

SYSTÉM PŘÍJMU, ZPRACOVÁNÍ, DISTRIBUCE A ARCHIVACE DAT Z METEOROLOGICKÝCH DRUŽIC V ČHMÚ

System of reception, preprocessing, dissemination and archiving of satellite data in Czech Hydrometeorological Institute. CHMI installed its first system for reception of digital data from meteorological satellites (AVHRR/NOAA) at the end of 1978, the first SDUS in 1991. Both of these had served as the only source of satellite data till 1994/95, when a new complex HRPT/PDUS system was installed. The paper describes both, hardware and software of this new system, together with consequent data management within CHMI (data processing, distribution of products to end-users and data archiving).

KLÍČOVÁ SLOVA: data – družice meteorologická – systém družicový – ČHMÚ

1. ÚVOD

Prvním systémem ČHMÚ pro příjem digitálních obrazových dat z meteorologických družic bylo zařízení kanadské firmy MDA, instalované v Praze na Libuši na přelomu roku 1978/79. Systém MDA, na svou dobu špičkové kvality, umožňoval záznam dat AVHRR (viz Seznam použitých zkratk a pojmů na konci článku) z polárních družic NOAA v osmibitovém tvaru na magnetické pásky, tisk černobílých fotografií (formátu 25 x 28 cm) – jak v reálném čase při přeletu družice, tak ze záznamu na mg. pásce, úpravy kontrastu snímků, 2, 4 a 8násobné zvětšení zvolené oblasti na snímku a konečně též výpis kalibračních koeficientů pro tepelné kanály. Tento systém s předpokládanou životností kolem deseti let pak sloužil bez větších oprav či úprav až do roku 1993, kdy se jej podařilo propojit on-line s PC486. Tato úprava umožnila využití výpočetní techniky pro operativní zpracování přijatých dat a následnou distribuci produktů (zpracovaných snímků) po interní datové síti ČHMÚ na pracoviště koncových uživatelů (Komořany, Ruzyň). V této úpravě zařízení sloužilo až do září 1995, kdy bylo v operativním provozu nahrazeno novým systémem firmy VCS Nachrichtentechnik GmbH (viz níže).

Dalším „milníkem“ byl v roce 1991 nákup tří stanic pro příjem analogových snímků z geostacionární družice METEOSAT (tzv. režim WEFAX). Každá stanice (na bázi PC286) je vybavena digitizérem signálu, který převádí analogové snímky do „pseudodigitálního“ tvaru (předpona pseudo naznačuje, že číselná úroveň digitalizovaného snímku je značně závislá na úrovni vstupního signálu), a softwarem, umožňujícím pohodlnou manipulaci s přijatými snímky (včetně možnosti animace). Stanice tohoto typu, označované „SDUS“, byly v ČHMÚ instalovány v Praze na Libuši, v Komořanech a na Ruzyňi. Data ze stanice SDUS na Libuši byla (a doposud jsou) využívána též pro televizní relace předpovědi počasí a pro účely poboček ČHMÚ, resp. menších letišť (prostřednictvím BBS ČHMÚ). V současné době začala být pro pobočky ČHMÚ poskytována data PDUS, která mají lepší kvalitu.

Smyslem tohoto příspěvku není podat vyčerpávající přehled o meteorologických družicích a možnostech jejich využití, nýbrž seznámit čtenáře stručně se stávajícím systémem ČHMÚ pro příjem, zpracování a distribuci obrazových dat, poskytovaných těmito družicemi v evropském regionu.

2. VÝBĚR NOVÉHO SYSTÉMU A JEHO INSTALACE

V polovině roku 1993 bylo rozhodnuto o inovaci systému ČHMÚ pro příjem dat z meteorologických družic. Jedním

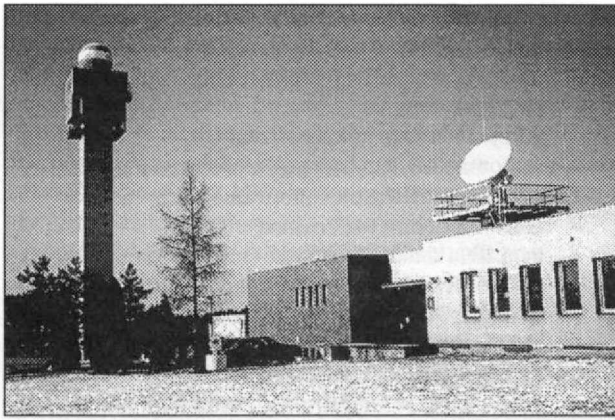
z klíčových požadavků bylo, aby nový systém umožňoval současný příjem digitálních dat jak z družic na polárních drahách (NOAA), tak z geostacionárního METEOSATu. Druhou, neméně důležitou podmínkou byl plně automatický provoz celého systému. Na základě tehdejšího přehledu o výrobcích stanic pro příjem dat z meteorologických družic bylo oblesáno celkem 20 zahraničních firem. Zpět přišlo 12 nabídek, avšak pouze 6 z nich splňovalo obě výše uvedené podmínky. Na základě zaslaných materiálů, poznatků získaných během návštěv čtyř z těchto šesti firem (nebyly navštíveny kanadská firma MDA a americká GSC), požadované ceny a řady upřesňujících dotazů a odpovědí se výběr nakonec zúžil na britské sdružení firem British Aerospace Ltd. / Dartcom a německou firmu VCS Nachrichtentechnik GmbH (dále jen „VCS“). Po zvážení všech „pro a proti“ se výběrová komise nakonec přiklonila k německému systému. Hlavním důvodem byla větší „robustnost“ (v dobrém slova smyslu) přijímací části systému. V podstatě jedinou výraznější nevýhodou tohoto systému je operační systém VMS, pod kterým zařízení pracuje.

V závěru jara 1994 byly podepsány příslušné kontrakty (dovozcem celého družicového systému pro ČHMÚ byl OMNIPOL), na podzim začaly přípravné práce – příprava místnosti, vnější stavební práce, příprava kabelových, aj. Vlastní instalace systému byla rozložena na dvě etapy:

- v prosinci 1994 byl instalován systém pro příjem digitálních obrazových dat z METEOSATu (tato data se běžně zkráceně označují jako „HRI“ – *High Resolution Imagery*, systémy pro jejich příjem se označují jako „PDUS“ – *Primary Data User's Station*);
- v červnu 1995 proběhla instalace systému pro příjem digitálních dat AVHRR a TOVS z polárních družic NOAA (tato data souhrnně a systémy pro jejich příjem jsou označovány jako „HRPT“ – *High Resolution Picture Transmission*).

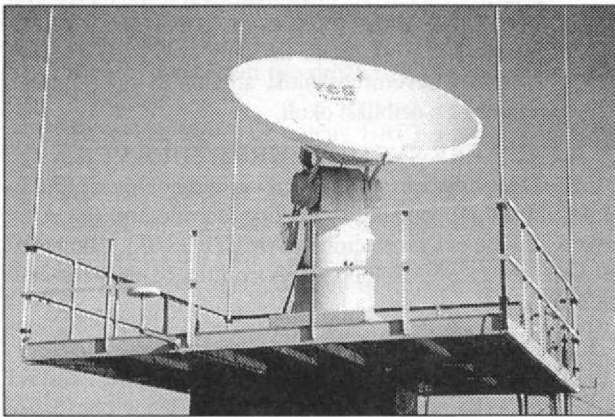
Součástí kontraktu bylo i základní zaškolení pro obsluhu a konfiguraci systému, část školení proběhla v sídle firmy VCS (Bochum, SRN), zbývající část pak při instalaci na Libuši. Od převzetí systému je poskytnuta roční záruka, v době psaní tohoto příspěvku je jednáno s firmou VCS o pozáručním servisu.

Jelikož však systém sám o sobě neřešil dostatečně uspokojivě problematiku archivace a distribuce dat (resp. produktů vzniklých jejich zpracováním) ke koncovým uživatelům a jejich prezentaci (zobrazování), bylo nutné vyřešit celou řadu „vedlejších“ úkolů. Z nich investičně nejvýznamnějším



Obr. 1 Anténa HRPT nového systému firmy VCS je umístěna na vyvýšené plošině nad hlavním vchodem do budovy pracoviště Odboru distančních metod a informací (ODMI) v Praze-Libuši.

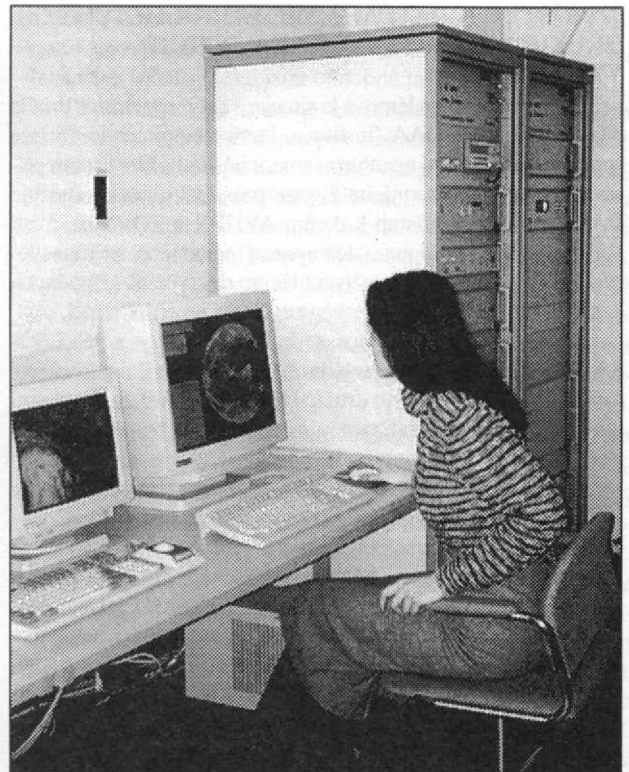
Fig. 1. HRPT Antenna of the new Satellite Receiving System is situated on an elevated platform above the main entrance to the building of the Department of Remote Methods and Information (ODMI) at Praha-Libus.



Obr. 2 Detailní pohled na anténu HRPT. V průběhu příjmu dat je anténa automaticky naváděna směrem za družici pomocí předem vypočítané teoretické dráhy. V popředí vlevo je malá anténka pro příjem přesného času systému DCF.

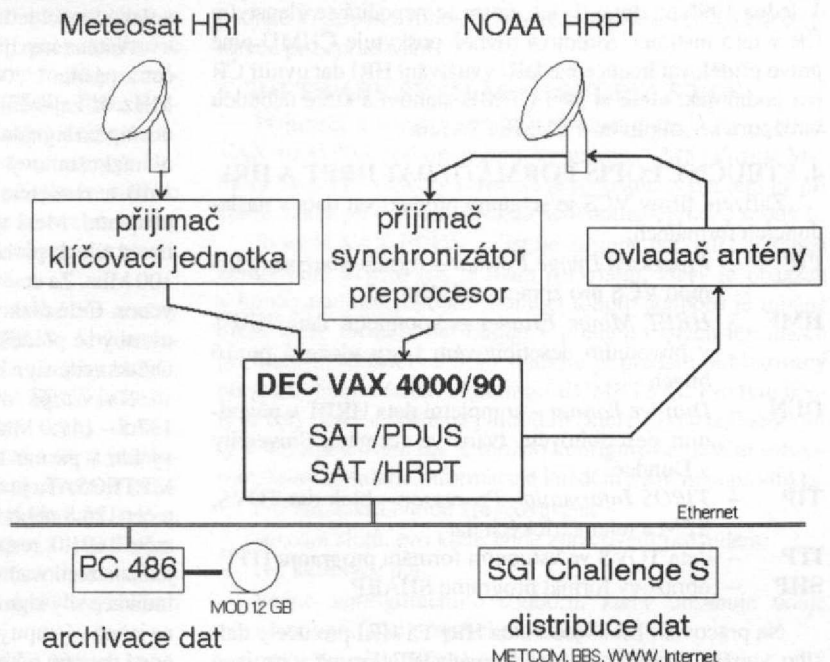
Fig. 2. Detailed view to HRPT Antenna. During the reception, the tracking of the antenna is computer controlled. In foreground a small antenna for reception of accurate time DCF is situated.

bylo propojení ethernetové sítě na Libuši se sítí v Komořanech prostřednictvím radioreleového spoje, celková rekonstrukce libušské ethernetové sítě a napojení nového systému VCS na tuto síť. Řada dalších, neméně významných dílčích úloh, které byly (a některé doposud jsou) řešeny v souvislosti s instalací nového družicového systému, je zmíněna dále v souvislosti s popisem systému a jeho propojení na další výpočetní techniku ČHMÚ.



Obr. 3 Interiér místnosti, ve které je umístěna hlavní část systému PDUS/HRPT firmy VCS. Veškerý hardware (s výjimkou obou antén) je umístěn ve dvou stojanech (vpravo), vlevo od nich je klávesnice a monitor řídicího počítače VAX 4000-90A.

Fig. 3. Interior of the operating room where the main part of the VCS Satellite Receiving System is situated. All hardware parts except antenna systems have been installed in two tracks (on the right), on the left you can see the keyboard and the monitor of the control computer VAX 4000-90A.



Obr. 4 Blokové schéma systému HRPT/PDUS.

Fig. 4. The circuit diagram of the HRPT/PDUS System.

3. PŘÍSTUP K DATŮM Z METEOROLOGICKÝCH DRUŽIC A PŘÁVNÍ STRÁNKA JEJICH VYUŽÍVÁNÍ

Poměrně bezproblémová je situace s daty z polárních družic NOAA. Jelikož NOAA (instituce, která stejnojmenné družice spravuje) je federální agenturou americké vlády, která zatím přístup k datům monitorujícím životní prostředí nijak neomezuje ani nereguluje, je přístup k datům AVHRR a TOVS naprosto volný, limitovaný pouze dostupností vhodného přijímacího systému. Rovněž další využívání těchto dat (včetně případných komerčních aktivit) je ponecháno zcela na jejich příjemci.

Zcela odlišná je situace s digitálními daty z METEOSATu. EUMETSAT, mezivládní sdružení šestnácti západoevropských států, který tyto družice financuje a řídí, rozhodl pod vlivem sílící komercializace v meteorologii, že od září 1995 jsou data HRI kódována podle následujícího principu:

- veškerá HRI data v hlavních synoptických termínech (06, 12, 18 a 24 UTC) zůstávají nezakódována;
- HRI data ve vedlejších synoptických termínech (03, 09, 15 a 21 UTC) jsou již sice zakódována, avšak všechny meteorologické služby členských států SMO mají k těmto datům přístup zdarma (pouze pro své vnitřní použití);
- půlhodinová a hodinová HRI data ve všech zbývajících termínech jsou kódována, přičemž přístup států, které nejsou členem EUMETSATu, je závislý na hrubém národním důchodu, přepočítaném na jednoho obyvatele. Například Česká republika za přístup k půlhodinovým HRI datům platí EUMETSATu ročně 80 tisíc ECU, přičemž nemá právo využívat tato data pro jakékoliv televizní vysílání a nesmí je šířit za své státní hranice. Právě tyto dvě podmínky jsou důvodem, proč pro ilustraci televizních relací „Počasí“ jsou používána pouze data ze systému SDUS (na která se toto omezení nevztahuje); totéž platí o snímcích z METEOSATu, které jsou volně přístupné na Internetu prostřednictvím WWW (*World Wide Web, nezaměňovat za World Weather Watch!*).

Smlouva mezi ČHMÚ a organizací EUMETSAT platí od 1. ledna 1996 na dobu tří let, zatím se nepočítá se členstvím ČR v této instituci. Smlouva rovněž poskytuje ČHMÚ plné právo přidělovat licence na další využívání HRI dat uvnitř ČR (za podmínek, které si sám ČHMÚ stanoví a které nebudou v rozporu se smlouvou s EUMETSATem).

4. STRUČNÝ POPIS FORMÁTU DAT HRPT A HRI

Zařízení firmy VCS je schopno produkovat data v následujících formátech:

- PIF** - *Processed Image Format* - formát používaný firmou VCS pro zpracovaná data
- HMF** - *HRPT Minor Frames* - kompletní data HRPT v původním desetibitovém tvaru uložená po 16 bitech
- DUN** - *Dundee Format* - kompletní data HRPT v původním desetibitovém tvaru ve formátu Univerzity v Dundee
- TIP** - *TIROS Information Processor* - blok dat TOVS, SEM a telemetrických dat
- ITP** - data TOVS ve vstupním formátu programu ITPP
- SHP** - obrazový formát programu SHARP

Na pracovišti Libuš jsou data HRPT i HRI pro účely dalšího využití produkována ve formátu PIF, kromě toho jsou uchovávána data HRPT ve formátu HMF.

Formát PIF je bitová mapa s úvodním blokem pomocných dat. Tento blok obsahuje informace o:

- počtu bajtů na jeden obrazový bod
- horizontálním a vertikálním rozměru obrazu
- použité kartografické projekci a jejich parametrech
- použité kalibrační stupnici
- zdroji dat a čase jejich pořízení

Vlastní obrazová data jsou pak uložena po řádcích.

Data Meteosat HRI jsou kalibrována takto:

- data VIS nejsou kalibrována
- data IR a data WV jsou kalibrována na teplotu jako osmibitové hodnoty, přičemž hodnota 0 znamená teplotu -128 °C a krok mezi hodnotami je 1 °C, tedy maximální hodnota dat 255 znamená teplotu +127 °C.

Data NOAA HRPT jsou kalibrována takto:

- 1. a 2. kanál je kalibrován do osmi bitů, kde jednotlivé hodnoty reprezentují albedo v procentech.
- 3. až 5. kanál jsou kalibrovány na teplotu stejně jako data METEOSAT IR a WV.

Navigace dat je zvolena takto:

- data METEOSAT jsou získávána s původní geometrií bez dalších korekcí a kartografických projekcí.
- data HRPT jsou získávána v polární stereografické projekci v různých měřítcích a rozsazích. Pro další využití byly zvoleny celkem 3 formáty o rozměrech obrazu 800 x 600 bodů tak, aby pokrývaly po řadě Evropu a severní Atlantik, střední Evropu, Českou republiku a nejbližší okolí.

5. HARDWARE SYSTÉMU HRPT/PDUS VCS

Hardware systému sestává ze dvou autonomních přijímacích subsystémů, jednak pro družice kvazipolární (NOAA), jednak pro družici geostacionární (METEOSAT), dále hostitelského počítače VAX 4000 - 90A a přijímače přesného času DCF 55.

5.1. Subystém PDUS

Přijímací subsystém pro PDUS METEOSAT sestává z parabolického zrcadla o průměru 3 m, v jehož ohnisku je anténa, nízkošumové jednotky s konvertorem, dále přijímače a dekodovací jednotky. Zisk antény je 32.1 dBi.

Anténa napájí nízkošumovou jednotku, která mění kmitočet z pásma 1 700 MHz na kmitočet v pásmu 137,5 - 141,5 MHz. K zajištění kvalitního signálu z družice s dostatečným odstupem signálu od šumu je před směšovačem zařazen vstupní nízkošumový předzesilovač s nízkým šumovým číslem 1 dB a zesílením 40 dB, takže následný šum směšovače se neuplatní. Mezi vstupním zesilovačem a směšovačem je pásmový filtr k potlačení zrcadlového kmitočtu se šířkou pásma 100 Mhz. Za směšovačem následuje zesilovač první mezifrekvence. Celá nízkošumová jednotka je umístěna blízko u antény, aby se předešlo ztrátám v koaxiálním vedení k přijímači. Odtud vede signál do přijímače umístěného v interiéru.

Na vstupu dvoukanalového přijímače je pásmový filtr 137,5 - 141,0 Mhz za nímž následuje směšovač a další pásmový filtr v pásmu 10,7 Mhz. Podle přijímaného kanálu družice METEOSATu je místní oscilátor přijímače přeladován na kmitočet 126,8 nebo 130,3 Mhz, což odpovídá přijímanému kmitočtu 1691,0, resp. 1694,5 Mhz. Z pásmového filtru je napájen jednak zesilovač a jednak logaritmický zesilovač pro buzení indikace síly signálu. Za limiterem pak následuje demodulátor, na jehož výstupu je demodulovaný signál vysílaný družicí s četností dat 166,6 kb/s o napětové úrovni 3V p-p.

Dešifrovací jednotka je napájena z výstupu přijímače a spolupracuje s jednotkou klíče - MKU (METEOSAT Key Unit), která je nezbytná pro proces dešifrování dat. Jednotka

MKU obsahuje tajný kód stanice uložený pouze v počítači klíčového centra EUMETSATu. Depeše klíče pro každou jednotku MKU jsou distribuovány ve vysílání družice v záhlavích podráme A-formátu. Depeše klíčů jsou zašifrovány podle čísel MKU jednotlivých stanic, a proto každá depeše je určena pouze odpovídající jednotce klíče (MKU). Tento postup umožňuje přidělovat klíče jednotlivým stanicím přímo z družice, aby bylo umožněno licencovaným uživatelům PDUS vypočítat dešifrovací klíč pro odtajnění přijímaných dat. Jednotka klíče je určena k zapamatování zakódovaného dešifrovacího klíče a k jeho odšifrování pomocí dalšího vlastního tajného klíče stanice. K tomu je propojena přes rozhraní V24 s vlastní dešifrovací jednotkou.

Úkolem dešifrovací jednotky je:

- získávat depeše klíčů z vysílání A-formátů a jejich předávání na jednotku klíče-MKU
- zjišťování zda informace je šifrována nebo v čistém tvaru
- s pomocí MKU dešifrovat obrazová data
- provádět zpracování obrazových dat podle pokynů řídicího počítače

Spojení dešifrovací jednotky s počítačem VAX se děje prostřednictvím rozhraní SCSI.

5.2. Substém HRPT

Přijímací subsystém pro družici NOAA sestává z následujících částí:

- Parabolické sledovací antény HRPT s anténním napájecím
- Sledovacího řídicího systému antény ATS80
- Nízkošumové jednotky s konvertorem
- Telemetrického HRPT přijímače s PM demodulátorem
- PCM bitového synchronizátoru, formátového synchronizátoru a formátového generátoru
- HRPT preprocesoru

Zrcadlo parabolické antény o průměru 3 m a zisku 32.1 dB_i je umístěno na podstavci umožňujícím nezávislý pohyb ve vodorovné i svislé rovině. Tato anténa zajišťuje dostatečný činitel jakosti pro příjem družic NOAA od nulové elevace a rovněž vystačí svým rozměrem i pro příští generaci družic NOAA. Otáčení antény zajišťují stejnosměrné motory servosystému sledovacím řídicím procesorem ATS80. Tento procesor propočítá body dráhy na základě parametrů dráhy dodaných hostitelským počítačem VAX. Přesnost nastavení je lepší než jedna desetina stupně. Anténu lze při programovém sledování ručně posunout podél naprogramované dráhy v čase, zastavit nebo zadat pohyb dvounásobnou rychlostí. Kromě toho lze anténu ovládat rovněž ručně.

Parametry dráhy družice pro výpočet nastavení antény jsou vypočítávány z prediktů ve formátu TBUS. Aby nedocházelo k chybám v čase, je přesný čas dodáván přijímačem DCF 55 z časového normálu. Na základě dat TBUS je hostitelský počítač schopen spočítat i následné dráhy družic. Samotná data TBUS však nejsou zcela přesná a mezi jednotlivými přelety dochází k nárůstu chyby v čase. Proto je přijímací systém doplněn kmitočtoměrem v mezifrekvenci, kde se měří velikost Dopplerova efektu. V okamžiku, kdy je Dopplerův efekt nulový, je družice nejbližší přijímací stanici. Toho systém využívá ke korekci výpočtu prediktů družicových drah podle skutečnosti.

V ohnisku parabolického zrcadla je umístěn anténní zářič, ze kterého je signál přiváděn na nízkošumovou jednotku, měnič kmitočtet z pásma 1 700 MHz na kmitočtet v pásmu 137,5 MHz. Vstup nízkošumové jednotky je tvořen obdobně

jako u systému PDUS nízkošumovým předzesilovačem s nízkým šumovým číslem 1 dB, který má zesílení 40 dB. Rovněž další části tohoto bloku jsou obdobně jako u PDUS.

Telemetrický přijímač je konstruován netypicky, neboť namísto přepínání oscilátoru pro změnu přijímaného kmitočtu má na svém vstupu dva shodné vstupní zesilovače a směšovače s mezifrekvenčními zesilovači. Každý směšovač má svůj vlastní oscilátor. Kmitočty oscilátorů se liší tak, aby každý vstupní díl přijímal jeden z kmitočtů, na nichž vysílají družice NOAA. V podstatě se jedná o dva samostatné přijímače bez demodulátorů. Výstupy těchto přijímačů jsou pak pomocí relé přepínány na fázový demodulátor. Odtud již vystupuje demodulovaný signál o napětové úrovni 140mV p-p na zátěži 50 ohmů.

Jelikož se při příjmu polárních družic uplatňuje Dopplerův efekt, rychlost toku dat se s tímto efektem mění. Proto za výstupem demodulátoru následuje bitový synchronizátor, který demodulovaná data synchronizuje a generuje hodinový kmitočt. Výstupní data ze synchronizátoru jsou ve formátu NRZ-L.

Sériový tok dat vystupující z bitového synchronizátoru je přiveden na vstup formátoru tzv. rámců (jeden rámeček odpovídá jednomu nebo několika řádkům dat). Malý rámeček (minor frame) v podstatě představuje data jednoho úplného řádku včetně dalších údajů. Úkolem tohoto formátoru je nalézt v sériovém toku dat o rychlosti 655.4 kb/s synchronizační 60 bitové slovo, které představuje počátek řádku a přerovnáni následujících dat.

HRPT preprocesor následuje za formátorem rámců. Provádí veškeré funkce potřebné pro pořizování veškerých dat HRPT v reálném čase. Preprocesor přebírá přicházející malé rámce HRPT obsahující záhlaví, data z TIP (Tiros Operational Processor), veškerá pozemní data AVHRR a pomocnou synchronizaci.

Přicházející 10bitová data jsou komutována na 16bitový formát čitelný obrazovým procesorem a uložena do dvou-vstupového kruhového bufferu. Tento buffer je schopný pojmout 64 malých rámců po dobu 10 sekund. Hostitelský počítač VAX pak z tohoto kruhového bufferu vyzvedává malé rámce pro zpracování.

6. SOFTWARE SYSTÉMU HRPT/PDUS VCS

Přijímací a zpracovatelský software pracuje na počítači VAX 4000-90A pod operačním systémem VMS (Virtual Memory System). Veškerý software je spouštěn systémem již při startu, takže po výpadku proudu není nutné jej ručně spouštět.

Systém VAX-PDUS zajišťuje příjem dat HRI a jejich zpracování. Příjem dat je řízen rozvrhem, který je obsažen v konfiguračním souboru. Pomocí tohoto souboru je možné určit, které formáty dat budou v předem daných termínech přijímány. Základem tohoto souboru je předem publikovaný program distribuce dat organizací EUMETSAT. Pro tyto účely je celý den rozdělen na půlhodiny, které jsou nazývány sloty 1-48. Zpracování dat je možno konfigurovat dalším souborem, který obsahuje informace o každém zvoleném produktu:

- typ dat, která budou zpracovávána
- seznam slotů, pro které bude zpracování provedeno
- typ kalibrace dat
- jméno konfiguračního souboru, který obsahuje údaje o kartografické projekci produktu
- umístění výsledných produktů
- počet posledních uchovávaných produktů

Výsledné produkty se pak nacházejí ve zvolených adresářích. Jméno jednotlivých produktů je určeno jako kombinace

času pořízení prvotních dat, jejich typu a druhu produktu.

Systém VAX-HRPT zajišťuje následující činnosti:

- předpovídání družicových drah pro jednotlivé družice na základě bulletinů TBUS
- výpočet pozic antény pro jednotlivé okamžiky přeletu družice
- vedení antény po dobu příjmu
- příjem dat ze synchronizátoru rámců (frame synchronizer)
- zpracování přijatých dat

Podle údajů o družicových drahách v bulletině TBUS jsou pravidelně předpočítávány parametry jednotlivých přeletů všech nastavených družic na 24 hodin dopředu.

Zvolení přeletů pro příjem se provádí automaticky na základě maximální předpovězené elevace družice během přeletu. Pro každou družici je v konfiguračním souboru zadán mezní elevační úhel. Jestliže příslušná družice vystoupí během přeletu nad tento úhel, pak bude celý přelet přijímán, pokud nad tento úhel nevystoupí, přelet přijímán nebude. Pokud je tento mezní úhel nastaven na 90°, pak nebude přijímán žádný přelet z této družice. Na pracovišti Libuš je tento úhel nastaven na 10°.

Během přeletu je družice sledována pohyblivou anténou, kterou řídí samostatný systém, který přibližně 5 minut před začátkem přeletu dostane z počítače podrobná poziční data a podle nich nastavuje anténu při vlastním přeletu. To je podstatný rozdíl proti předchozímu systému firmy MDA, který sledoval družici podle síly signálu. Nový systém takovouto zpětnou kontrolu nemá, takže pokud není družicová dráha spočítána s dostatečnou přesností (například pro nedostupnost bulletinů TBUS), může dojít ke ztrátě dat kvůli špatné poloze antény.

Pro lepší zpětné určení polohy družice je využit Dopplerův efekt. Po celou dobu je měřena frekvence družicového signálu a po přeletu jsou tyto údaje využity pro přesné určení okamžiku, kdy se družice pohybovala kolmo na směr antény a kdy byl Dopplerův efekt nulový. Pro zvýšení přesnosti se nehledá pouze tento nulový bod, ale průměruje se řada protilehlých bodů se stejnou absolutní velikostí posunu a opačným znaménkem. Výsledná střední hodnota se pak porovná s předpovězenou a výsledkem je časový posun, o který jsou opravovány časové údaje z družice. Tento časový posun se také dále používá při dalším předpovídání družicové dráhy.

Produkty z dat HRPT se konfiguruji podobně jako u dat METEOSAT. Rozdíl je v tom, že v systému HRPT se nejprve nakonfiguruji jednotlivé produkty, ty se spojí do skupin a vždy jedna skupina se přiřadí přeletu. Toto přiřazení se děje podle zeměpisné délky vzestupného uzlu příslušného oběhu. Na pracovišti Libuš byly produkty nakonfigurovány tak, aby ze všech přijímaných přeletů byl k dispozici blok dat HMF, tedy celý přelet v původním tvaru, a mapová projekce celé Evropy s rozlišením okolo 8 km. Z přeletů, které procházejí kdekoli nad střední Evropou, tedy ca mezi 5° a 25° východní zeměpisné délky, jsou navíc vytvářeny produkty v mapové projekci střední Evropy s rozlišením 3-4 km. Z přeletů, které procházejí nad Českou republikou, tedy ca mezi 10° a 20° východní zeměpisné délky, jsou kromě toho vytvářeny produkty v mapové projekci ČR, kde je již zachováno rozlišení 1 km.

7. PROPOJENÍ SYSTÉMU VCS S DALŠÍ TECHNOLOGIÍ PRACOVIŠTĚ LIBUŠ

Počítač VAX 4000-90 je připojen k místní síti Ethernet. Součástí operačního systému VMS jsou také protokoly

TCP/IP, pomocí kterých je možno s počítačem komunikovat. Hlavní část komunikace probíhá pomocí protokolu FTP a dálkového přihlášení RLOGIN. Systém je využíván jednak jako zdroj dat, jednak jako zdroj přesného času. Počítač typu PC vyhrazený k rutinním operativním činnostem na pracovišti Libuš zjišťuje v pravidelných intervalech přesný čas na počítači VAX, (který je přímo napojen na zdroj přesného času – systém DCF) a nastavuje jej jako svůj vlastní. Na tomto počítači pracuje síťový systém LANtastic a ostatní počítače PC s tímto systémem tento čas při startu systému mohou přebírat. Dále pak tento počítač vnucuje takto zjištěný čas unixové pracovní stanici SGL, která slouží jako zdroj času pro další počítače pracující pod systémem Unix nebo Linux, včetně vzdáleného počítače obsluhujícího radar Skalky.

Kromě síťového připojení je možno se na počítač VAX připojit i po modemu přes sériový port. Toto připojení je však vyhrazeno pro servisní potřeby firmy VCS a není využíváno k jiným účelům.

8. ZPRACOVÁNÍ DAT HRPT A HRI, JEJICH ARCHIVACE A DISTRIBUCE

Družicová data produkovaná zařízením VCS jsou přenášena po síti na počítač typu PC, který provádí jejich archivaci. Data jsou archivována na optických discích o kapacitě 1.2GB. Data HRPT jsou archivována v původním tvaru HMF s několika přidanými produkty pro lepší orientaci. Zároveň jsou tyto produkty uchovávány na archivačním počítači tak, aby odpovídaly aktuálnímu stavu archivu. Data jsou archivována cyklicky na 128 disků, vždy jeden den na jeden disk, takže archivováno je vždy více než 4 měsíce dat HRPT. Data z METEOSATu jsou archivována cyklicky na 50 disků, vždy 10 dní na jeden disk, tedy jeden rok a pět měsíců. Kromě toho je vytvářen trvalý archiv dat formátu B (Evropa a severní Atlantik), a to dat IR a WV od ledna 1995 a dat VIS od ledna 1996. Archivovaná data HRPT i PDUS jsou k dispozici pro další případné zpracování, data HRPT mohou být na požádání zpracována vlastním programovým vybavením pro PC.

Data HRPT a PDUS jsou v současnosti distribuována pouze na pracoviště prognózy v Komofanech a unixový server firmy ICL jménem 'zamekx'. Na tomto pracovišti pracuje na PC zobrazovací program pro data PDUS, který odebírá data ze serveru na Libuši prostřednictvím radioethernetu a na stanici SUN je možno zobrazovat jednotlivé aktuální produkty HRPT ve formátu GIF. Tyto produkty jsou uloženy na adrese

zamekx: /home/met/libus/NOAA

a názvy souborů mají tvar **txchy.gif**, kde
x je číslo transformace – 1 = celá Evropa
2 = střední Evropa
y je číslo kanálu družice NOAA,
nebo mají tvar **txs24.gif** – syntéza
2. a 4. kanálu
txcol.gif – kanál 4
(tepelný)
s barevnou
paletou
a stupnicí.

Tato data jsou k dispozici všem uživatelům serveru 'zamekx'.

Pro pobočky ČHMÚ byla zatím k dispozici pouze data METEOSAT SDUS na ústavní BBS. Tato data jsou pro zmenšení jejich velikosti kódována a jsou určena pro zobrazování pomocí programu „Odrshow“. Data HRPT vzhledem k jejich

velikému objemu nejsou do ústavní BBS odesílána. V současné době je rozeslán na jednotlivé pobočky nový program „Sat“ pro práci s daty PDUS, pro který jsou odesílána zpracovaná data PDUS na ústavní BBS do knihovny 'PDUS'. Většímu rozšíření družicových dat mimo pracoviště Libuš a Komořany zatím brání pomalé přenosové linky a velký objem dat.

Pomalé linky jsou též hlavním důvodem, proč další z připravených možností, jak šířit zpracované snímky velmi efektivně, zůstává pouze interní záležitostí pracovišť Libuš a Komořany. Tou možností je využití Internetu, a sice jeho nadstavby – World Wide Web, zkráceně buď WWW, nebo Web. Součástí systému počítače SGI ChallengeS, určeného k převzetí úlohy hlavního zpracovatelského a komunikačního počítače pracoviště ODMI Libuš, je i software pro tzv. server WWW. Současná podoba tohoto serveru na Libuši slouží pro vyzkoušení možností, jak prezentovat nejen zpracované aktuální snímky z družic (a perspektivně i z radaru), ale i dalších osvětových informací o pracovišti, resp. o meteorologických družicích a radarech. Perspektivně bude tento libušský WWW server přenesen na centrální WWW server ČHMÚ.

9. INFORMACE O METEOROLOGICKÝCH DRUŽICÍCH, DOSTUPNÉ NA INTERNETU

Donedávna byly jediným zdrojem informací provozního charakteru (kalibrační koeficienty, orbitální elementy, informace o stavu družic, harmonogramy vypouštění nových družic, deaktivace starých družic, aj.) pouze tištěné věstníky, neperiodicky rozesílané poštou, nebo zprávy TBUS, distribuované prostřednictvím GTS, případně informace získávané nepravidelně na konferencích nebo z odborných časopisů. Díky relativně značně dlouhé době, která zpravidla uplynula mezi poskytnutím informace a jejím doručením ke koncovému uživateli (příjemci družicových dat), docházelo často k určitému informačnímu „vakuu“, které mívalo dopad na příjem či zpracování operativních dat. V současné době, s postupným napojováním ČR na síť Internet a jejím pozvolným pronikáním do ČHMÚ, dochází k výraznému zlepšování dostupnosti potřebných provozních informací i na pracovišti Libuš.

Provozní informace o polárních družicích NOAA a geostacionárních družicích GOES-8/9 (ty však pro naši oblast nejsou až tak důležité) je možné získat na WWW serveru organizace NOAA/NESDIS na adrese

<http://140.90.207.25:8080/noaasis.html>

Zde jsou kromě orbitálních parametrů (jak ve formě tzv. zpráv TBUS, tak tzv. „dvojřádkových parametrů NASA“) a aktuálních provozních informací k dispozici v elektronické podobě též technické dokumenty a manuály NOAA, včetně souborů kalibračních koeficientů pro jednotlivé družice. Dále je zde možné nalézt informace o chystaných startech meteorologických družic (nejen organizace NOAA, ale též ruských, západoevropských, čínských a japonských), resp. družic, majících jakýkoliv vztah k monitorování životního prostředí na Zemi. Jsou zde též informace popularizačního charakteru – o způsobu pořizování a přenosu dat, technický popis družic a jednotlivých přístrojů, odkazy na výrobce jednotlivých přístrojů, informace o archivech družicových dat, aj. Samozřejmě jsou odkazy na hlavní server organizace NOAA (odkud je pak možné postupovat dále na další podřízené instituce, jako je např. Národní povětrnostní služba USA), nebo na další instituce, mající nějaké vazby na meteorologické družice

(např. Národní agenturu pro letectví a kosmonautiku – NASA, nebo na některé severoamerické univerzity, zabývající se zpracováním nebo využitím dat z meteorologických družic). Jsou zde též odkazy na servery, ze kterých je možné pomocí Internetu (FTP, WWW) získávat bezplatně jak originální obrazová data (NOAA Satellite Active Archive, SAA – <http://www.saa.noaa.gov>), nebo zpracované snímky, zpravidla ve formátech GIF nebo JPG (některé z těchto serverů viz níže), tak na servery, na nichž je možné nalézt dlouhodobé archivy orbitálních elementů.

Organizace EUMETSAT zatím obdobný informační server neprovazuje, dílčí zastaralé informace lze nalézt pod hlavičkou Evropské kosmické agentury (ESA), ze které se EUMETSAT v roce 1986 vyčlenil jako samostatná mezivládní instituce. Nicméně v průběhu letošního roku má být centrální server EUMETSATu zprovozněn. Zatím je možné podrobnější informace o družicích METEOSAT nalézt např. na serveru Dundee University (<http://www.sat.dundee.ac.uk>), nebo v češtině na serveru ČHMÚ na Libuši (<http://libus.chmi.cz>).

Veřejnosti jsou často vyhledávány servery, nabízející aktuální zpracované snímky (zejména z geostacionárních družic). Následují příklady některých takových serverů, a to jak pro evropskou oblast, tak Severní Ameriku:

<ftp://ftp.ccc.nottingham.ac.uk/pub/sat-images/>
Nottingham University

<http://typhoon.rdg.ac.uk/Data/Global/europe.html>
Reading

<http://www.sat.dundee.ac.uk/readme.html>
Dundee University

<http://www.ssec.wisc.edu/data/index.html>
SSEC, University of Wisconsin

<gopher://wx.atmos.uiuc.edu/1>
Univ. of Illinois Weather Machine

<http://thunder.atms.purdue.edu/main.html>
Purdue Weather Processor

<http://libus.chmi.cz> ČHMÚ, pracoviště Libuš

Kromě informací, dostupných prostřednictvím WWW či FTP, existují některé další zdroje aktuálních informací, např. „Orbital Information Group“ (OIG) BBS organizace NASA. Telefonní linkou přes modem nebo telnetem přes Internet lze zde získat aktuální informace o VŠECH umělých tělesech na oběžné dráze kolem Země, nebo informace o plánovaných startech či o zaniklých tělesech (vše v týdenních přehledech). Všechny výše zmíněné služby jsou zcela bezplatné (s výjimkou serverů, poskytujících originální archivní soubory většího rozsahu – např. SAA za soubory větší než 10MB požaduje 50 USD za soubor) a zpravidla neomezeně přístupné.

10. VÝHLEDY DO BUDOUCNOSTI

10.1. Družice na polárních drahách

Nejbližší chystanou změnou bude vypuštění družice NOAA-K (v případě úspěšného startu po uvedení na oběžnou dráhu přejmenované na NOAA-15), která by měla nahradit na ranní dráze stávající družici NOAA-12. NOAA-K se od současných družic NOAA-12 a NOAA-14 podstatněji liší ve dvou směrech. Skanující radiometr AVHRR/3 bude mít oproti současnému stavu (AVHRR/2) o jeden spektrální kanál více. Ten je označován jako kanál 3A (pásmo 1,56-1,64 μm) a v denních

hodinách nahradí současný 3. kanál (pásmo 3,55-3,93 μm). Přepínání toku dat z těchto dvou kanálů bude řízeno družicí, uživatel jej nebude mít možnost ovlivnit. Kanál 3A by měl být výrazně méně ovlivněn vyzářenou (tepelnou) složkou, než je tomu u stávajícího 3. kanálu, a odražené sluneční záření v tomto pásmu je výrazně intenzivnější, než v pásmu 3,55-3,93 μm . Výsledkem by měly být výrazně méně zašuměná obrazová data, než je tomu ve stávajícím 3. kanálu. Negativním dopadem této změny je fakt, že nebude možné dále využívat stávající algoritmy, využívající tento kanál (např. při počítačové detekci či klasifikaci oblačnosti v denních hodinách).

Druhá podstatná změna se týká souboru přístrojů pro vertikální sondáž atmosféry. Součástí vstupního proudu dat HMF jsou v současnosti i data používaná pro vertikální sondování atmosféry. Data se označují zkratkou TOVS (Tiros Operational Vertical Sounder), tvoří přibližně 5 % celkových dat s podstatně menší rozlišovací schopností řádově desítek kilometrů a obsahují tři subsystémy dat: HIRS s 19 infračervenými spektrálními kanály v pásmu 3-15 μm pro určování profilů teploty, vlhkosti a absolutního množství ozonu, MSU se 4 kanály v pásmu 50-60 GHz a SSU se 3 kanály v oblasti 15 μm . Tato data se zatím v ČHMÚ rutinně nezpracovávají.

V obsahu a struktuře dat MSU nastanou s vypuštěním družice NOAA-K podstatné změny. Počet pásem vzroste na 20 : 15 pásem v oblasti 23-90 GHz pro teplotní sondáž (od povrchu k hladině 2 hPa) a 5 pásem v oblasti 90-190 GHz pro sondáž vlhkosti (od povrchu ke hladině 200 hPa). Radiometr nového typu se označuje zkratkou AMSU (Advanced MSU) a je reálný předpoklad, že vertikální profily spočítané z nových dat budou mít daleko větší přesnost a praktickou použitelnost než data ze současného MSU.

Družice této série jsou plánovány celkem tři, NOAA-K, L a M. NOAA-K by měla být podle nejčerstvějších zpráv (červenec 1996) vypuštěna na podzim 1997, v případě kolapsu jedné ze stávajících družic (NOAA 12, NOAA 14) nejdříve v dubnu 1997. Příjem a zpracování dat z těchto družic bude vyžadovat pouze menší úpravy softwaru, tudíž je bude možné přijímat stávajícím zařízením ČHMÚ.

Podstatně výraznějších změn se družice na polárních drahách dočkají kolem roku 2003 (až 2005), a sice se startem družice nové generace (NOAA-O). Nové družice budou mít nejen větší počet spektrálních kanálů, ale i výrazně lepší rozlišovací schopnost (obojí se týká jak obrazových dat, tak vybavení pro vertikální sondáž). Výrazně se zvýší objem přenášené informace, a tudíž bude nutné výrazněji zvýšit i přenosové rychlosti (a tedy i komunikační frekvence). Start těchto družic nové generace bude vyžadovat podstatné úpravy současných přijímacích stanic. Předpokládá se, že NOAA a EUMETSAT si rozdělí odpovědnost za tyto družice, každá z těchto institucí bude zodpovědná za jednu z nich (při dvou družicích v operativním provozu). Hlavní přístrojové vybavení bude identické.

10.2. Geostacionární družice

V současnosti je operativní družicí pro evropskou a africkou oblast METEOSAT-5. V listopadu 1993 vypuštěný METEOSAT-6 je na záložní dráze a je připraven převzít operativní roli, jakmile to bude vzhledem ke stavu družice METEOSAT-5 nutné. Jediný podstatnější rozdíl mezi nimi je v kalibraci tepelného kanálu – METEOSAT-5 má pro studený konec teplotní škály pouze velmi přibližnou kalibraci (metodika teplotní kalibrace způsobila částečné poškození

radiometru u družic METEOSAT-3 i METEOSAT-4 a není proto prováděna v plném rozsahu na METEOSAT-5, aby se předešlo obdobnému poškození přístrojů). METEOSAT-6 má již kalibraci řešenou odlišně a jeho uvedení do operativního provozu by mělo vést k výraznému zpřesnění kalibrace IR kanálu. METEOSAT-7 bude vypuštěn na oběžnou dráhu podle potřeby, bude to poslední geostacionární družice EUMETSATu této generace.

Kolem roku 2002 až 2003 je plánován start první z družic METEOSAT Second Generation (MSG). Tyto družice, obdobně jako družice na polárních drahách, budou mít větší počet spektrálních kanálů (8), lepší rozlišovací schopnost (jeden kanál ve viditelném oboru 1 km, zbývající 3 km v nadíru) a budou snímat zemský disk s dvojnásobnou frekvencí ve srovnání se stávajícími METEOSATy (tj. každých 15 minut místo současných 30 minut). Podobně jako u polárních družic, i tyto změny budou vyžadovat zásadní změny na přijímacím a zpracovatelském zařízení.

Podstatnou změnou bude též zrušení stávajícího režimu analogového přenosu WEFAX, který bude nahrazen digitálním přenosem s nízkým rozlišením (Low Resolution Picture Transmission, LRPT).

11. ZÁVĚR

Přístrojové vybavení pro příjem dat z meteorologických družic (geostacionárních i polárních), instalované na pracovišti ČHMÚ v Praze-Libuši v období 1994-95, umožní příjem dat z těchto družic přibližně do roku 2002 až 2004. Data z družic NOAA a METEOSAT, kromě využití pro operativní prognostické účely, jsou k dispozici pro případné výzkumné práce na vyžádání na pracovišti Libuš.

Literatura a ostatní zdroje informací:

- [1] Firemní manuály VCS Nachrichtentechnik GmbH, dodané současně se zařízením HRPT/PDUS. Bochum, 1993-5.
- [2] The 1995 Meteorological Satellite Data Users' Conference. Proceedings, Winchester, UK, 4th-8th September 1995, EUMETSAT, EUM P 17, ISSN 1015 9576.
- [3] Gordon Bridge (EUMETSAT) – osobní setkání, březen 1996.
- [4] Internet, WWW: <http://140.90.207.25:8080/noaasis.html>
- [5] Osobní korespondence s NOAA/NESDIS, 1. 7. 1996.

Použité zkratky a odborné termíny:

Zkratky a termíny z oblasti meteorologických družic, formátů dat, organizací

A,B – formáty dat družice METEOSAT. Formát A zahrnuje celou polokouli viditelnou z družice, formát B zahrnuje Evropu, severní Atlantik a severní pobřeží Afriky

AVHRR – Advanced Very High Resolution Radiometer – dokonalejší radiometr s velmi vysokým rozlišením, skanovací radiometr družice NOAA, který poskytuje data v pěti spektrálních pásmech o prostorovém rozlišení 1.1 km pod družicí a přibližně 2x3 km na okraji zobrazeného pásu

ESA – European Space Agency – Evropská kosmická agentura
GOES – Geostationary Operational Environmental Satellite – řada amerických geostacionárních družic. V operativním provozu bývají obvykle dvě družice, GOES-East na 75. stupni a GOES-West na 135. stupni západní délky. Data z těchto družic jsou předávána do vysílání družice METEOSAT prostřednictvím pracoviště Meteo France v Lannionu v Bretani, odkud je jedna z družic GOES viditelná pod úhlem přibližně 1.5 stupně nad obzorem.

HIRS – High resolution Infrared Radiometer Sounder – infračervený radiometr s rozlišením 10-20 km obsahující 20 detektorů v různých spektrálních pásmech. Tato pásma byla zvolena tak, aby pomocí údajů z různých pásem bylo možno odhadnout různé meteorologicky významné údaje. Například z hodnot v pásmech s různou citlivostí na obsah vodních par je možno odhadnout vlhkost v různých vrstvách atmosféry.

HRI – High Resolution Imagery – obraz o vysokém rozlišení, digitálně přenášená data družic METEOSAT o rozlišení 5x5 km v poddružicovém bodě (přibližně 7x9km v oblasti Evropy). Data HRI rozlišují celkem 256 hodnot a lze je kalibrovat pomocí známých fyzikálních vztahů. Data jsou přijímána stanicemi označovanými jako PDUS (viz).

HRPT – High Resolution Picture Transmission – přenos dat o vysokém rozlišení z družice NOAA. Data HRPT jsou složena z dat AVHRR(viz), TOVS(viz), SEM(viz), případně z dalších podle typu družice.

IR, VIS, WV – označení jednotlivých spektrálních pásem družice METEOSAT:

IR – tepelné záření 10.5-12.5 mikrometru

VIS – viditelné světlo 0.4-1.1 mikrometru

WV – tepelné záření 5.7-7.1 mikrometru, citlivé na obsah vodních par ve vyšších vrstvách atmosféry (Water Vapour – vodní páry).

MKU – Meteosat Key unit – klíčovací jednotka pro příjem kódovaných dat PDUS (viz).

MSG – Meteosat Second Generation – nově připravovaná řada družic METEOSAT. Tato řada se má lišit strukturou i kvalitou dat od současných družic. První družice této řady má být vypuštěna v letech 2002-2003.

MSU – microwave sounding unit – pasivní radiometr o 4 kanálech v pásmu 55 GHz, rozlišení přes 100 km podle pozice

NESDIS – National Environmental Satellite, Data and Information Service – informační služba vydávající dokumenty týkající se meteorologických družic NOAA, popisu struktury a zpracování dat apod.

NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration – Národní úřad pro atmosféru a oceán, vládní organizace provozující polární meteorologické družice NOAA a geostacionární družice GOES (viz).

PDUS, SDUS – Primary/Secondary Data User Station – označení přijímacích stanic pro digitální (primární) a analogová (sekundární) data družice METEOSAT.

SAA – Satellite Active Archive – název systému dlouhodobé archivace dat HRPT (viz) provozovaného organizací NOAA. Systém umožňuje interaktivní volbu požadovaných

dat z hlediska území a času snímání. Data je možno vybírat i následně obdržet prostřednictvím sítě Internet.

SEM – Space Environment Monitor – součást vybavení družic NOAA, soustava detektorů kosmického záření o různých energiích (sluneční protony a elektrony, energetické protony, záření alfa, celkové množství energie).

SSU – Stratospheric Sounding Unit – infračervený spektrometr o 3 kanálech v pásmu absorpce CO, s rozlišením přes 150 km podle pozice.

TBUS – označení bulletinů obsahujících dráhové prvky jednotlivých družic. Tyto bulletiny jsou distribuovány pomocí GTS nebo pomocí Internetu.

TIP – Tiros Information Processor – procesor pro sběr dat z detektorů s nízkou frekvencí. Jde o data ze systémů TOVS (viz) a SEM(viz), dalších detektorů a telemetrická data. Všechna tato data jsou uspořádána do pole o dané struktuře a toto pole je připojeno k datům AVHRR(viz).

TOVS – Tiros Operational Vertical Sounder – soubor detektorů v různých spektrálních pásmech poskytující data o nízkém rozlišení (podle typu od 10 do 300 km). Tato data je možno vkládat do některých matematických modelů pro predikci stavu atmosféry.

WEFAX – Weather Facsimile – analogově přenášená data METEOSAT. Data jsou předávána jako amplitudově modulovaná, tzn. intenzita signálu udává přímo jednotlivé hodnoty v datech. Příjem těchto „sekundárních“ dat umožňují stanice SDUS(viz). Konstrukce těchto stanic je technicky jednodušší než stanic PDUS (viz) pro digitální data, ale na data má velký vliv přenosová cesta a její kvalita. Analogová data lze tedy kalibrovat pouze přibližně a slouží spíše pro vizuální informaci.

Použité zkratky a termíny z výpočetní techniky:

FTP – File Transfer Protocol – Protokol pro přenos souborů po síti, jeden ze skupiny protokolů TCP/IP(viz)

GIF,JP(E)G – způsoby komprese obrazových dat používaných ve výpočetní technice

rlogin – jeden ze způsobů přímého ovládní počítače na dálku prostřednictvím počítačové sítě

TCP/IP – skupina protokolů pro komunikaci počítačů po síti. Na těchto protokolech je založena komunikace po síti Internet

WWW – World Wide Web – technologie komunikace po síti, která umožňuje interaktivní výměnu dat různého druhu (text, obraz, zvuk, nově i animace a procesy). Je založena na protokolu HTTP – HyperText Transfer Protocol – přenos hypertextových dat.

Lektor RNDr. J. Strachota, rukopis odevzdán v srpnu 1996.