umístěného v rámu na levé straně stránky
Hvězdárna v Úpici	Odkaz		Odkaz na oficiální stránky Hvězdárny v Úpici, který je součástí menu umístěného v rámu na levé straně stránky
Fotogalerie	Odkaz		Odkaz na stránky s vybranými fotografiemi pořízenými teleskopem, který je součástí menu umístěného v rámu na levé straně stránky
Anglická vlajka	Obrázkový odkaz		Po stisku obrázku s anglickou vlajkou se stránky zobrazí v angličtině

Tab. 5.1 Popis prvků stránky Přihlášení

5.2.1.4 Popis prvků stránky Registrační formuláře

Název prvku	Typ prvku	Formát: N - numerické, A - písmena, X - alfanumerické	Popis/poznámka
Registrace běžného uživatele	Text		
Jméno	Textové pole	A20	
Příjmení	Textové pole	A20	
Uživatelské jméno	Textové pole	A20	
Heslo	Textové pole	X10	
Instituce	Combo box		Vědecký pracovník, soukromá osoba, student
Stát	Textové pole	X20	
E-mail	Textové pole	X20	

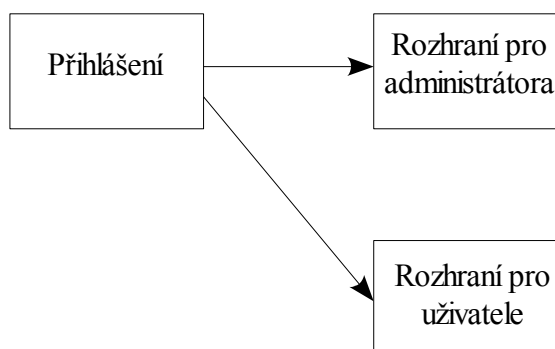
Název prvku	Typ prvku	Formát: N - numerické, A - písmena, X - alfanumerické	Popis/poznámka
Odešli	Tlačítko		Odeslání vyplněného formuláře
Zpět	Tlačítko		Návrat na předchozí stránku bez uložení změn
Registrace uživatelé s vyšší prioritou	Text		
Jméno	Textové pole	A20	
Příjmení	Textové pole	A20	
Uživatelské jméno	Textové pole	A20	
Instituce	Combo box		Vědecký pracovník, soukromá osoba, student
Město	Textové pole	X30	
PSČ	Textové pole	N5	
Stát	Textové pole	X20	
E-mail	Textové pole	X20	
Typ priority	Combo box		Uživatel místní, aktivní, případně platicí
Otazník	Obrázkový odkaz		Obrázek s otazníkem je umístěn za výběrem priority na stejném řádku. Po stisku obrázku se zobrazí stránka s informacemi o rozdělení uživatelů a jejich prioritě.
Návrh na využití dalekohledu	Textové pole	X500	Zde má uživatel možnost popsat své představy o využití dalekohledu.
Odeslat	Tlačítko		Odeslání vyplněného formuláře
Zpět	Tlačítko		Návrat na předchozí stránku bez uložení změn

Tab. 5.2 Popis prvků stránky Registrační formuláře

5.2.2 Přihlášení do aplikace

Do aplikace se všichni uživatelé přihlašují pomocí uživatelského jména a hesla na úvodní stránce uživatelského rozhraní. Každý uživatel dle své priority má přístup pouze k nadefinovaným funkcionalitám. Po přihlášení administrátora se otevře stránka Rozhraní dalekohledu pro administrátora. Po přihlášení všech ostatních uživatelů se otevře stránka Rozhraní dalekohledu pro uživatele s výběrem typu formuláře pro nastavení parametrů požadavku.

5.2.2.1 Tok obrazovek



Obr. 5.2 Přihlášení do aplikace

5.2.2.2 Popis prvků stránky Rozhraní dalekohledu pro administrátora

Název prvku	Typ prvku	Formát: N - numerické, A - písmena, X - alfanumerické	Popis/poznámka
Administrace uživatelů	Odkaz		Odkaz na stránku se seznamem uživatelů, který je součástí menu umístěného v rámu na levé straně stránky
Nový požadavek	Odkaz		Odkaz na stránku Formulář pro administrátora, který je součástí menu umístěného v rámu na levé straně stránky
Mé požadavky	Odkaz		Odkaz je součástí menu umístěného v rámu na levé straně stránky. Zobrazí stránku se seznamem požadavků zadaných administrátorem a jejich stupněm zpracovanosti. Po vybrání požadavku se zobrazí detaily požadavku s pořízeným snímkem.
Fotogalerie	Odkaz		Odkaz na stránku Hledání v databázi (hledání v databázi všech pořízených snímků), který je součástí menu umístěného v rámu na levé straně stránky
Seznam všech požadavků	Odkaz		Odkaz je součástí menu umístěného v rámu na levé straně stránky. Zobrazí stránku se seznamem všech požadavků a jejich stupněm zpracovanosti. Po vybrání požadavku se zobrazí detaily požadavku s pořízeným snímkem.
Odhlásit se	Odkaz		Odhlášení ze systému
Datum	Textové pole	X10	Formát datumu [dd.mm.rrrr] d-den, m-měsíc, r-rok

Název prvku	Typ prvku	Formát: N - numerické, A - písmena, X - alfanumerické	Popis/poznámka
Vytvoření plánu	Textové pole	X10	Formát datumu [dd.mm.rrrr] d-den, m-měsíc, r-rok
Aktuální požadavek	Tabulka		Pokud je dalekohled v činnosti, obsahuje tabulka stav a informace o zpracovávaném požadavku. Jestliže není v činnosti, obsahuje tabulka informace o nejbližším plánovaném požadavku.
Ukaž plán	Obrázkový odkaz		Zobrazí stránku mapy pokrytí noci, kde jsou jednotlivé požadavky ke zpracování zobrazeny jako plná políčka s křížky s odkazem na stránku s detaily požadavku. Barevně jsou též na mapě oddělena pole s požadavky zbývající pro daný den. Pod mapou je umístěna tabulka s naplánovanými pozorováními pro danou noc řazená podle času.
Funkce vyhodnocení podmínek pro pozorování	Obrázkový odkaz		Aktuální stav funkce vyhodnocení podmínek pro pozorování. Pro přehlednost to může být obrázek semaforu. Po stisku obrázku se zobrazí stránka s aktuálním stavem jednotlivých senzorů podmínek.
Historie vyhodnocení meteorologických podmínek	Obrázkový odkaz		Po stisku obrázku se zobrazí stránka s historií vyhodnocení meteorologických podmínek za zvolenou dobu.

Tab. 5.3 Popis prvků stránky Rozhraní dalekohledu pro administrátora

5.2.2.3 Popis prvků stránky Rozhraní dalekohledu pro uživatele

Název prvku	Typ prvku	Formát: N - numerické, A - písmena, X - alfanumerické	Popis/poznámka
O projektu	Odkaz		Odkaz na stránky s informacemi o projektu, který je součástí menu umístěného v rámu na levé straně stránky
Novinky	Odkaz		Odkaz na stránky s nejnovějšími informacemi ohledně teleskopu, který je součástí menu umístěného v rámu na levé straně stránky
Změna přístupových údajů	Odkaz		Odkaz na stránku Registrační údaje běžného uživatele nebo Registrační údaje uživatele s prioritou, který je součástí menu umístěného v rámu na levé straně stránky

Název prvku	Typ prvku	Formát: N - numerické, A - písmena, X - alfanumerické	Popis/poznámka
Mé snímky	Odkaz		Odkaz je součástí menu umístěného v rámu na levé straně stránky. Zobrazí stránku se seznamem požadavků zadaných uživatelem a jejich stupněm zpracovanosti. Po vybrání požadavku se zobrazí detaily požadavku s pořízeným snímkem.
Fotogalerie	Odkaz		Odkaz na stránku Hledání v databázi (hledání v databázi všech pořízených snímků), který je součástí menu umístěného v rámu na levé straně stránky
Odhlásit se	Odkaz		Odhlášení ze systému
Hvězdárna v Úpici	Odkaz		Odkaz na oficiální stránky Hvězdárny v Úpici, který je součástí menu umístěného v rámu na levé straně stránky
Formulář pro nastavení parametrů požadavku:	Text		
Základní	Tlačítko		Zobrazí se stránka Formulář základní.
Pokročilé nastavení	Tlačítko		Zobrazí se stránka Formulář pro pokročilé nastavení.

Tab. 5.4 Popis prvků stránky Rozhraní dalekohledu pro uživatele

5.2.3 Administrace uživatelů administrátorem

5.2.3.1 Popis funkcionality

Založení⁸ / změnu / zrušení přístupových práv uživatelů provádí administrátor následujícím způsobem:

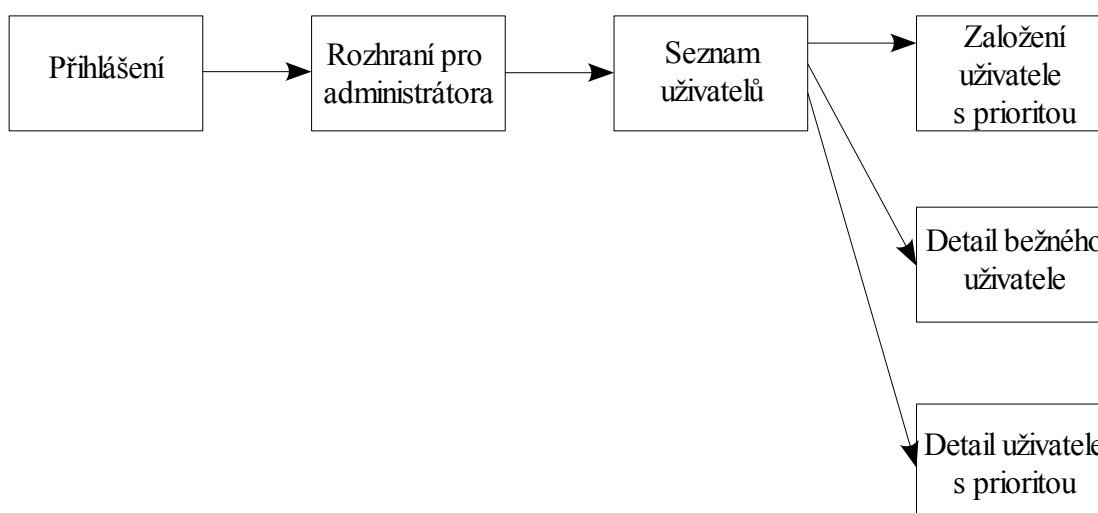
1. Přihlásí se do aplikace.
2. Zobrazí se stránka Rozhraní dalekohledu pro administrátora.
3. Vybere z menu odkaz Administrace uživatelů.
4. Zobrazí se seznam uživatelů. Řazení jsou podle příjmení.
5. Pokud chce založit nového uživatele s prioritou:
 - a) Vybere funkci pro založení nového uživatele s prioritou.
 - b) Zadá údaje o uživateli z registračního formuláře.
 - c) Má možnost zadané údaje uložit (tlačítkem Uložit) nebo zrušit (tlačítkem Zpět).
 - d) Pokud jsou údaje uloženy, je v databázi založen nový uživatel. Nastaveno je mu náhodně

⁸ Tato funkce platí pouze pro uživatele s prioritou

vygenerované heslo, které obdrží od administrátora e-mailem. Po prvním přihlášení si uživatel může toto heslo změnit.

6. Pokud chce změnit údaje o uživateli:
 - a) Vybere v seznamu uživatele, kterého chce změnit.
 - b) Zobrazí se stránka Detail běžného uživatele nebo Detail uživatele s prioritou.
 - c) Změní potřebné údaje.
 - d) Uloží změnu.
7. Pokud chce zrušit přístupová práva uživatele:
 - a) Vybere v seznamu uživatele, kterého chce zrušit
 - b) Zobrazí se stránka Detail běžného uživatele nebo Detail uživatele s prioritou
 - c) Vybere funkci Zrušit uživatele.
8. Pokud chce zobrazit detaily o uživateli:
 - a) Vybere v seznamu uživatele, kterého chce zobrazit.
 - b) Otevře se stránka Detail běžného uživatele nebo Detail uživatele s prioritou.

5.2.3.2 Tok stránek



Obr. 5.3 Administrace uživatelů administrátorem

5.2.3.3 Popis prvků stránky Založení uživatele s prioritou

Název prvku	Typ prvku	Formát: N - numerické, A - písmena, X - alfanumerické	Popis/poznámka
Jméno	Textové pole	A20	
Příjmení	Textové pole	A20	
Uživatelské jméno	Textové pole	A20	

Název prvku	Typ prvku	Formát: N - numerické, A - písmena, X - alfanumerické	Popis/poznámka
Instituce	Combo box		Vědecký pracovník, soukromá osoba, student
Město	Textové pole	X30	
PSC	Textové pole	N5	
Stát	Textové pole	X20	
E-mail	Textové pole	X20	
Typ priority	Combo box		Uživatel místní, aktivní, případně platící
Návrh na využití dalekohledu	Textové pole	X500	Uživatelovy představy o využití dalekohledu
Uložit	Tlačítko		
Zpět	Tlačítko		Návrat na předchozí stránku bez uložení změn

Tab. 5.5 Popis prvků stránky Založení uživatele s prioritou

5.2.3.4 Popis prvků stránky Detail běžného uživatele

Název prvku	Typ prvku	Formát: N - numerické, A - písmena, X - alfanumerické	Popis/poznámka
Jméno	Textové pole	A20	
Příjmení	Textové pole	A20	
Uživatelské jméno	Textové pole	A20	
Instituce	Combo box		Vědecký pracovník, soukromá osoba, student
Stát	Textové pole	X20	
E-mail	Textové pole	X20	
Změnit	Tlačítko		Potvrzení provedených změn uživatele
Zrušit	Tlačítko		Zrušení uživatele, smazání z databáze
Zpět	Tlačítko		Návrat na předchozí stránku bez uložení změn

Tab. 5.6 Popis prvků stránky běžného uživatele

5.2.3.5 Popis prvků stránky Detail uživatele s prioritou

Stránka je shodná se stránkou Detail běžného uživatele. Navíc jsou zde prvky uvedené v následující tabulce:

Název prvku	Typ prvku	Formát: N - numerické, A - písmena, X - alfanumerické	Popis/poznámka
Město	Textové pole	X30	
PSC	Textové pole	N5	
Typ priority	Combo box		Uživatel místní, aktivní, případně platící
Otazník	Obrázkový odkaz		Obrázek s otazníkem je umístěn za výběrem priority na stejném řádku. Po stisku obrázku se zobrazí stránka s informacemi o rozdělení uživatelů a jejich prioritě.
Návrh na využití dalekohledu	Textové pole	X500	Uživatelovy představy o využití dalekohledu

Tab. 5.7 Popis prvků stránky Detail uživatele s prioritou

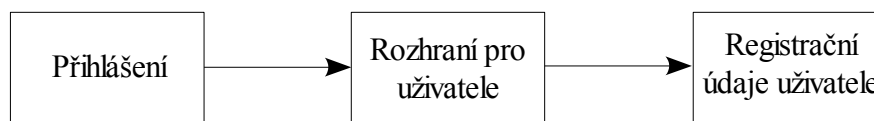
5.2.4 Zobrazení, změna registračních údajů uživatelem

5.2.4.1 Popis funkcionality

Zobrazení, změnu a zrušení svých registračních údajů může uživatel provést následujícím způsobem:

1. Přihlásí se do aplikace.
2. Zobrazí se stránka Rozhraní dalekohledu pro uživatele.
3. Vybere z menu odkaz Změna přístupových údajů.
4. Zobrazí se stránka Registrační údaje běžného uživatele nebo Registrační údaje uživatele s prioritou.
5. Zde může uživatel provést změny svých údajů a uložit je.
6. Pokud se jedná o uživatele s prioritou, aplikace zkontroluje, zda vyplnil všechna pole. Jestliže některý údaj chybí, je vyzván, aby jej doplnil.

5.2.4.2 Tok stránek



Obr. 5.4 Zobrazení, změna registračních údajů uživatelem

5.2.4.3 Popis prvků stránky Registrační údaje běžného uživatele

Název prvku	Typ prvku	Formát: N - numerické, A - písmena, X - alfanumerické	Popis/poznámka
Jméno	Textové pole	A20	
Příjmení	Textové pole	A20	
Uživatelské jméno	Textové pole	A20	
Změna hesla:	Text		
Staré heslo	Textové pole	X10	
Nové heslo	Textové pole	X10	
Potvrzení hesla	Textové pole	X10	
Instituce	Combo box		Vědecký pracovník, soukromá osoba, student
Stát	Textové pole	X20	
E-mail	Textové pole	X20	
Změnit	Tlačítko		Potvrzení provedených změn uživatelem
Zpět	Tlačítko		Návrat na předchozí stránku bez uložení změn

Tab. 5.8 Popis prvků stránky Registrační údaje běžného uživatele

5.2.4.4 Popis prvků stránky Registrační údaje uživatele s prioritou

Stránka je shodná se stránkou Registrační údaje běžného uživatele. Navíc jsou zde prvky uvedené v následující tabulce:

Název prvku	Typ prvku	Formát: N - numerické, A - písmena, X - alfanumerické	Popis/poznámka
Město	Textové pole	X30	
PSČ	Textové pole	N5	
Typ priority	Combo box		Uživatel místní, aktivní, případně platící. Toto pole není možné měnit uživatelem.
Návrh na využití dalekohledu	Textové pole	X500	Uživatelské představy o využití dalekohledu

Tab. 5.9 Popis prvků stránky Registrační údaje uživatele s prioritou

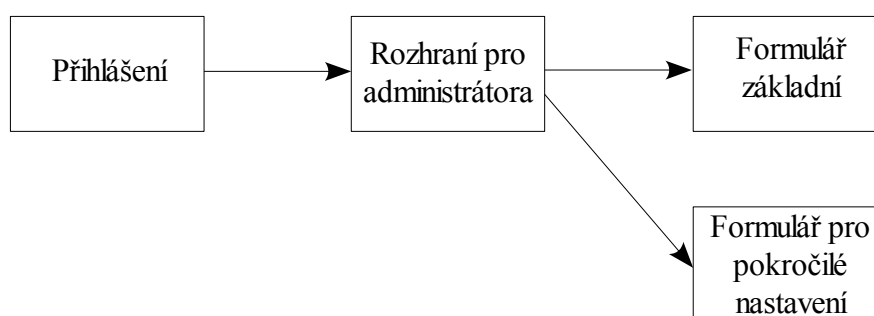
5.2.5 Zadávání požadavku a nastavení systému administrátorem

5.2.5.1 Popis funkcionality

Zadání požadavku na pozorování spolu s nastavením systému provádí uživatel následujícím způsobem:

1. Přihlásí se do aplikace.
2. Zobrazí se stránka Rozhraní dalekohledu pro administrátora.
3. Vybere z menu odkaz pro nastavení parametrů požadavku.
4. Zobrazí se stránka Formulář pro administrátora.
5. Formulář vyplní a odešle.
6. Po odeslání se data ve formuláři zkontrolují validátorem. Ten ověří jejich smysluplnost před samotným zpracováním. Pokud je nějaký údaj nereálný nebo nelogický, je administrátor vyzván k jeho opravení. Jestliže nějaký údaj chybí, je administrátor vyzván k jeho doplnění.

5.2.5.2 Tok stránek



Obr. 5.5 Zadávání požadavků a nastavení systému administrátorem

5.2.5.3 Popis prvků stránky Formulář pro administrátora

Na stránce se nachází stejné menu umístěné v rámu na levé straně Rozhraní dalekohledu pro uživatele.

Název prvku	Typ prvku	Formát: N - numerické, A - písmena, X - alfanumerické	Popis/poznámka
Způsob zadání	Radio button		Administrátor zvolí, způsob zadání objektu. Hodnoty, Jméno objektu/Souřadnice.
Jméno objektu	Textové pole	X30	Pokud administrátor nezná přesně jméno objektu, může si je vyhledat v katalogích.
Hledat v katalogu	Tlačítko		Zobrazí se stránky s možností vyhledávání v katalogích integrovaných do systému.
Souřadnice:	Text		
Rektascenze (RA)	Textové pole	X8	Formát RA je [hh:mm:vv] h-hodina, m-minuta, v-vteřina. Pokud administrátor objekt vyhledá v katalogu, doplní se toto pole automaticky podle údajů z katalogu. V opačném případě administrátor vyplní pole sám.

Název prvku	Typ prvku	Formát: N - numerické, A - písmena, X - alfanumerické	Popis/poznámka
Deklinace (DEC)	Textové pole	X8	Formát DEC je [ss:mm:vv] s-stupeň, m-minuta v-vteřina. Pokud administrátor objekt vyhledá v katalogu, doplní se toto pole automaticky podle údajů z katalogu. V opačném případě administrátor vyplní pole sám.
Datum	Textové pole	X10	Formát datumu [dd.mm.rrrr] d-den, m-měsíc, r-rok
Čas	Textové pole	X8	Formát času [hh:mm:ss] GMT h-hodina, m-minuta, s-sekunda
Nastavení CCD kamery:	Text		
Expozice	Textové pole	N10	Doba expozice [s]
Počet snímků	Textové pole	N10	
Autoguider	Check box		Použití autoguideru na pointované snímky
Dark frame	Check box		
Skript	Combo box		Výběr skriptu pro řízení kamery
Filtr	Check box		Výběr z dostupných filtrů
Vlastní priorita	Combo box		Nízká, střední, vysoká
Poznámka	Textové pole	X1000	Doplňující poznámka administrátora k požadavku nebo průběhu pozorování
Odeslat	Tlačítko		Odeslání formuláře

Tab. 5.10 Popis prvků stránky Formulář pro administrátora

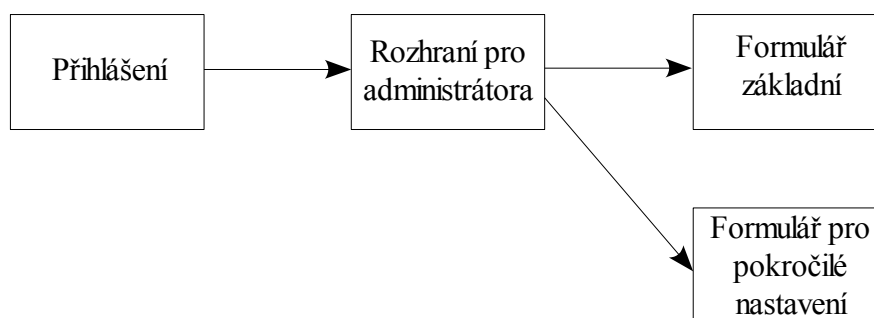
5.2.6 Zadávání požadavku na pozorování uživatelem

5.2.6.1 Popis funkcionality

Zadání požadavku na pozorování provádí uživatel následujícím způsobem:

1. Přihlásí se do aplikace.
2. Zobrazí se stránka Rozhraní dalekohledu pro uživatele.
3. Vybere typ formuláře pro nastavení parametrů požadavku.
4. Zobrazí se dle výběru stránka Formulář základní nebo Formulář pro pokročilé nastavení.
5. Formulář vyplní a odešle.
6. Po odeslání se data ve formuláři zkontrolují validátorem. Ten ověří jejich smysluplnost před samotným zpracováním. Pokud je nějaký údaj nereálný nebo nelogický, je uživatel vyzván k jeho opravení. Jestliže nějaký údaj chybí, je uživatel vyzván k jeho doplnění.

5.2.6.2 Tok stránek



Obr. 5.6 Zadávání požadavku na pozorování uživatelem

5.2.6.3 Popis prvků stránky Formulář základní

Na stránce je též menu umístěné v rámu na levé straně stránky Rozhraní dalekohledu pro uživatele.

Název prvku	Typ prvku	Formát: N - numerické, A - písmena, X - alfanumerické	Popis/poznámka
Jméno objektu	Textové pole	X30	Pokud uživatel nezná přesně jméno objektu, může si je vyhledat v katalogích.
Hledat v katalogu	Tlačítko		Zobrazí se stránky s možností vyhledávání v katalogích integrovaných do systému.
Odeslat	Tlačítko		Odeslání formuláře
Zpět	Tlačítko		Návrat na předchozí stránku bez uložení změn

Tab. 5.11 Popis prvků stránky Formulář základní

5.2.6.4 Popis prvků stránky Formulář pro pokročilé nastavení

Na stránce se nachází stejné menu umístěné v rámu na levé straně Rozhraní dalekohledu pro uživatele.

Název prvku	Typ prvku	Formát: N - numerické, A - písmena, X - alfanumerické	Popis/poznámka
Způsob zadání	Radio button		Uživatel zvolí způsob zadání objektu. Hodnoty, Jméno objektu/Souřadnice
Jméno objektu	Textové pole	X30	Pokud uživatel nezná přesně jméno objektu, může si je vyhledat v katalogích.
Hledat v katalogu	Tlačítko		Zobrazí se stránky s možností vyhledávání v katalogích integrovaných do systému.
Souřadnice:	Text		

Název prvku	Typ prvku	Formát: N - numerické, A - písmena, X - alfanumerické	Popis/poznámka
Rektascenze (RA)	Textové pole	X8	Formát RA je [hh:mm:vv] h-hodina, m-minuta, v-vteřina. Pokud uživatel objekt vyhledá v katalogu, doplní se toto pole automaticky podle údajů z katalogu. V opačném případě uživatel vyplní pole sám.
Deklinace (DEC)	Textové pole	X8	Formát DEC je [ss:mm:vv] s-stupeň, m-minuta v-vteřina. Pokud uživatel objekt vyhledá v katalogu, doplní se toto pole automaticky podle údajů z katalogu. V opačném případě uživatel vyplní pole sám.
Datum	Textové pole	X10	Formát datumu [dd.mm.rrrr] d-den, m-měsíc, r-rok
Čas	Textové pole	X8	Formát času [hh:mm:ss] GMT h-hodina, m-minuta, s-sekunda
Expozice	Textové pole	N10	Doba expozice [s]
Vlastní priorita	Combo box		Nízká, střední, vysoká
Poznámka	Textové pole	X1000	Doplňující poznámka uživatele k požadavku nebo průběhu pozorování
Odeslat	Tlačítko		Odeslání formuláře
Zpět	Tlačítko		Návrat na předchozí stránku bez uložení změn

Tab. 5.12 Popis prvků stránky Formulář pro pokročilé nastavení

5.2.7 Prohlížení nasnímaných dat uložených v databázi

5.2.7.1 Popis funkcionality

Po úspěšném zpracování zadaného požadavku obdrží uživatel e-mail.

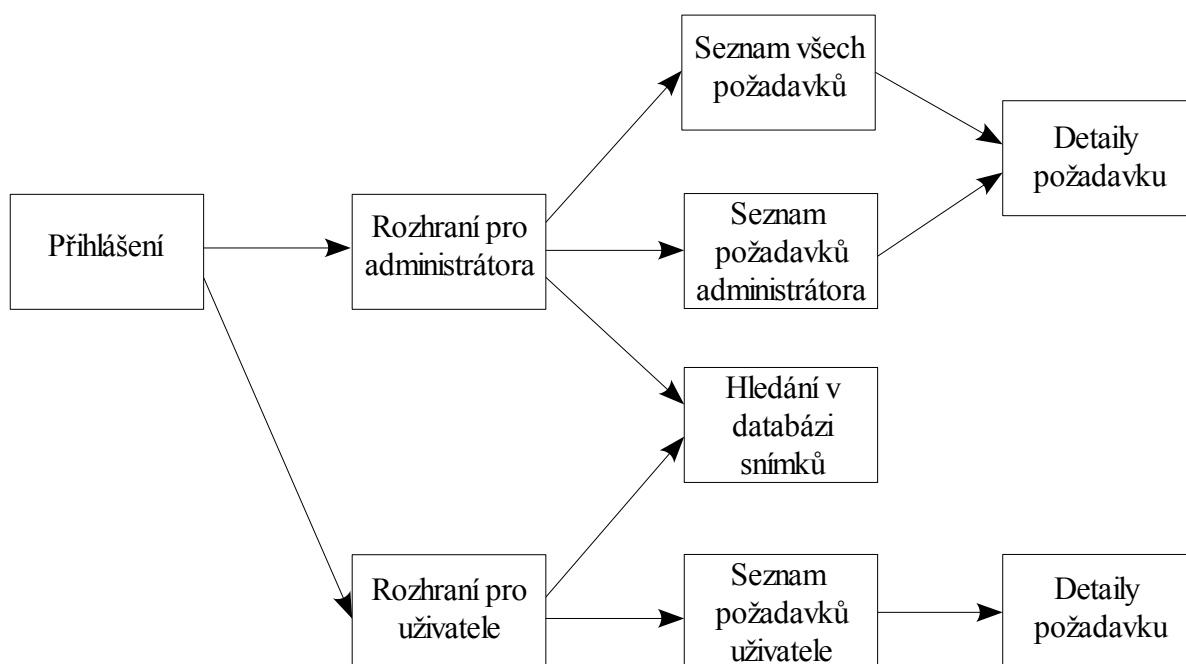
Prohlížení nasnímaných dat uložených v databázi provádí uživatel a administrátor následujícím způsobem:

1. Přihlásí se do aplikace.
2. Zobrazí se stránka Rozhraní dalekohledu pro uživatele nebo pro administrátora.
3. Pro prohlížení snímků z vypracovaných požadavků zadaných daným uživatelem:
 - a) Vybere odkaz Mé snímky.
 - b) Zobrazí se stránka se seznamem požadavků zadaných uživatelem a jejich stupněm zpracovanosti.
 - c) Po vybrání požadavku se zobrazí detaily požadavku s pořízeným snímkem ve formátu JPG či PNG (pokud je požadavek zpracován). Součástí detailů požadavku jsou i odkazy pro získání snímku ve formátu FITS, který webové prohlížeče nezobrazují a pro smazání

požadavku. Po smazání uživatelem zůstává požadavek v databázi všech požadavků, odkud může být smazán pouze administrátorem.

4. Pro prohlížení všech dle typu uživatele dostupných snímků v databázi:
 - a) Vybere odkaz Fotogalerie.
 - b) Zobrazí se stránka Hledání v databázi snímků, kde se zadají parametry hledaných snímků.

5.2.7.2 Tok stránek



Obr. 5.7 Prohlížení nasnímaných dat uložených v databázi

5.2.7.3 Popis prvků stránky Hledání v databázi

Na stránce je též menu umístěné v rámu na levé straně stránky Rozhraní dalekohledu pro uživatele.

Název prvku	Typ prvku	Formát: N - numerické, A - písmena, X - alfanumerické	Popis/poznámka
Jméno objektu	Textové pole	X30	
Datum pořízení:	Text		
Od	Textové pole	X10	Formát datumu [dd.mm.rrrr] d-den, m-měsíc, r-rok
Do	Textové pole	X10	Formát datumu [dd.mm.rrrr] d-den, m-měsíc, r-rok
Rektascenze (RA)	Textové pole	X8	Formát RA je [hh:mm:vv] h-hodina, m-minuta, v-vteřina.

Název prvku	Typ prvku	Formát: N - numerické, A - písmena, X - alfanumerické	Popis/poznámka
Deklinace (DEC)	Textové pole	X8	Formát DEC je [ss:mm:vv] s-stupeň, m-minuta, v-vteřina.
Typ použitého filtru	Check box		
Velikost zorného pole snímku	Textové pole	N5	
Flat field	Odkaz		Odkaz na stránku s dostupnými flat field snímky

Tab. 5.13 Popis prvků stránky Hledání v databázi

5.2.8 Obecné požadavky na seznamy

V aplikaci je používán seznam požadavků, seznam uživatelů a seznam snímků. V seznamech bude možné:

1. Nastavit počet řádků, které se mají zobrazit.
2. Použít rozšířené vyhledávání.
3. Řadit zobrazené řádky poklepaním na hlavičku sloupce.
4. Označit jednotlivé nebo všechny řádky.

6 Závěr

Tato diplomová práce podává návrh robotického dalekohledu pro Hvězdárnu v Úpici. Nově navržený robotický dalekohled bude sloužit pro pořizování astronomických fotografií.

Mnou navrhovaný systém zahrnuje tyto části: dalekohled a snímač obrazu, kopuli, senzory pozorovacích podmínek a výpočetní centrum se servery pro zpracování dat z čidel, řízení kopule, dalekohledu a kamery, zprostředkování komunikace s okolním světem a ukládání dat.

Hlavním prvkem snímacího dalekohledu je objektiv. Jeho volba je závislá na povaze, zejména úhlové velikosti a jasnosti fotografovaného objektu. Ideální řešení vidím v použití objektivu s ohniskovou vzdáleností 500 až 1 000 mm a světelností 1:5. Tyto parametry ho předurčují pro univerzální využití. Druhým členem snímacího dalekohledu je snímač obrazu. Zde se mi jeví nejvhodnější použít astronomickou CCD kameru nebo CMOS snímací prvek digitálního fotoaparátu s obrazovým snímačem formátu kinofilmu 36 x 24,7 mm. Automatizované otáčení kopule je možné řešit více způsoby. Pro nynější kopuli hvězdárny v Úpici navrhuji jednoduchý nezávislý systém, který bude schopen zajistit synchronní otáčení kopule s dalekohledem v polární ose.

Dále jsem navrhla funkční specifikaci uživatelského rozhraní teleskopu. Tato specifikace zohledňuje požadavky navrhovaného systému pro Hvězdárnu v Úpici a využívá komponenty, které se osvědčily u jiných systémů. Hlavní funkcionality aplikace jsou zadávání parametrů pozorování, plánování noci a prohlížení nasnímaných dat uložených v databázi. Uživatelé této aplikace budou seřazeni podle priorit od nejvyšší k nejnižší. Uživatel s nejvyšší prioritou (administrátor) má následující možnosti: přihlášení do aplikace, zadávání požadavku pozorování, nastavení systému, administrace uživatelů a prohlížení a mazání nasnímaných dat uložených v databázi. Ostatní uživatelé se mohou zaregistrovat, přihlásit do aplikace, zobrazit, změnit či zrušit své registrační údaje, zadat požadavek pozorování a prohlížet nasnímaná data uložená v databázi. Předpokládanými uživateli robotického dalekohledu budou: zaměstnanci zmíněné hvězdárny, vědečtí pracovníci, členové astronomických kroužků či nejširší veřejnost.

Předložená varianta představuje v současné době nejlepší možné řešení pro aplikaci na stávající neautomatizovanou montáž i pro variantu nákupu nového dalekohledu. Návrh se skládá z dílčích celků s různými kvalitativními i cenovými variantami.

Počítá se s tím, že potřebný plně automatizovaný systém nevznikne najednou. Pro zmíněnou hvězdárnu je výhodou, že může být vytvářen postupně, po jednotlivých etapách dle aktuálních finančních možností této instituce. V počáteční fázi se provoz zřejmě ještě neobejde bez obsluhy, kterou zajistí odborný pracovník hvězdárny. Vzhledem k rychlému technickému pokroku a vzrůstajícím požadavkům na kvalitu a kvantitu v tomto vědeckém oboru je nutné navrhovat podobné systémy vysoce modulární tak, aby byly schopné přijímat požadavky uživatelů, reagovat na ně a zároveň byly cenově dostupné.

7 Použité zdroje

- [1] *AASTINO project : AASTINO* [online]. 2002 , 2005 [cit. 2006-10-20]. Dostupný z WWW: <<http://mcba5.phys.unsw.edu.au:8180/%7Eaastino/About.5/index.jsp>>.
- [2] *ASAS Home Page* [online]. [cit. 2006-11-09]. Dostupný z WWW: <http://www.astrouw.edu.pl/~gp/asas/asas_asas3.html>.
- [3] *Astrophys. Inst. Potsdam - RoboTel* [online]. 2006 November 14 [cit. 2006-11-17]. Dostupný z WWW: <<http://www.aip.de/groups/robotel/index.html>>.
- [4] *Bisei Spaceguard Center* [online]. [cit. 2006-10-15]. Dostupný z WWW: <http://www.spaceguard.or.jp/bsgc_jsf/pamphlet/index.htm>.
- [5] *Burst Observer and Optical Transient Exploring System* [online]. [cit. 2006-10-14]. Dostupný z WWW: <<http://laeff.esa.es/BOOTES/>>.
- [6] *Canon EOS 1D Mark II N | Megapixel.cz* [online]. MEGAPIXEL s.r.o., c2007 [cit. 2006-10-16]. Dostupný z WWW: <<http://www.megapixel.cz/canon-eos-1d-mark-ii-n?stranka=parameters>>.
- [7] *Canon EOS 1Ds Mark II | Megapixel.cz* [online]. MEGAPIXEL s.r.o., c2007- [cit. 2006-01-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.megapixel.cz/canon-eos-1ds-mark-ii?stranka=parameters>>.
- [8] *Canon EOS 5D | Megapixel.cz* [online]. MEGAPIXEL s.r.o., c2007 [cit. 2006-10-16]. Dostupný z WWW: <<http://www.megapixel.cz/canon-eos-5d?stranka=parameters>>.
- [9] *CHMI Radar Department* [online]. Český hydrometeorologický ústav, 1997-2003 , 17.9.2003 [cit. 2006-01-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.chmi.cz/meteo/rad/>>.
- [10] *Družicové oddělení ČHMÚ* [online]. Český hydrometeorologický ústav, c1997-2006 , 01.01.2007 [cit. 2007-01-01]. Dostupný z WWW: <http://www.chmu.cz/meteo/sat/sat_main.html>.
- [11] EVANS , Dafydd Wyn. *The Carlsberg Meridian Telescope* [online]. Institute of Astronomy, Cambridge , 25 October 2006 [cit. 2007-01-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.ast.cam.ac.uk/~dwe/SRF/camc.html>>.
- [12] *Faulkes Telescope Project - The Telescopes* [online]. [cit. 2006-12-27]. Dostupný z WWW: <<http://astronomy.swin.edu.au/faulkes/telescopes.php>>.
- [13] *FITS Support Office : The FITS Support Office at NASA/GSFC* [online]. 08-Nov-2006 [cit. 2006-01-03]. Dostupný z WWW: <<http://fits.gsfc.nasa.gov/>>.

- [14] *HESS - ATOM* [online]. 2004 , 09/26/2005 [cit. 2006-11-09]. Dostupný z WWW: <<http://www.lsw.uni-heidelberg.de/projects/hess/ATOM/index.html>>.
- [15] HESSMAN, F.V. *Links to robotic telescopes: www.uni-sw.gwdg.de/~hessman/MONET/links.html* [online]. Aug 30 2006 [cit. 2006-11-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.uni-sw.gwdg.de/~hessman/MONET/links.html>>.
- [16] Hvězdárna v Úpici, propagační leták, nevročeno.
- [17] *Iowa Robotic Telescope Facilities* [online]. [cit. 2006-11-17]. Dostupný z WWW: <<http://phobos.physics.uiowa.edu/tech/rigel.html>>.
- [18] *Liverpool Telescope - Information - Operations - Robotic Modes* [online]. [cit. 2006-11-10]. Dostupný z WWW: <<http://telescope.livjm.ac.uk/Info/GenInfo/modes.html>>.
- [19] MANDRYSCH, ENGELS. *Hamburger Sternwarte - Oskar-Lühning-Telescope* [online]. 05-Jul-2004 [cit. 2007-01-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.hs.uni-hamburg.de/EN/Ins/Olt/index.html>>.
- [20] *MASTER* [online]. [cit. 2006-12-14]. Dostupný z WWW: <<http://observ.pereplet.ru/>>.
- [21] MYSLIVEC, Martin. *ASTROFOTOGRAFIE - Autopointer z WEBkamery* [online]. c1999-2006 [cit. 2006-12-12]. Dostupný z WWW: <<http://foto.astronomy.cz/autopointer.htm>>.
- [22] MYSLIVEC, Martin. *ASTROFOTOGRAFIE - TVGuider* [online]. c1999-2006 [cit. 2006-12-12]. Dostupný z WWW: <<http://foto.astronomy.cz/TVGuider.htm>>.
- [23] *NF/ Observatory Home Page* [online]. NF/ Observatory, [cit. 2006-12-14]. Dostupný z WWW: <<http://www.nfo.edu/nfo.html>>.
- [24] *Nikolaev AMC : AXIAL MERIDIAN CIRCLE OF NIKOLAEV ASTRONOMICAL OBSERVATORY* [online]. [cit. 2006-11-08]. Dostupný z WWW: <<http://www.ast.cam.ac.uk/~dwe/AstSurv/gennadii.html>>.
- [25] *NOVAC's Robotic Telescope Observatory* [online]. NOVAC, [2006] [cit. 2006-12-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.novac.com/robo/>>.
- [26] *Observe-DOME Laboratories, Inc.* [online]. November 29, 2006 [cit. 2006-10-19]. Dostupný z WWW: <<http://observe-dome.com/>>.
- [27] *Observatory Upice* [online]. Hvězdárna v Úpici, 2005 [cit. 2006-11-13]. Dostupný z WWW:

<http://www.obsupice.cz/new/_ohvezdarne.php?akce=pristroje>.

[28] PROUZA, Michael. *Astro.cz: Český robotický teleskop FRAM objevil unikátní optický protějšek GRB* [online]. 2006-01-20 [cit. 2006-10-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.astro.cz/clanek/2291>>.

[29] *Robotický dalekohled BART* [online]. [cit. 2006-12-18]. Dostupný z WWW: <<http://lascaux.asu.cas.cz/cz/>>.

[30] *Robotic Optical Transient Search Experiment* [online]. 1996 , February 8, 2001. [cit. 2006-12-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.umich.edu/~rotse/>>.

[31] *RoCCoTO - The Robotic Telescope You Control* [online]. [cit. 2006-10-14]. Dostupný z WWW: <<http://www.glam.ac.uk/roccoto/>>.

[32] *Rocky Planet Search at Lick Observatory : APF* [online]. California and Carnegie Planet Search, c2006 [cit. 2006-09-05]. Dostupný z WWW: <<http://exoplanets.org/rpf.html>>.

[33] *ROTAT HOMEPAGE* [online]. 02 Jan 2001 [cit. 2006-11-16]. Dostupný z WWW: <<http://www.tat.physik.uni-tuebingen.de/~blum/ROTAT/>>.

[34] *SBIG Santa Barbara Instrument Group* [online]. Santa Barbara Instrument Group, c2005 , December 07, 2006 [cit. 2006-12-14]. Dostupný z WWW: <<http://sbig.com/>>.

[35] ŠIMÁK, Boris, Pospíšilová, Radka. *Funkční specifikace aplikace pro administraci akcí*. Praha: Katedra Telekomunikační techniky ČVUT, 2006.

[36] *Štefánikova Hvězdárna-MARK sekvence* [online]. Štefánikova hvězdárna, c2000-2007 [cit. 2006-09-09]. Dostupný z WWW: <<http://www.observatory.cz/mark/sekvence.php>>.

[37] *Štefánikova Hvězdárna-MARK run-level automat* [online]. Štefánikova hvězdárna, c2000-2007 [cit. 2006-09-08]. Dostupný z WWW: <<http://www.observatory.cz/mark/runlevel.php>>.

[38] *Štefánikova Hvězdárna-Robotický dalekohled MARK* [online]. Štefánikova hvězdárna, c2000-2007 [cit. 2006-09-08]. Dostupný z WWW: <<http://www.observatory.cz/mark/index.php>>.

[39] *The Bradford Robotic Telescope* [online]. University of Bradford, c2006 [cit. 2006-12-17]. Dostupný z WWW: <<http://www.telescope.org/>>.

[40] *Transient Object Automated Search Telescope at UND* [online]. [cit. 2006-12-28]. Dostupný z WWW: <<http://www.und.edu/instruct/young/toast/index.html>>.

- [41] VRÁNA, Jaroslav, Vláčil, Petr, Chmela, Ladislav, Cejnar, Zdeněk. *Návrh robotizovaného dalekohledu*. Praha: Elektrotechnická fakulta ČVUT, 2006. 10 s. Semestrální práce.
- [42] WEBER, Michael. *STELLA robotic observatory: Summary* [online]. 21/04 2004 [cit. 2006-12-18]. Dostupný z WWW: <<http://www.aip.de/stella/index.php?summary>>.
- [43] *Winer Observatory* [online]. Winer Observatory, May 18, 2006 [cit. 2006-12-13]. Dostupný z WWW: <<http://winer.org/>>.

8 Přílohy

8.1 Slovníček mezinárodně používaných odborných termínů

Autofokusace - automatické umístění v ohniskové rovině objektivu, zaostření

Autoguider - zařízení na autopointaci, které vyhodnocuje polohu vybrané hvězdy na čipu snímacího prvku a vydává povely korekčním pohonům, které udržují polohu montáže naprosto přesně tak, aby byla v rámci zadané tolerance umístěna na stejné pozici na čipu.

Autopointace - automatická korekce chodu pohonu dalekohledu tak, aby byla v rámci zadané tolerance umístěna na stejné pozici na čipu

Autopointer - viz. autoguider

Dark frame - temný snímek, který určuje vadné pixely v snímku. Získá se stejným způsobem jako snímek, ke kterému se vztahuje (má stejné parametry), ale neotevře se závěrka fotoaparátu.

Exoplaneta - planeta nacházející se mimo Sluneční soustavu.

Expozice - osvit

Flat field - snímek, který se získá snímáním rovnoměrně nasvícené bílé plochy s vhodnou expozicí. Slouží k odstranění chyb ve výsledném obrázku způsobeným např. usazeným prachem na čipu

Fokusace - zaostření

Magnituda - hvězdná velikost, jednotka jasnosti hvězd

8.2 Seznam použitých zkratk

AASTINO - Automated Astrophysical Site-Testing InterNational Observatory

ASAS - All Sky Astronomical Survey

APF - Automated Planet Finder Telescopes

apod. - a podobně

ASCOM - AStronomy Common Object Model

ATOM - Automatic Telescope for Optical Monitoring

AV ČR - Akademie věd České republiky

BART - Burst Alert Robotic Telescope

BOOTES - Burst Observer and Optical Transient Exploring System
CCD - Charge Coupled Device
CMOS - Complementary metal–oxide–semiconductor
ČHMÚ - Český hydrometeorologický ústav
DEC – Deklinace
el. - elektrický
EUMETSAT - European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites
FITS - Flexible Image Transport System
FRAM - Fotometric Robotic Atmospheric Monitor
h - hodina
HTTP - Hypertext Transfer Protocol
GMT - Greenwich Mean Time
JPEG - Joint Photographic Experts Group
LCD - Liquid crystal display
MARK - Malý Autonomní Robotický telesKop
MASTER - Mobile Astronomical System of the TElescope-Robots
MCM - Mark Conditon Monitor
MCP - Mark Control Panel
MFE - Mark Front End
MSG - Meteosat Second Generation
mil. - milion
např. - například
NASA - National Aeronautics and Space Administration
NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration
NOVAC - Northern Virginia Astromomy Club System Robotic Teleskope
PC - počítač
PHP - PHP: Hypertext Preprocessor
PNG - Portable Network Graphics
resp. - respektive
RA - Rektascenze
RAW -
RGB - Red, Green, Blue
RoCCoTO - Robotic Cyberspace Community Teleskope Observatory
ROTAT - Robotic Observatory Theoretical Astrophysics Tuebingen
ROTSE - Robotic Optical Transient Search Experiment
RTS - Robotic Telescope System

SBIG - Santa Barbara Instrument Group

STELLA - STELLAr Activity

TIFF - Tagged Image File Format

tis. - tisíc

TOAST - Transient Object Automated Search Telescope

USB - Universal Serial Bus