

## PROC (Planetary Radar Operation Center): una SDI dei centri operativi delle Missioni su Marte

Cristoforo Abbattista (\*), Claudio Catallo (\*\*), Marianna Carbone (\*), Angelo Olivieri (\*\*\*)

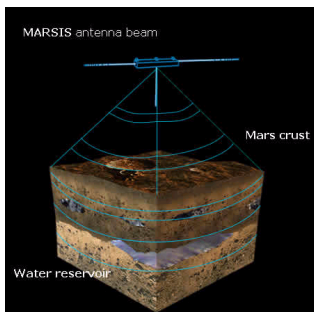
(\*) Planetek Italia s.r.l., Via Massaua 12 -70132 – Bari (BA), Tel. +39 080 9644200  
abbattista@planetek.it, carbone@planetek.it

(\*\*) Thales Alenia Space Italia SpA, Via Saccomurro 24 - 00131 - Roma (RM)  
Tel. +39 06 41511, Claudio.Catallo@thalesaleniaspace.com

(\*\*\*) Agenzia Spaziale Italiana, Viale Liegi 26 - 00198 – Roma (RM)

### Riassunto

Il Planetary Radar Operation Center (PROC) nasce dalla volontà di ASI (Agenzia Spaziale Italiana) di consentire la fruizione, attraverso un unico punto di accesso, dei dati acquisiti dai tre sensori Sharad, Marsis e Cassini, appartenenti, rispettivamente, alle tre missioni interplanetarie MRO (Mars Reconnaissance Orbiter), Mars Express e Cassini-Huygens (sul satellite Titano di Saturno), unificando gli attuali tre centri operativi SHOC (Sharad), MOC (Marsis) e C-PAD (Cassini).



Grazie al PROC i dati delle missioni sono resi disponibili, sia ad una consultazione “specialistica” rivolta al mondo della ricerca, che divulgativa verso un pubblico di non specialisti.

L’accesso, garantito attraverso un generico browser Internet, permette, attraverso l’utilizzo di una specifica applicazione web “SpaceGIS” di consultare on-line sia dati cartografici planetari (di Marte, di Titano e poi anche della Terra) che i radargrammi di sottosuolo.

Il PROC è strutturato ed opera come una vera SDI (Spatial Data Infrastructure) che consente di catalogare ed archiviare in maniera automatica prodotti in formato standard scientifico (formato PDS), trasformarli in formato JPEG2000 e renderli fruibili via Internet attraverso servizi di mappa OGC. Le tecnologie utilizzate sfruttano lo stato dell’arte sia di prodotti FOSS come Plone, PostGIS e GeoServer che commerciali come ERDAS Image Web Server.

### Abstract

The Planetary Radar Operation Center (PROC) is an ASI (Agenzia Spaziale Italiana) program aimed to unify the different Operative Centers of ASI, ESA and NASA joint planetary missions, in order to set up a unique point of access to the data produced.

The actual centres SHOC (Sharad), MOC (Marsis) and C-PAD (Cassini) collect, respectively, data from the MRO (Mars Reconnaissance Orbiter), Mars Express e Cassini-Huygens (on Titan a Saturn moon) missions. By the PROC web portal, missions data become accessible both to an unspecialised public and to the scientific community. Moreover by the SpaceGIS web application, developed inside the PROC program is definitively possible to navigate on-line both cartographic planetary data (Mars, Titan and even other planets like the Earth) and subsurface radargram data.

The PROC system is structured like an SDI (Spatial Data Infrastructure) which allows to catalogue and archive automatically standard scientific products (in PDS format) and allows to deliver them on Internet, via OGC standards, after a conversion in JPEG2000 format.

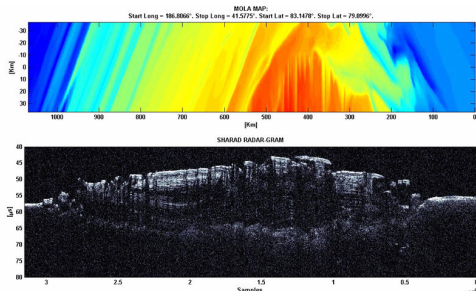
The technologies used are the best of FOSS (Plone, PostGIS and GeoServer) and commercial (ERDAS Image Web Server) ones.

## Introduzione

Marte è stato oggetto di numerose missioni per la raccolta di dati relativamente alla superficie e al sottosuolo finalizzati alla ricostruzione del profilo altimetrico superficiale, alla mappatura di acqua sotto la superficie, sia in fase solida che liquida e alla identificazione delle strutture geologiche. Questi dati sono propedeutici alla pianificazione e progettazione di missioni per l'esplorazione in situ con rover e ad eventuali successive esplorazioni umane.

Le principali banche dati derivano rispettivamente dalle missioni Mars Reconnaissance Orbiter<sup>1</sup> (sensore SHARAD), Mars Express (MARSIS) e Cassini-Huygens (sul satellite Titano di Saturno).

L'Agenzia Spaziale Italiana (ASI), anche attraverso il supporto delle principali industrie nazionali del settore come Thales Alenia Space Italia, ha svolto un ruolo attivo nella messa a punto dei sensori radar sottosuperficiali e altimetrici che sono stati adottati in queste missioni.



Poiché i centri operativi che gestiscono le banche dati prodotte da ogni singola missione, rispettivamente SHOC (sensore Sharad), MOC (Marsis) e C-PAD (Cassini) consentono la gestione, elaborazione e distribuzione esclusivamente dei dati della singola missione, è emersa la necessità di consentire l'analisi congiunta dei dati delle diverse missioni per incrementare il contenuto informativo dei singoli archivi.

A tal fine ASI ha avviato il Planetary Radar Operation Center (PROC) che nasce con l'obiettivo

di consentire la fruizione completa delle informazioni delle tre missioni attraverso un unico punto di accesso attraverso lo sviluppo di una SDI. Il programma PROC vede coinvolti quali partner di progetto Thales Alenia Space Italia (prime contractor), Planetek Italia, Corista e Infocom.

I paragrafi seguenti saranno focalizzati sull'illustrazione del sottosistema di dissemination dei dati planetari e di tutte le informazioni a loro correlate. Saranno presentati con maggiore dettaglio quegli elementi che hanno richiesto la messa a punto di soluzioni specifiche per la implementazione della SDI:

- *l'utilizzo di Sistemi di riferimento non terrestri (dati planetari)*
- *formati di dati e metadati tipici del mondo scientifico*
- *dati territoriali sottosuperficiali, trasversali al territorio*

## Lo scenario di riferimento: una tipica SDI

Il sistema PROC si configura come una tipica Spatial Data Infrastructure (SDI), con la particolarità che il dato spaziale prodotto consiste in dati trasversali al terreno (dati di sottosuolo georiferiti) mentre le mappe territoriali costituiscono il contesto di analisi dei radargrammi.

Il PROC implementa il set minimo di servizi che sono indispensabili nella implementazione di una SDI, come, ad esempio, servizi di ricerca, consultazione, download e di conversione.

I dati, una volta processati nei singoli centri operativi SHOC, MOC e C-PAD, vengono catalogati, convertiti e archiviati nel sistema di dissemination del PROC. Successivamente l'amministratore decide se pubblicare tali dati su web, attivando, quindi, servizi OGC quali WMS, WFS, WCS, WMC e GeoRSS.

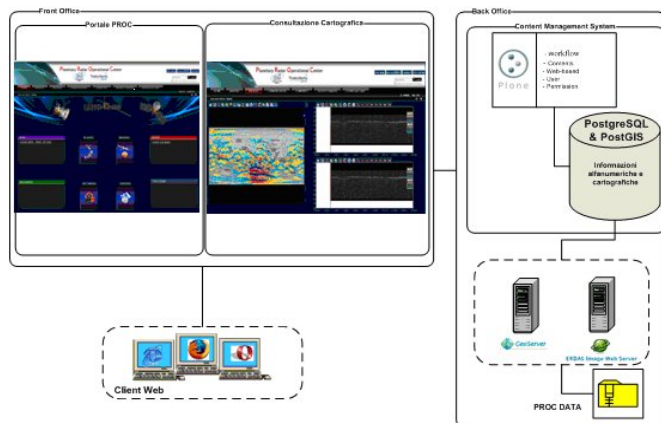
I dati pubblicati sono così accessibili alla comunità scientifica (che può anche scaricarli per un'analisi più approfondita con strumenti dedicati) ed eventualmente al pubblico.

In aggiunta ai dati tipicamente territoriali, i redattori del sistema (di cui fanno parte anche i ricercatori scientifici) possono scrivere e pubblicare articoli, diagrammi, analisi scientifiche, video e quant'altro che va a popolare il portale.

<sup>1</sup> In tre anni di acquisizioni il satellite Mars Reconnaissance Orbiter ha tagliato il traguardo storico di 100 terabit, (100.000 gigabit) Oltre tre volte i dati raccolti da tutte le missioni spaziali (non terrestri) messe insieme.

## L'architettura del sistema PROC

L'architettura logica del sistema PROC prevede tre aree distinte: un'area scientifica di analisi e produzione dei dati e dei prodotti di missione; un'area di archivio e backup; un'area Internet per la divulgazione dei prodotti e dei lavori scientifici attinenti i sensori e le missioni gestite dal PROC.



Le aree descritte in questo articolo sono l'area di archiviazione e gestione del dato e dei prodotti (Data Management) e l'area di divulgazione (Web Facility).

In queste due aree possiamo identificare un Front End (portale alfanumerico e applicazione SpaceGIS), un Back Office per la gestione di tutte le attività tipiche di un portale e un sottosistema (S/S) di catalogazione, conversione, archiviazione e distribuzione dei dati.

Le tecnologie di base utilizzate dal sistema PROC sono:

- Plone: uno strumento FOSS di Content Management per pubblicare contenuti sul portale PROC
- Cart@net: un framework WebGIS per la pubblicazione e consultazione di informazioni cartografiche via web, specializzato per il trattamento di dati planetari e di sottosuolo
- ERDAS Image Web Server: un MapServer commerciale ad elevate performance della ERDAS per pubblicare mappe raster cartografiche e i radargrammi di sottosuolo
- GeoServer: un MapServer GFOSS per pubblicare le mappe vettoriali cartografiche in sistemi di riferimento planetografici e/o planetocentrici, secondo standard OGC
- Postgres/PostGIS: un Database e un GeoDatabase FOSS quale repository di tutta l'informazione dinamica del portale PROC, sia per la parte alfanumerica che cartografica.

### Il sottosistema di Data Management

Questo sottosistema è il punto di collegamento del PROC con i singoli Centri Operativi SHOC, MOC e C-PAD. È grazie ad esso che ogni dato gestito dai centri può essere catalogato, manipolato, convertito, pubblicato e gestito dal PROC. Infatti, ogni volta che un nuovo dato è reso disponibile da uno dei centri operativi, si attivano automaticamente dei processi che consentono la sua ingestione all'interno del PROC.

Il primo processo che si attiva è quello di **catalogazione** che consente di classificare il dato estraendone i metadati e memorizzandoli nel Database del PROC.

I metadati estratti possono riferirsi sia al dato nel suo complesso che riferirsi, nel caso di dati complessi, ad alcune specifiche parti di esso come i frame d'acquisizione (singole fettine di sottosuolo) o le OST Line (assimilabili a diverse modalità operative del sensore).

Inoltre, per alcuni dati i metadati diventano dei veri e propri dati come, ad esempio, le *data ground track* che rappresentano la traccia a terra di acquisizione del satellite.

Successivamente alla catalogazione l'amministratore del PROC che esamina i dati potrà attivare i **processi di conversione, archiviazione e pubblicazione**.

Il processo di conversione è necessario in quanto i dati di una missione planetaria sono solitamente in un formato idoneo alle attività scientifiche ma poco adatto alla divulgazione via Internet come è il formato PDS (Planetary Data Science). Quindi il processo di conversione trasforma i dati nel formato JPEG2000 e li archivia in una partizione locale idonea per lo streaming via web.

In alcuni casi, come per i prodotti di MARSIS, un dato PDS può racchiudere diversi radargrammi (fino a 10), acquisiti tutti sulla stessa identica traccia, ma corrispondenti a diverse frequenze (2) per diversi filtri doppler di focalizzazione (fino a 5) e di conseguenza vengono prodotti 10 file JPEG2000. La consultazione via web di questi dati avviene attraverso l'applicazione.

Una volta pubblicati i dati saranno disponibili per la ricerca, la consultazione e il download (sia in JPEG2000 che PDS) agli utenti abilitati.

Altre attività in carico in carico al Data Manager Tool sono quelle di Logging e Dispatching. La prima serve a tener traccia di tutte le operazioni fatte dai moduli del PROC relativamente al tipo di dato gestito e alle operazioni effettuate su di esso. La seconda è necessaria per gestire soprattutto le richieste di download di dati e prodotti da parte degli utenti, in quanto, data la dimensione a cui tali prodotti possono arrivare (qualche GigaByte) è necessario attivare delle utenze e dei repository FTP temporanei per agevolarne il trasferimento.

### **Il sottosistema di Back Office**

Il Back Office del PROC consente di gestire tutto il processo redazionale dell'informazione, anche geografica. Attraverso una personalizzazione del CMS Plone il gestore del PROC può definire diversi modelli redazionali per ogni tipologia di contenuto. Il processo redazionale parte con la raccolta/produzione dei contenuti, passando per la personalizzazione degli stessi, la gestione del loro workflow e del relativo ciclo di vita, fino alla distribuzione e ritiro.

Le funzionalità principali del sottosistema di backoffice sono di seguito elencate:

- Ambiente di lavoro web-based direttamente accessibile da un browser Internet
- Gestione dei contenuti (documenti pdf, word, filmati, etc) attraverso interfacce WYSIWYG che tramite il "drag and drop" permette con semplicità estrema di arricchire i contenuti con dettagli grafici e link documentali.
- Gestione degli utenti e dei permessi integrata al sistema. Ogni contenuto può essere gestito indicando permessi di Read, Write e Visibile su utenti, gruppi di utenti o risorse.
- Sistema di gestione del workflow di approvazione dei contenuti con relativo versionamento
- Multi-Linguaggio sia per l'interfaccia che per i contenuti del sito.

Inoltre è possibile configurare ed utilizzare sezione dedicate ai forum, a newsletter, mailing list, eventi e quant'altro fosse necessario.

Lo stesso backoffice del PROC permette, inoltre, la gestione dei contenuti "geografici". Il sistema consente, infatti, di definire la banca dati dei prodotti geografici da pubblicare come mappe e/o radargrammi. Ogni qual volta un nuovo dato viene catalogato automaticamente dal Data Manager esso viene inserito nel workflow redazionale e il gestore del sistema può decidere se e quando elaborarlo, se pubblicarlo sul portale ed eventualmente definire per quali utenti.

Per garantire flessibilità ed espandibilità a future missioni e/o nuovi dati/prodotto di missioni già esistenti, il sistema consente di aggiungere e configurare:

- nuovi pianeti
  - o definizione del SRS, sia planetografico che planetocentrico
  - o definizione delle mappe di riferimento (dati vettoriali in formato shapefile o compatibili OGR, dati raster in formato ECW, JPEG2000 o compatibili con GDAL)
- nuove missioni (metadati di missione e target di riferimento) e nuovi sensori
  - o definizione di diversi livelli di prodotto da gestire e/o pubblicare
  - o definizione dei metadati da estrarre da ogni prodotto per ogni livello
  - o definizione dei processori idonei a trattare (per le operazioni automatiche di catalogazione, conversione ed archiviazione) ogni livello di prodotto

Tutte queste funzionalità sono disponibili attraverso il backoffice web del sistema senza la necessità di mettere mani al software e/o al data model del database.

## Il Portale Web del PROC

Il portale Web del PROC è un tipico portale informativo tematico e rappresenta l'unico punto d'accesso alle informazioni e ai dati per gli utenti PROC. L'accesso al sito web del PROC può essere libero o autenticato.



Il portale offre informazioni multimediali relativamente alle missioni e i sensori gestiti dal PROC e l'utente può usufruire dei servizi di community, come la registrazione e l'utilizzo delle diverse newsletter gestite dal sistema, delle mailing list (ad accesso pubblico o riservato) e dei forum di discussione.

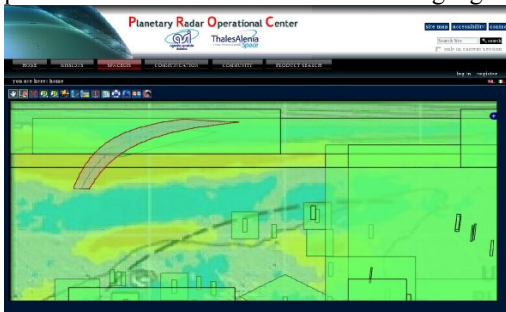
Tutte le informazioni (dati/documenti) consultabili, sono scaricabili attraverso il servizio di Download. Tale servizio è integrato col sistema di profilazione degli utenti, per cui le regole di restrizione di

accesso alle informazioni includono anche la possibilità o meno di effettuare il download delle stesse. Sono previste sezioni dedicate agli eventi correlati alle attività del PROC, dove è possibile scaricare e registrare l'appuntamento sulla propria agenda personale in maniera automatica.

**Un motore di ricerca unificato.** Tra le sezioni alfanumeriche più interessanti del portale, soprattutto dal punto di vista delle prospettive geomatiche che apre, è il motore di ricerca **GeoAlfanumerico** che consente la ricerca di un documento indipendentemente dalla sua tipologia, sia essa un video, un pdf, un articolo, un servizio di mappa, un radargramma.

Inserendo i termini da ricercare nell'unica casella di ricerca il motore fornisce la lista dei risultati che possono essere consultati. L'utente seleziona il documento di suo interesse e il client che si aprirà dipenderà dal tipo di dato selezionato: per i video Flash, per le mappe un client WebGIS, per un radargramma si aprirà il client SpaceGIS. In questo modo *l'informazione geografica smette di essere un'informazione differente* entrando a far parte dei contenuti del CMS che si trasforma così in un potente **AlphaGeoCMS**.

**SpaceGIS.** SpaceGIS è un prodotto del CMS Plone specificatamente sviluppato da Planetek Italia per la consultazione interattiva di dati geografici planetari, appositamente specializzato per una consultazione integrata di dati superficiali (mappe) con dati di sottosuolo (radargrammi) o



altimetrici. Attraverso SpaceGIS è possibile gestire i sistemi di riferimento dei diversi pianeti o lune del nostro sistema solare che fanno riferimento non più al classico sistema EPSG, ma allo IAU2000. Normalmente si utilizzano una proiezione equatoriale (analoga alla 4326) e due polari (analoghe alle polari stereografiche).

SpaceGIS sfrutta pienamente la potenza e la versatilità degli standard OGC (WMS, WFS,

WCS, WMC e GeoRSS) che sono stati adottati sia per esporre i dati gestiti dal PROC che i servizi cartografici OGC messi a disposizione da enti esterni come, ad esempio, il JPL della NASA.

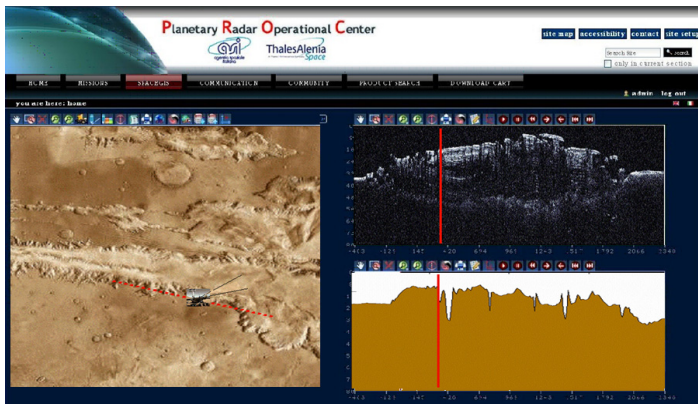
Lo sviluppo di SpaceGIS ha inoltre fatto emergere alcuni limiti degli attuali standard OGC per il loro utilizzo in un contesto planetario. Ad esempio, *una sezione obbligatoria come il BBOX in EPSG:4326 non è più applicabile*.

Lo sviluppo di SpaceGIS è stato realizzando utilizzando Cart@net, strumento ormai consolidato per lo sviluppo di applicazioni WebGIS terrestri. Pertanto l'interfaccia presenta i classici strumenti di navigazione delle mappe ai quali si aggiungono strumenti maggiormente innovativi come:



- visualizzazione di due mappe in modalità comparativa e sincronizzata
- gestione del proprio carrello di bookmark per "salvare" uno o più viste del WebGIS in formato Web Map context (WMC) che potranno poi essere condivisi inviandoli via e-mail
- generazione e consultazione di GeoBLOG, per favorire lo scambio scientifico delle informazioni in merito, ad esempio, ad alcune acquisizioni in determinati punti del pianeta.

SpaceGIS dispone di funzionalità specifiche per la consultazione interattiva dei radargrammi e delle informazioni correlate come il profilo altimetrico delle zone di acquisizione. La consultazione di un



radargramma con SpaceGIS avviene attraverso una mappa 2D agganciata a due visori trasversali al terreno. Sulla mappa 2D si può consultare il contesto territoriale di acquisizione, la traccia a terra dell'acquisizione e il relativo swath (utile a comprendere la fetta di sottosuolo che ha contribuito alla formazione del radargramma), mentre nei due visori si possono consultare sia i radargrammi che i relativi

profili altimetrici. I radargrammi possono anche appartenere a missioni differenti (chiaramente sullo stesso pianeta), così da consentire il confronto di informazioni anche diversamente strutturate e acquisite. I visori trasversali sono corredati di strumenti utili alla scansione del radargramma (play, pausa, stop, reverse play, ecc.) agganciati dinamicamente all'indicatore di posizione sulla mappa 2D utile a capire dove è stata acquisita ogni fettina di sottosuolo. Ogni visore può mostrare un radargramma (tra gli n possibili in caso di multiprodotto – uno per ogni filtro doppler e frequenza – come avviene per MARSIS) o un profilo altimetrico estratto ad esempio, per Marte, dal prodotto MOLA, così da confrontare anche gli andamenti dei primi echi di superficie del pianeta.

Infine, oltre all'applicazione on the fly di Look Up Table al prodotto originale, è possibile consultare i metadati associati al radargramma come il nome del prodotto, la versione, il Pulse Repetition Interval, il numero d'orbita, l'altitudine dello spacecraft, l'ora solare locale, la modalità operativa di acquisizione e tutto quello che può servire per una migliore comprensione scientifica dell'acquisizione.

## Conclusioni

PROC rappresenta un primo passo verso la adozione della logica SDI a dati planetari. Questo approccio rappresenta una sicura novità e mira a valorizzare gli investimenti fatti per acquisire, attraverso missioni planetarie, dati utili a caratterizzare la superficie e il sottosuolo marziano. L'analisi multidimensionale e multiparametrica che può derivare da analisi multisensore rappresenta in fatti l'unica in grado di garantire la massima estrazione del contenuto informativo anche all'interno di archivi complessi, come quelli di dati planetari. La fruizione agevole degli archivi attraverso una unica porta di accesso, alla base delle infrastrutture SDI, è una strada da perseguire e applicare agli archivi planetari che le diverse missioni stanno realizzando.

Grazie al lavoro svolto, l'Agenzia Spaziale Italiana (ASI), in sinergia con i partner di progetto, ha voluto valorizzare l'impegno italiano nelle missioni planetarie semplificando l'accesso a informazioni normalmente ristrette all'ambito scientifico e al tempo stesso fornendo agli scienziati uno strumento che agevoli e favorisca il dibattito accademico.