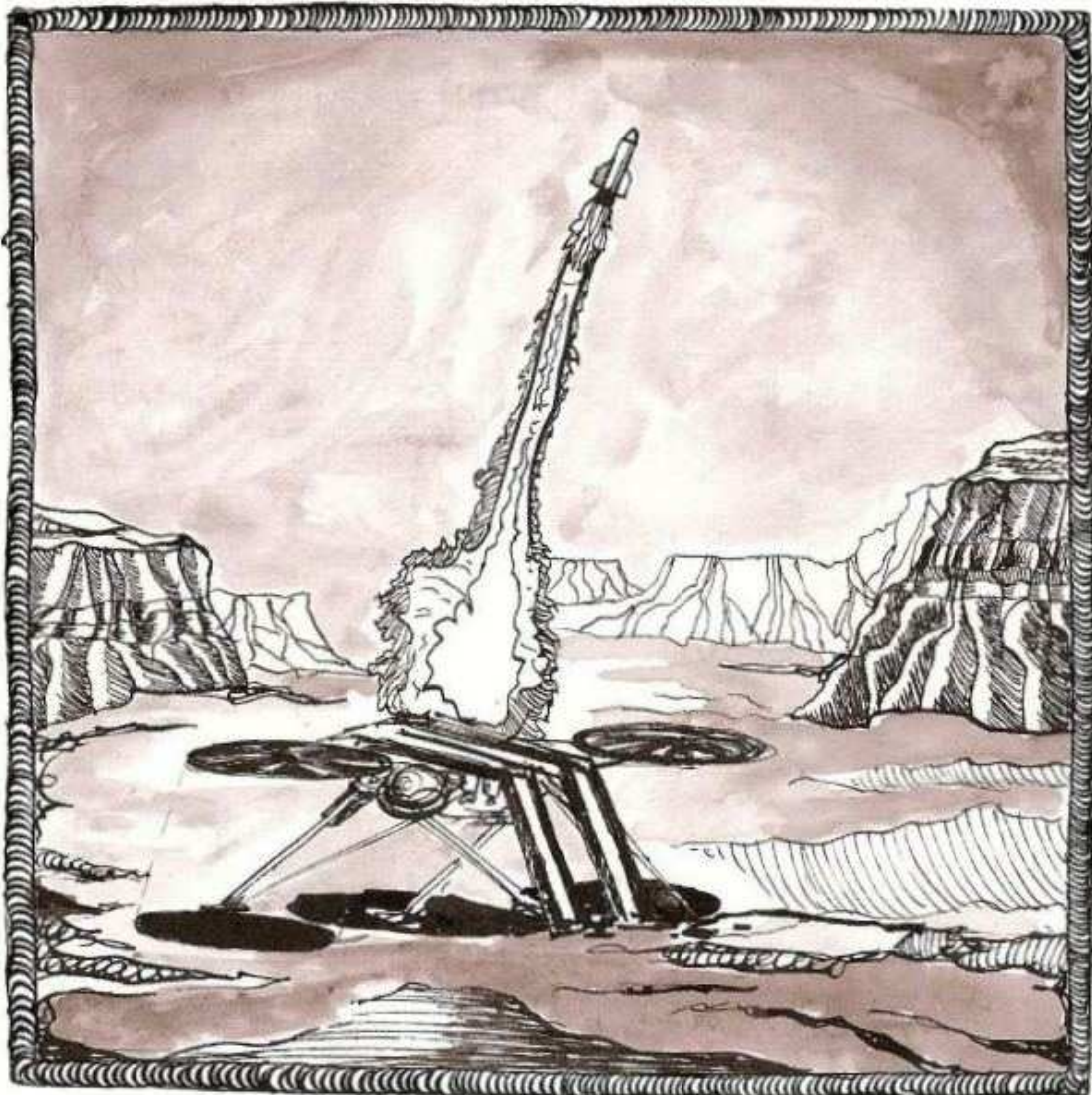


MiniMAV a MultiERV

*nové komponenty
pro MSR mise*



Připravili: Aleš Holub (CZ) & Jiří Šálek (CZ) & Ladislav Gagyi (SK)
Ilustrace: Klára Pavelková (CZ)
Datum: únor 2007
Copyright © 2007 Kosmo Klub - <http://klub.kosmo.cz/>

KOSMO KLUB

MiniMAV a MultiERV - nové komponenty pro MSR mise



Úvod

Hlavním úkolem Mars Sample Return (MSR) mise je dopravit vzorky z povrchu Marsu na Zemi. Vědci i veřejnost jsou nadšeni hledáním mimozemského života. Pro zlepšení našich znalostí o Marsu však potřebujeme zkoumat vzorky z Marsu nejlepšími možnými prostředky a to je možné pouze v pozemských laboratořích.

Tento dokument popisuje principy MSR mise, která využívá dvě námi navržené komponenty - **MiniMAV** a **MultiERV**.

Základní předpoklady MSR mise

Už dříve uskutečněné mise zkoumající Mars ukázaly, že s využitím stávajících technologií lze docílit výrazných úspěchů.

Marsovské sondy jako Viking, Mars Global Surveyor, Mars PathFinder, Mars Orbiter 2001, Mars Exploration Rovers, Mars Express a Mars Reconnaissance Orbiter už předvedly většinu kritických manévrů pro MSR misi.

Za nejdůležitější fáze mise pro návrat vzorků z Marsu (MSR) lze považovat:

- Start ze Země a navedení na dráhu k Marsu (úspěšné u všech uvedených sond)
- Meziplanetární přelet k Marsu (úspěšný u všech uvedených sond)
- Navedení na oběžnou dráhu kolem Marsu (MGS, MO2001, MEx a MRO)
- Přistání na povrchu Marsu (Viking, MPF a MERy)
- Sběr vzorků na povrchu Marsu (Viking)
- Start z Marsu a navedení na oběžnou dráhu kolem Marsu (zatím neuskutečněno)
- Setkání na oběžné dráze kolem Marsu (zatím neuskutečněno)
- Přejít z oběžné dráhy Marsu na přechodovou dráhu k Zemi (zatím neuskutečněno)
- Přistání na Zemi z meziplanetární dráhy (uskutečněno např. sondou Stardust či podobný manévr sond Luna 16, 20 a 24)

Navrhujeme tedy využít tyto ověřené technologie pokud možno ve všech relevantních fázích MSR mise. Pro dosud neproověřené úseky – start z Marsu, setkání na oběžné dráze kolem Marsu a navedení na dráhu k Zemi – doplňujeme nové komponenty MiniMAV a MultiERV.

MiniMAV je malý a lehký MAV (Mars Ascent Vehicle) pro dopravu vzorků z povrchu Marsu na nízkou oběžnou dráhu kolem Marsu (Low Mars Orbit – LMO).

MultiERV je obratný ERV (Earth Return Vehicle) schopný zachytit na LMO několik pouzder se vzorky a dopravit je k Zemi naráz.

MiniMAV a MultiERV - nové komponenty pro MSR mise



Strategie odběru vzorků z povrchu Marsu

Odhadujeme, že pro získání různorodých a hodnotných vzorků z Marsu, je třeba dopravit k Zemi vždy cca 1 kg vzorků z různých míst na povrchu Marsu.

Jako základní místa přistání a odběru vzorků proto doporučujeme vulkanickou oblast (např. Tharsis), bývalou řeku (např. Valles Marineris) a polární oblast (okraj polární čepičky).

Pokud bude lander vybaven potřebným zařízením, může odebrat i podpovrchové vzorky, ale velmi hodnotné jsou i vzorky povrchové a náhodné.

Za cíl jsme si tudíž zvolili dopravu alespoň tří jednodokilogramových vzorků ze tří různých lokalit na Marsu.

MiniMAV

Námi navrhovaný MiniMAV by měl být schopen dopravit na vybranou standardní LMO cca 1 kg vzorků z Marsu v maximálně jednoduchém a miniaturizovaném pouzdře.

MiniMAV obsahuje tyto základní díly:

- pouzdro na vzorky
- dvojstupňový nosič na skladovatelné KPL
- navigační systém využívající asistence landeru a MultiERV nebo jiného orbiteru u Marsu

Vzorky jsou uloženy v pouzdře, obsahujícím jen radiomaják napájený solárními články, termoregulace a stabilizace jsou pasivní. Na základě zkušeností s CubeSaty odhadujeme, že takovéto minimální pouzdro by mohlo mít hmotnost méně než 3 kg, včetně 1 kg vzorků.

Dvojstupňový raketový nosič má charakteristickou rychlost 4500 m/s (delta V [dV]), specifický impuls (Isp) motorů 2500 Ns/kg a startovací hmotnost cca 60 kg. První stupeň má suchou hmotnost 10 kg a 35 kg KPL. Druhý stupeň má suchou hmotnost 2 kg a 7 kg KPL.

Technologie pro MiniMAV zatím nebyly ověřeny, ale věříme, že MiniMAV může být vyvinut a otestován v rámci soutěží „Centennial Challenge“ (např. podle vzoru Lunar Lander Challenge).

MiniMAV a MultiERV - nové komponenty pro MSR mise



MultiERV

Navržená specifikace MultiERV dovoluje uskutečnit setkání až s pěti samostatnými pouzdry se vzorky na LMO a dopravit je společně na Zemi.

MultiERV obsahuje tyto základní díly:

- návratový přistávací modul (který pojme až pět pouzder se vzorky)
- podpůrné systémy pro komunikaci se Zemí a s MiniMAVy, navigační systém, avioniku a systém napájení se solárními články
- solárně elektrický iontový pohon (SEP) pro manévry s velkým delta V
- chemický pohon na skladovatelné KPL pro stabilizaci, setkávací manévry a pro manévry s potřebným vysokým tahem
- setkávací systém pro zachycení pouzder se vzorky a jejich umístění do přistávacího modulu

MultiERV je naveden na meziplanetární dráhu k Marsu pomocí horního stupně nosné rakety. Na oběžnou dráhu kolem Marsu je MultiERV naveden kombinovaným využitím pohonu s vysokým i nízkým tahem, zakončeným technikou aerobrakingu (cirkularizace dráhy pozvolným aerodynamickým brzděním v horních vrstvách atmosféry).

Na oběžné dráze kolem Marsu podporuje MultiERV operace na povrchu a pomáhá navigovat MiniMAVy při startu z povrchu Marsu i při jejich navádění na LMO.

Jakmile jsou pouzdra se vzorky na oběžné dráze, MultiERV se postupně se všemi setká, zachytí je a umístí do přistávacího modulu. Se vzorky až z pěti různých MiniMAVů odletí MultiERV k Zemi. Vzorky jsou pak na Zemi bezpečně dopraveny v návratovém přistávacím pouzdru. Zbytek MultiERV zanikne v zemské atmosféře nebo jen proletí kolem Země.

Očekávaná hmotnost MultiERV je cca 450 kg kde 160 kg je vyhrazeno pro konstrukci a podpůrné systémy, 40 kg na přistávací modul, 50 kg na pohonné látky pro iontový motor (xenon) a 200 kg na chemické KPL (hydrazin). Celkové delta V pohonného systému MultiERV dosahuje až 4500 m/s (3000 m/s pro SEP a 1500 m/s pro chemický pohon).

Přistávací modul může dopravit až 15 kg nákladu na povrch Země (5 pouzder se vzorky, z nichž každé má hmotnost 3 kg a obsahuje 1 kg vzorků).

MiniMAV a MultiERV - nové komponenty pro MSR mise



ISPP

Do svého návrhu jsme nezahrnuli žádný systém pro výrobu pohonných látek na Marsu (In-Situ Propellant Production = ISPP). Pro dosažení základního cíle MSR mise nepovažujeme ISPP za potřebné a zpočátku ani za vhodné. Architekturu mise, závislou na ISPP považujeme za složitější, dražší a s nižší pravděpodobností úspěchu.

ISPP experimenty mohou být umístěny v přistávacích modulech využitých pro MSR misi, ale naše architektura je na ISPP nezávislá.

Specializovaná multi MSR mise

Naším týmem preferovaná varianta MSR mise je vypuštění jednoho MultiERV a až tři MiniMAVů naráz, jako součásti jediné sondy k Marsu. Každý MiniMAV je připojen ke standardnímu landeru, podobnému tomu, jaký byl použit při misi Mars Pathfinder.

Celá multi MSR sonda má následující hmotnost:

MultiERV	450 kg
3 x Lander/MiniMAV (každý 500 kg)	1500 kg
Spojovací konstrukce	150 kg
Celkem	2100 kg

Po navedení na přeletovou dráhu k Marsu (pomocí horního stupně nosné rakety), slouží MultiERV pro řízení, napájení a korekce dráhy celé sestavy až do přiblížení k Marsu.

Zde se landery, obsahující MiniMAVy, oddělí od konstrukce sondy a samostatně přistanou v různých oblastech Marsu. Každý z landerů uskuteční svou vlastní výzkumnou misi, obsahující i sběr vzorků a jejich umístění do připojeného MiniMAVu. Nakonec připraví MiniMAV pro start.

Mezitím se MultiERV také odpojí od spojovací konstrukce a vlastními motory se navede na vybranou základní oběžnou dráhu kolem Marsu. Z této dráhy MultiERV pomáhá navigovat jednotlivé MiniMAVy v průběhu jejich vzletu a navádění na jednotnou LMO. MultiERV se pak postupně setká se všemi pouzdry se vzorky, zachytí je a umístí do přistávacího modulu.

Se všemi vzorky bezpečně umístěnými v přistávacím modulu použije MultiERV oba své pohonné systémy k odletu směrem k Zemi. Před vstupem do zemské atmosféry se návratový modul oddělí a dopraví vzorky na povrch Země.

MiniMAV a MultiERV - nové komponenty pro MSR mise



Piggyback MSR mise

Je možné použít i alternativní variantu, při které mohou být využity už plánované landery k dopravě MiniMAVů na povrch Marsu. Díky své nízké hmotnosti jsou MiniMAVy dobrým kandidátem na doplňkové vybavení (piggyback) existujících nebo navrhovaných misí. Tento přístup umožňuje využít výsledků primární mise a vybrat k návratu ty nejnadějnější vzorky. V tomto případě také mohou být MiniMAVy stavěny ve větších sériích, což by mělo snížit jejich cenu a zvýšit pravděpodobnost úspěšného návratu vzorků.

Také MultiERV může být vypuštěn jako součást mise jiného orbiteru Marsu, nebo může být vypuštěn až poté, kdy bude dostatečné množství pouzder se vzorky úspěšně dopraveno pomocí MiniMAVů na správnou oběžnou dráhu kolem Marsu.

Nové technologie

Jak už bylo uvedeno, naše architektura MSR mise využívá výhod již dobře ověřených technologií. Nicméně jsou zde určité fáze, které vyžadují zatím neprověřené technologie. Tyto nové technologie byly soustředěny do návrhu MiniMAVu a MultiERV a obsahují:

- miniaturizované raketové systémy pro MiniMAV
- podporu vzletu a navádění na LMO pomocí prostředků umístěných na povrchu Marsu nebo na jeho oběžné dráze
- systémy pro setkávání a zachycování pouzder se vzorky na LMO
- pohon pro odlet z LMO směrem k Zemi

Tyto systémy jsou kritické pro úspěch MSR mise a musí být otestovány ještě před samotnou misí.

Domníváme se, že subsystemy MiniMAVu mohou být vyvinuty a otestovány v rámci soutěží „Centennial Challenge“.

Klíčové subsystemy MiniMAVu musí být extrémně miniaturizovány a přitom odolávat extrémním podmínkám, panujícím v kosmu a na povrchu Marsu. Jejich maximálně zjednodušená konstrukce a nízká hmotnost z nich však dělají vhodné kandidáty pro tento typ soutěže.

Kritickými manévry pro MultiERV je setkávání na oběžné dráze a zachycování pouzder se vzorky. Tyto však mohou být demonstrovány na oběžné dráze kolem Země (LEO) s využitím platformy, odvozené ze sondy SMART nebo Hayabusa. I když jsou podmínky na LEO trochu odlišné, než na LMO, mohou tyto testy přispět ke zdokonalení potřebných manévru už dlouho před uskutečněním reálné MSR mise.

MiniMAV a MultiERV - nové komponenty pro MSR mise



Závěry

Předkládáme dvě hlavní myšlenky:

- udělat MAV tak malý a lehký, aby se mohl stát součástí standardních landerů nebo roverů pro Mars (=> MiniMAV)
- udělat ERV tak obratný, aby mohl na LMO převzít několik pouzder se vzorky a dopravit je k Zemi naráz (=> MultiERV)

Předložená architektura MSR mise je založena na v současnosti dostupných technologiích všude, kde je to možné. Stávající technologie a procedury jsou použity pro dopravu nově navrhovaných komponent na povrch Marsu i na oběžnou dráhu kolem Marsu.

Hlavní výzvou je doprava sebraných vzorků z povrchu Marsu na Zemi. Pro uskutečnění těchto úkolů navrhujeme dvě nová zařízení. MiniMAV a MultiERV. Věříme, že oba stroje mohou být vyvinuty na soutěžním základě a mohou být důkladně otestovány na Zemi a na oběžné dráze kolem Země, aby se snížilo základní riziko MSR mise. Jasnou výhodou je, že hmotnost a cena systému je minimalizována a přitom systém umožňuje dopravit značné množství vzorků dokonce z několika různých oblastí Marsu najednou.

Naše architektura zajišťuje, že selhání jednoho MiniMAVu neznamena selhání celé MSR mise. Dražší a složitější MultiERV nesestupuje na povrch Marsu, ale zůstává na jeho oběžné dráze, odkud může podporovat sběr a dopravu vzorků na oběžnou dráhu Marsu.

Efektivita a vědecký přínos MSR mise jsou tak maximalizovány.

Aleš Holub (CZ) & Jiří Šálek (CZ) & Ladislav Gagyi (SK) - únor 2007