

Requisiti e Architettura per la Missione NuSTAR

+

Indice

1	INTRODUZIONE	5
1.1	SCOPO	7
1.2	STRUTTURA DEL DOCUMENTO	5
1.3	DOCUMENTI APPLICABILI E DI RIFERIMENTO	8
1.3.1	<i>Documenti applicabili</i>	8
1.3.2	<i>Documenti di riferimento</i>	8
1.4	ACRONIMI	5
2	MISSIONE NUSTAR	7
2.1	PANORAMICA	7
2.2	IL RUOLO DI SSDC PER LA MISSIONE NUSTAR	7
2.3	I SOTTOSISTEMI SSDC PER LA MISSIONE NUSTAR	8
3	REQUISITI	9
3.1	NOMENCLATURA E TIPOLOGIA DEI REQUISITI	9
3.2	REQUISITI DI SISTEMA	9
3.3	REQUISITI DEL SW APPLICATIVO NUSTARDAS	10
4	DISEGNO ARCHITETTURALE	15
4.1	SCHEMA LOGICO	15
4.2	ACQUISIZIONE E ARCHIVIAZIONE DATI	16
4.3	NUSTAR DATA ANALYSIS SOFTWARE	16
4.3.1	<i>Identificazione dei bad pixel</i>	18
4.3.2	<i>Identificazione degli hot pixel</i>	18
4.3.3	<i>Ricostruzione dell'evento e assegnazione del Grade</i>	18
4.3.4	<i>Calibrazione dell'energia</i>	18
4.3.5	<i>Trasformazione di coordinate</i>	18
4.3.6	<i>Generazione del file di filtro</i>	19
4.3.7	<i>Screening dei dati</i>	19
4.3.8	<i>Generazione della mappa di esposizione</i>	19
4.3.9	<i>Estrazione dei prodotti di alto livello</i>	19
4.3.10	<i>Generazione dei file ARF</i>	19

Indice delle figure

Figura 4-1: NuSTAR - Schema logico	15
Figura 4-2: Diagramma di flusso pipeline NuSTAR	17

Indice delle tabelle

Tabella 1-1: Registro delle Edizioni e delle Revisioni	3
Tabella 1-2: Distribuzione del documento	3
Tabella 3-1: NuSTAR - Lista delle possibili aree funzionali	9
Tabella 3-2: NuSTAR - Lista delle possibili classi dei requisiti	9

1 Introduzione

1.1 Struttura del Documento

Il presente documento e' strutturato come segue:

- Il **Capitolo 1** fornisce un'overview dell'intero documento, riportando informazioni riguardo lo scopo, la struttura del documento, la lista degli acronimi e dei termini usati.
- Il **Capitolo 2** fornisce una descrizione generale della missione NuSTAR e riporta le funzioni e il contesto del sistema NuSTAR e dei suoi sottosistemi nell'ambito di SSDC.
- Il **Capitolo 3** fornisce le specifiche di progetto e di sviluppo dei componenti software relativi al Progetto NuSTAR in SSDC.
- Il **Capitolo 4** fornisce l'architettura ad alto livello del software applicativo relativo al Progetto NuSTAR in SSDC e descrive le funzioni dei task del software sviluppato e implementato.

1.2 Acronimi

Questo paragrafo contiene la lista degli acronimi utilizzati nel documento.

ARF	Ancillary Response File
ASDC	ASI Science Data Center
ASI	Agenzia Spaziale Italiana
Caltech	California Institute of Technology
DA	Documento Applicabile
DAS	Data Archive System
DBSI	DataBase System Ingest
DEL	'Deliverable' (documento da consegnare)
DR	Documento di Riferimento
DTS	Data Transfer System
FB	Focal Plane Bench Frame
FITS	Flexible Image Transport System
FPM	Focal Plane Module
GRB	Gamma-ray Burst
GTI	Good Time Intervals
HEASARC	High Energy Astrophysics Science Archive Research Center
HEASoft	Software per l'elaborazione dei dati astronomici distribuito da HEASARC
HW	Hardware
NUSTAR	Nuclear Spectroscopic Telescope Array Mission
NUSTARDAS	NuSTAR Data Analysis Software
PI	Pulse Invariant
PHA	Pulse Height Amplitude
PSF	Point Spread Function
SIS-OS	Supporto Informatico Specialistico – Operativo Scientifico
SIS-SM	Supporto Informatico Sistemistico – System Management
SSDC	Space Science Data Center

SW	Software
TPZ	Telespazio S.p.A.
WP	Work Package
WPD	Work Package Description

2 Missione NuSTAR

2.1 Panoramica

NuSTAR (*Nuclear Spectroscopic Telescope Array*) è una missione internazionale della NASA con enti e aziende statunitensi, con una partecipazione italiana (ASI) e danese (DTU, *Technical University of Denmark*) per lo studio del cielo nella banda X dura (fino ad energie di circa 80 keV).

La missione NuSTAR, nell'ambito del programma SMEX (Small Explorers) della NASA, è guidata dal California Institute of Technology (Caltech) e gestita dal Jet Propulsion Laboratory della NASA (JPL).

Il satellite è stato lanciato a giugno 2012. La partecipazione italiana include l'utilizzo della base di Malindi (ASI) e, attraverso SSDC, lo sviluppo del software scientifico di analisi dati dello strumento, lo sviluppo di un simulatore di dati scientifici del telescopio e la realizzazione dell'archivio dei dati scientifici della missione, di cui SSDC ospita un mirror ufficiale.

2.2 Il ruolo di SSDC per la missione NUSTAR

Le attività SSDC per la missione NuSTAR derivano da impegni istituzionali (accordi internazionali tra l'ASI e la NASA) ed allo stesso tempo costituiscono un supporto alla comunità scientifica nazionale ed internazionale. L'inserimento di SSDC nel progetto riguarda:

- Progettazione, sviluppo e test del software di riduzione dei dati della missione NuSTAR (pacchetto NuSTARDAS, NuSTAR Data Analysis Software) in collaborazione con il team di NuSTAR presso il Caltech; invio del software al Science Operation Center (SOC) di NuSTAR, presso Caltech, dove viene inserito nella pipeline ufficiale di processamento dei dati scientifici per la generazione dell'archivio.
- Acquisizione di tutti i dati di NuSTAR prodotti al SOC e organizzazione dell'archivio scientifico SSDC.
- Creazione e/o acquisizione dagli hardware team dei file di calibrazione dello strumento NuSTAR, definizione del formato, creazione del database dei file di calibrazione (CALDB) al quale accede il software NuSTARDAS.
- Contributo allo sviluppo del software e delle pagine Web utilizzate per distribuire i dati di NuSTAR.
- Stesura della "User Guide" del pacchetto software NuSTARDAS in collaborazione con il team del SOC di NuSTAR presso il Caltech. Documentazione che descrive il CALDB per la missione NuSTAR.
- Sviluppo di un codice per la simulazione scientifica delle osservazioni di NuSTAR. Il codice produce liste di eventi utilizzando le specifiche dello strumento (matrici di risposta strumentali, Point Spread Function, background strumentale, background cosmico, ecc.). In una prima fase tale simulatore permette di studiare le potenzialità della missione. In una fase successiva è di supporto alla comunità scientifica (e.g. verifica della fattibilità delle osservazioni proposte); contributo allo sviluppo dell'interfaccia Web del simulatore che permette di utilizzarlo come tool on-line di SSDC.

Le attività contrattuali per la missione NuSTAR sono:

- Progettazione, sviluppo e test del software di riduzione dei dati della missione NuSTAR (pacchetto NuSTARDAS, NuSTAR Data Analysis Software)
- Gestione del sistema di acquisizione, archiviazione e distribuzione dei dati scientifici di missione

2.3 I sottosistemi SSDC per la missione NUSTAR

I sottosistemi dell'infrastruttura informatica di SSDC dedicati alla missione NuSTAR sono:

- I sottosistemi per l'acquisizione e archiviazione dei dati di NuSTAR;
- Il sottosistema per il software scientifico NuSTARDAS per l'Analisi Dati della missione NuSTAR.

Per una descrizione dell'architettura dei sottosistemi elencati si fa riferimento al Paragrafo 4 .

3 Requisiti

3.1 Nomenclatura e tipologia dei requisiti

Per esigenze di tracciabilità, a ogni requisito è associato univocamente un identificativo rappresentato secondo la seguente notazione:

<progetto>-<funzione>-<tipo>-<progressivo>

Dove:

- **<progetto>**:= "NUSTAR"
- **<funzione>**:= componente funzionale del sistema NUSTAR, come definito nella Tabella 3-1
- **<tipo>**:= classe o tipologia del requisito secondo lo schema presentato nella Tabella 3-2 **Error! Reference source not found.**
- **<progressivo>**:= numero intero compreso nell'intervallo (0000-9999)

Funzione	Elemento funzionale
SYS	Sistema
NUSTARDAS	Software scientifico NuSTARDAS

Tabella 3-1: NuSTAR - Lista delle possibili aree funzionali

Tipo	Classe del requisito
FUN	funzionale
INT	interfaccia
OPR	operazionale
RSC	risorse (resource)
SEC	sicurezza (security)
RAM	Mantenibilità, disponibilità, affidabilità (reliability, availability, maintainability)

Tabella 3-2: NuSTAR - Lista delle possibili classi dei requisiti

3.2 Requisiti di sistema

NUSTAR-SYS-RSC-0010

Risorse HW

Il software applicativo sviluppato per il Progetto NUSTAR deve essere installato e operativo su una piattaforma HW progettata, configurata e operativa presso SSDC.

NUSTAR-SYS-FUN-0010

Archiviazione dei dati

Deve essere possibile archiviare, in modo permanente, i dati processati, output del software applicativo sviluppato per il Progetto NUSTAR.

NUSTAR-SYS-INT-0010**Accesso locale**

Deve essere possibile un accesso locale interattivo al software applicativo sviluppato per il Progetto NUSTAR, permesso solo agli utenti accreditati.

NUSTAR-SYS-INT-0020**Integrazione nell'infrastruttura informatica SSDC**

Il sottosistema (HW e SW) dedicato al software applicativo sviluppato per il Progetto NUSTAR, deve essere integrato ai sottosistemi esistenti dell'infrastruttura informatica di SSDC.

NUSTAR-SYS-SEC-0010**Back-up e ripristino**

SSDC deve garantire il back-up e ripristino dei Sistemi dedicati al Progetto NUSTAR.

NUSTAR-SYS-RAM-0010**Reliability, Availability**

Il Sistema dedicato a NUSTAR deve avere la capacità di risposta a problemi imprevisti (reliability, availability)

NUSTAR-SYS-RAM-0020**Gestione**

SSDC deve gestire l'intera infrastruttura informatica dedicata al Progetto NUSTAR, garantendo il corretto funzionamento dei sistemi.

NUSTAR-SYS-RAM-0030**Mantenimento**

SSDC deve poter garantire il controllo di configurazione del SW sviluppato per il Progetto NUSTAR.

3.3 Requisiti del SW applicativo NuSTARDAS

NUSTAR-NUSTARDAS-FUN-0010**SSDC**

SSDC è responsabile dello sviluppo, implementazione e gestione del pacchetto software (NuSTARDAS) per la riduzione dei dati scientifici del satellite NuSTAR.

NUSTAR-NUSTARDAS-FUN-0010**NUSTARDAS – Scopo**

Il software NuSTARDAS deve generare prodotti scientifici di alto livello dai dati di telemetria in formato FITS.

NUSTAR-NUSTARDAS-FUN-0030**Criterio di progettazione**

Il software NuSTARDAS deve essere progettato come un insieme di task, ciascuno dedicato a una singola funzione. Uno script principale, 'nupipeline', deve essere sviluppato per eseguire, in sequenza, tutti i task per il processamento dei dati.

NUSTAR-NUSTARDAS-FUN-0040**Task del software**

Il software NuSTARDAS deve processare e ridurre i dati di telemetria non calibrati (Livello 1) per generare i file di dati calibrati e ripuliti (Livello 2) e, successivamente, i prodotti scientifici di alto livello (Livello 3).

Il processo di riduzione dati per la preparazione all'analisi scientifica, deve comprendere le seguenti fasi:

- **Fase 1** - Calibrazione: processamento dei file di telemetria, in formato FITS, per produrre i file di eventi calibrati (Livello 1a)
- **Fase 2** - Screening dei dati: filtraggio dei file di eventi calibrati per produrre file di eventi puliti (Livello 2), adatti all'analisi scientifica

- **Fase 3** - Estrazione dei prodotti: estrazione dei prodotti scientifici di alto livello (Livello 3, come curve di luce, spettri, immagini, mappe di esposizione) dai file di eventi puliti

NUSTAR-NUSTARDAS-FUN-0050

Livello dei dati

Le fasi del processamento devono gestire/produrre dati scientifici dei seguenti livelli:

- Livello 1: pacchetti grezzi di telemetria in formato FITS
- Livello 1a: file di eventi calibrati
- Livello 2: file di eventi calibrati e puliti (screening)
- Livello 3: prodotti scientifici di alto livello (curve di luce, spettri, immagini, mappe di esposizione)

NUSTAR-NUSTARDAS-FUN-0060

Fase 1 - Calibrazione

Il processo di calibrazione deve comprendere almeno le seguenti attività:

- Identificazione dei bad pixel
- Identificazione degli hot pixel
- Calibrazione dell'energia del fotone
- Calcolo delle coordinate celesti e trasformazione di coordinate

NUSTAR-NUSTARDAS-FUN-0070

Fase 1/task - Identificazione dei bad pixel

Un task del software NuSTARDAS deve identificare e contrassegnare con un flag gli eventi anomali (bad pixel). Devono essere considerati sia i bad pixel trasferiti al satellite, ed eliminati a bordo, sia i bad pixel identificati nel file di calibrazione a terra, ma non trasferiti.

Tutti i bad pixel devono essere inclusi nel file di eventi calibrato, output della fase 1 del processo di riduzione.

NUSTAR-NUSTARDAS-FUN-0080

Fase 1/task - Identificazione degli hot pixel

Un task del software NuSTARDAS deve identificare e contrassegnare con un flag i pixel anomali (hot), affinché non siano considerati durante la fase 2 di screening dei dati. Devono essere considerati come hot pixel quelli che possono presentare uno stato di rumore instabile: se il segnale è molto più grande del livello di background, i pixel appaiono come segnali di pixel isolati.

NUSTAR-NUSTARDAS-FUN-0090 Fase 1/task - Ricostruzione dell'evento e assegnazione Grade

Una frazione significativa degli eventi può avere una carica divisa tra pixel multipli. La carica totale di un evento deve essere ricostruita sommando tutti i valori individuali del blocco pixel 3x3 (pixel centrale e 8 pixel dell'intorno). Per ogni evento il pattern (o grade) di distribuzione della carica deve essere assegnato seguendo una libreria di classificazione specifica.

Un task del software NuSTARDAS deve essere sviluppato da SSDC per ricostruire gli eventi, calcolare la carica totale degli eventi e assegnare ad essi un pattern di distribuzione di carica. Gli output del task devono essere archiviati nel file di eventi di output.

NUSTAR-NUSTARDAS-FUN-0100

Fase 1/task - Correzione del guadagno

Deve essere eseguita una conversione della carica di ogni evento da unità elettroniche ("Pulse Height Amplitude", PHA) in unità d'energia ("Pulse Invariant", PI). La conversione tra carica di segnale ed energia del fotone deve essere dipendente dal pixel. Inoltre, deve essere considerata un'evoluzione temporale del guadagno.

Un task del software NuSTARDAS deve essere sviluppato da SSDC per calcolare i valori d'energia degli eventi. I valori calcolati devono essere archiviati nel file di eventi di output.

NUSTAR-NUSTARDAS-FUN-0110

Fase 1/task - Trasformazione di

coordinate

Una conversione delle coordinate di ogni evento dalle coordinate nel detector alle coordinate celesti deve essere effettuata usando le informazioni di assetto del satellite. L'immagine generata deve essere una proiezione standard del piano tangente del cielo. Deve essere inoltre considerata l'informazione ottenuta da un sistema di metrologia laser (un dispositivo a bordo del satellite per monitorare l'allineamento tra il piano focale dei sensori e gli assi ottici del sistema di specchi) per calcolare una posizione accurata dell'evento.

Un task del software NuSTARDAS deve essere sviluppato da SSDC per calcolare le coordinate celesti degli eventi. I valori calcolati devono essere archiviati nel file di eventi di output.

NUSTAR-NUSTARDAS-FUN-0120

Fase 2 – Screening dei dati

Il processo di screening deve comprendere almeno le seguenti attività:

- Generazione del file di filtro
- Calcolo dei Good Time Intervals (GTIs), su base di espressioni booleane
- Filtraggio dei dati del file d'evento, usando i GTIs.

NUSTAR-NUSTARDAS-FUN-0130

Fase 2 – Screening dei dati

I task software da sviluppare per la creazione dei GTI file e il processo di screening, devono far uso dei tools multi-missione "prefilter", "makefilter", "maketime" e "xselect" sviluppati presso HEASARC e distribuiti nel pacchetto HEASoft.

NUSTAR-NUSTARDAS-FUN-0140

Fase 2 – Screening criteria

I file di eventi calibrati devono essere filtrati applicando dei criteri di pulizia in base a parametri specifici d'assetto, orbitali e dello strumento. A tal fine, devono essere generati, dal file di filtro, i Good Time Intervals (GTI), basati su parametri d'assetto e orbitali e sui parametri HK dello strumento. Inoltre, deve essere eseguito uno screening dei dati basato sulle proprietà dell'evento (e.g il pattern della carica) per produrre i file di eventi puliti.

NUSTAR-NUSTARDAS-FUN-0150

Fase 3 – Estrazione dei prodotti

Il processo di estrazione dei prodotti deve comprendere almeno le seguenti attività:

- Generazione delle mappe di esposizione, archiviando, per una data osservazione, il tempo netto di esposizione per pixel del cielo. Il processo deve far uso del tool multi-missione imagertrans, sviluppato presso HEASARC e distribuito nel pacchetto HEASoft.
- Generazione dei prodotti scientifici di alto livello (immagini, spettri energetici, curve di luce) usando come input il file di eventi calibrato e su cui è stato eseguito il processo di screening (Livello 2). Il processo deve far uso del tool multi-missione xselect, sviluppato presso HEASARC e distribuito nel pacchetto HEASoft.
- Calcolo del file ARF (OGIP-compliant Ancillary Response File) per un dato spettro e matrice di risposta, adatto al fitting dei dati spettrali; Il calcolo dei file deve tener conto del vignetting del telescopio e delle correzioni PSF (Point Spread Function).

NUSTAR-NUSTARDAS-FUN-0160

I/O formato

Il software NuSTARDAS deve usare come dati d'ingresso e uscita, file di dati in formato FITS, secondo gli standard NASA-OGIP.

NUSTAR-NUSTARDAS-FUN-0170

Input file

I file di input della pipeline NuSTARDAS devono essere i file di telemetria ("science files" e "auxiliary files") e i file di calibrazione.

NUSTAR-NUSTARDAS-FUN-0180

Input file - Auxiliary files

Gli "auxiliary files" sono in formato FITS e comprendono:

- ACS file (dati del sistema di controllo di assetto del satellite)
- Orbit file (dati dell'orbita del satellite)
- Housekeeping files
- Science filtering file

NUSTAR-NUSTARDAS-FUN-0190

Output file

I file di output comprendono:

- File di eventi pulito
- Housekeeping File
- Prodotti scientifici
- Log del processamento

NUSTAR-NUSTARDAS-FUN-0200

Output file - Compatibilità

I dati di Livello 2 e Livello 3, output della NuSTARDAS pipeline, devono essere compatibili con i pacchetti software per analisi dati nell'ambito dell'astronomia delle alte energie (e.g. XSELECT, XSPEC, XIMAGE, XRONOS).

NUSTAR-NUSTARDAS-FUN-0210

Log-book

Il software deve fornire un log dell'esecuzione di ogni task.

NUSTAR-NUSTARDAS-FUN-0220

Log output file - Formato

Le principali informazioni del log devono essere incluse nei file di output in formato FITS.

NUSTAR-NUSTARDAS-FUN-0230

Log output file - Contenuti

Il log del processamento deve contenere almeno le seguenti informazioni:

- Nome utente
- Nome del host computer
- Data del processamento
- Nome e versione del task
- I parametri richiesti dal task
- Messaggi di allerta ed errore
- Informazioni base sul processamento dei file di Livello 1
- L'indicazione dell'esito del processamento di un task (succeeded/failed)
- Informazione sui file di calibrazione usati dal task
- Parametri che influenzano il risultato del processamento.

NUSTAR-NUSTARDAS-FUN-0240

Riprocessamento dati

Il software NuSTARDAS deve permettere agli utenti il ri-processamento dei dati di Livello 1 e 2.

NUSTAR-NUSTARDAS-INT-0010

I/F - SDC

Il software NuSTARDAS deve essere inviato al Science Operation Center (SOC) di NuSTAR, presso Caltech dove è integrato nella pipeline ufficiale di processamento dei dati.

NUSTAR-NUSTARDAS-INT-0020

I/F - HEASoft / integrazione

Il software NuSTARDAS deve essere integrato nel pacchetto SW HEASoft, distribuito alla comunità scientifica per l'elaborazione dei dati di astronomia ad alte energie.

NUSTAR-NUSTARDAS-INT-0030

I/F - HEASoft / compatibilità

Il software NUSTARDAS deve essere totalmente compatibile con il pacchetto SW HEASoft. A tal fine, i moduli SW devono essere scritti nello stile di FTOOLS o XANADU e lo script "Makefile" deve essere definito come nel pacchetto SW HEASoft.

NUSTAR-NUSTARDAS-INT-0040

I/F - Parametri

L'interfaccia dei parametri deve essere implementata con la libreria PIL (Parameter Interface Library). L'interfaccia per i dati di input/output (FITS data file) deve far uso della libreria FITSIO. Entrambe le librerie sono distribuite con il pacchetto HEASoft

NUSTAR-NUSTARDAS-INT-0050

I/F - CALDB

I task del software NuSTARDAS devono essere in grado di recuperare i file di calibrazione appropriati, contenuti nel database di calibrazione di HEASARC (CALDB).

NUSTAR-NUSTARDAS-INT-0060

I/F - man/machine

Ogni task deve poter essere eseguito mediante linea di comando UNIX e quindi utilizzando un linguaggio di scripting (perl, tcl, shell).

NUSTAR-NUSTARDAS-PRF-0010

Performance

La velocità di esecuzione deve essere sufficiente per permettere l'uso interattivo.

NUSTAR-NUSTARDAS-RAM-0010

Portabilità

Il software NuSTARDAS deve poter girare sulle più comuni piattaforme UNIX (e.g. Linux e Mac OS X), seguendo gli standard di programmazione degli FTOOLS e pertinenti agli standard NASA-OGIP.

NUSTAR-NUSTARDAS-RAM-0020

Portabilità - release del SW

Tutte le release del software devono essere testate sulle principali piattaforme UNIX supportate.

NUSTAR-NUSTARDAS-RAM-0030

Portabilità

La compatibilità con sistemi di analisi esistenti deve essere ottenuta adottando gli standard OGIP per i contenuti dei file FITS.

NUSTAR-NUSTARDAS-RSC-0010

Risorsa SW

Il codice SW deve utilizzare esclusivamente software di tipo open source e deve essere scritto per la maggior parte nei linguaggi di programmazione C, Perl e FORTRAN.

NUSTAR-NUSTARDAS-RSC-0020

Tool X-ray multi-missione

Il software NuSTARDAS deve usare i pacchetti software del tool multi-missione:

- FTOOLS - Funzioni per la manipolazione dei file di tipo OGIP, in format FITS
- XSELECT - Tool per filtrare e generare immagini, spettri, curve di luce dai file di eventi
- XSPEC - X-ray spectral analysis software
- XIMAGE - X-ray image analysis software
- XRONOS - X-ray timing analysis software
- CALDB - OGIP Calibration Database software

4.2 Acquisizione e archiviazione dati

I dati scientifici della missione NuSTAR sono inviati ad SSDC da Caltech, attraverso il Data Transfer System (DTS), un pacchetto sw sviluppato e fornito da HEASARC. Il sistema DTS permette la ricezione dei dati scientifici della missione NuSTAR e l'aggiornamento dell'archivio presente in SSDC.

Il sistema DTS è così composto:

- *Data Transfer System (DTS)* – protocollo di trasferimento usato nel progetto NuSTAR per il trasferimento dei dati scientifici tra i centri dati della missione;
- *Data Archive System (DAS)* – sistema che si occupa di trasferire i dati dall'area di sosta del DTS alla destinazione finale nell'archivio in SSDC;
- *Database System Ingest (DBSI)* – si occupa dell'aggiornamento delle tabelle del database di gestione dei dati

Il sistema DTS gira totalmente in automatico, generando e-mail per il trigger dell'attività successiva (i.e. il DTS invia una e-mail per far partire il DAS che a sua volta invia una email per far partire il DBSI). Il sistema inoltre invia, via e-mail, i logs di tutti i trasferimenti effettuati e/o eventuali malfunzionamenti.

Una volta archiviati i dati nel database di missione, si avvia, in automatico, il sistema di allineamento del database dell'Archivio Multimissione, ospitato nel sito Web SSDC, per la distribuzione e l'analisi interattiva.

4.3 NuSTAR Data Analysis Software

Il software NuSTARDAS per l'analisi dati della missione NuSTAR è sviluppato, mantenuto e aggiornato di SSDC in collaborazione con Caltech.

Il pacchetto NuSTARDAS consiste in una pipeline di processamento che integra dei moduli, detti tasks, che compiono le operazioni necessarie per passare dai dati di livello 1 (raw data) a quelli di livello 2 (dati ripuliti e calibrati) e di livello 3 (prodotti scientifici: curve di luce, spettri, immagini delle sorgenti rivelate).

Il lavoro di aggiornamento del sw prevede una continua attività di modifica, validazione e verifica dei tasks già sviluppati e operativi. Lo sviluppo di nuovi tasks e/o le modifiche a quelli già esistenti nascono da precise esigenze scientifiche ed emergono dai collaboration meetings della comunità NuSTAR.

Una volta modificato in SSDC, il pacchetto software NuSTARDAS è messo a disposizione di Caltech tramite commit sul server CVS dedicato presso SSDC.

Il diagramma di flusso della pipeline di processamento dati è riportato in Figura 4-2.

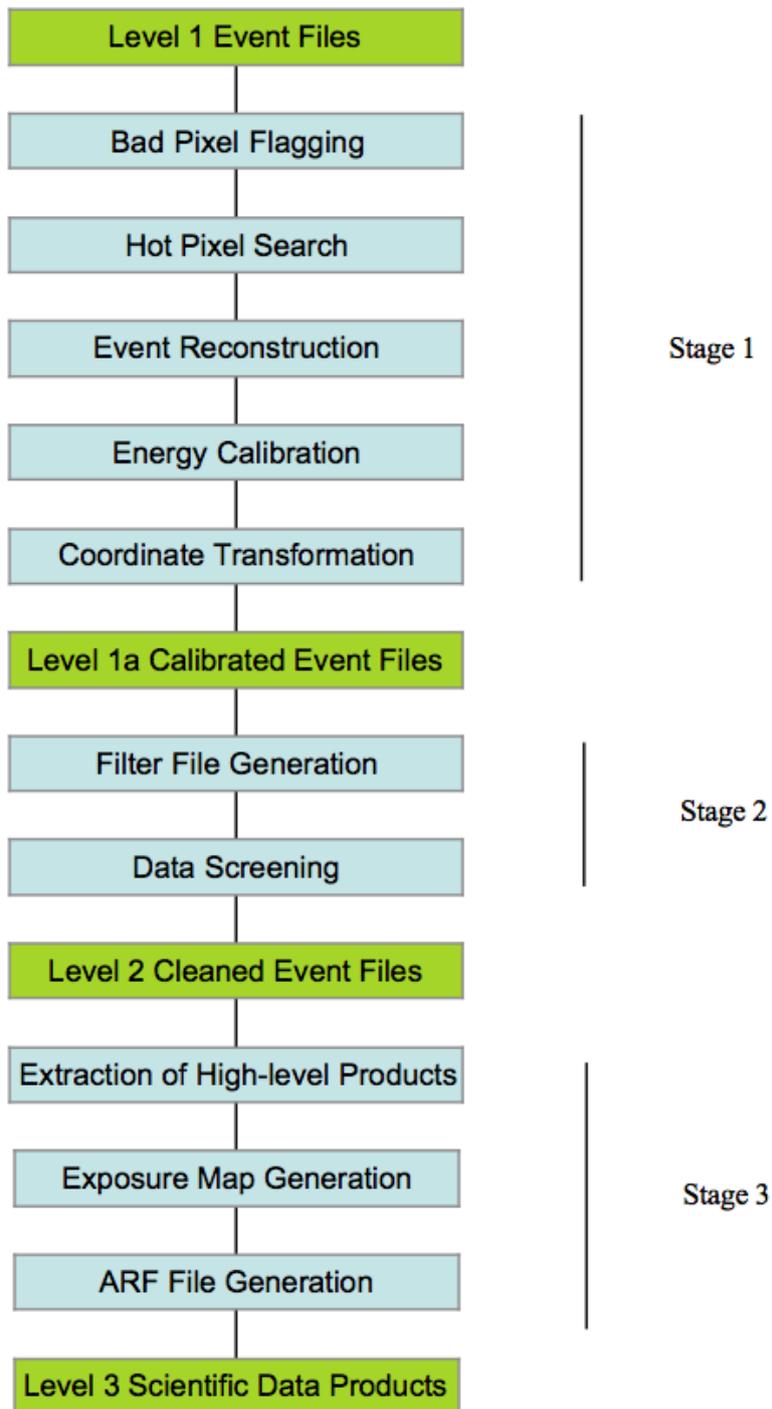


Figura 4-2: Diagramma di flusso pipeline NuSTAR

4.3.1 Identificazione dei bad pixel

Il task del software NuSTARDAS preposto all'identificazione e flag dei bad pixel legge in input tre files:

- Il file di calibrazione Bad Pixel, a terra, che include le informazioni aggiornate sui bad pixel noti
- Il file di calibrazione Bad Pixel, a bordo, che include la lista dei bad pixel contrassegnati a bordo
- Un file con lo stesso formato dei file di calibrazione Bad Pixel a terra, con la lista dei bad pixel forniti dall'utente

I bad pixel sono archiviati in un'estensione del file di eventi di output della fase 1. L'estensione contiene le informazioni sulla posizione (RAW coordinates), sul tempo (TIME), e una colonna ("BADFLAG"), con formato numerico binario a 16 bit, che indica il tipo di bad pixel.

4.3.2 Identificazione degli hot pixel

Il task ricerca i pixel anomali eseguendo test statistici sui conteggi dell'immagine del sensore. In dettaglio, gli eventi, contenuti nel file input dell'evento, sono in principio immagazzinati in una immagine e i possibili hot pixel sono identificati comparando i conteggi in ogni pixel ai conteggi principali nell'immagine. In seguito, per ogni pixel, viene calcolata la probabilità che i suoi count siano una fluttuazione di Poisson del background; se la probabilità è più bassa di un limite stabilito, il pixel sarà considerato come un possibile hot pixel. Tutti gli hot pixel candidati sono comparati ai pixel che li circondano, contenuti in una cella quadrata dell'ordine del Point Spread Function (PSF) del telescopio, per riconoscere un hot pixel da un pixel della sorgente X-ray. Il task esegue anche il monitoraggio della variazione di tutti i count pixel mediante una funzione del tempo per distinguere i pixel flickering dagli hot pixel.

Tutti i pixel classificati come anomali sono contrassegnati con un flag nella colonna "STATUS" del file di eventi, come un numero binario di 16 bit, e archiviati in un'estensione specifica del file di eventi.

4.3.3 Ricostruzione dell'evento e assegnazione del Grade

Il task ha in carico la ricostruzione degli eventi, il calcolo della carica totale degli eventi e l'assegnazione a essi di un pattern di distribuzione di carica.

In dettaglio, il task legge per ogni evento dal file di eventi in input le due colonne relative ai 9 valori di carica (della matrice quadrata 3x3 del pixel) prima del trigger (colonna 'PREPHAS') e dopo (colonna 'POSTPHAS') e sottrae il valore della prima da quello della seconda. Successivamente applica all'energia l'offset dei capacitori e la correzione del tempo di salita. Infine, il task calcola il valore PHA sommando tutti i valori dei pixel con energia superiore ad una soglia stabilita, e assegna il valore di GRADE secondo un pattern definito in un apposito file di CALDB.

4.3.4 Calibrazione dell'energia

Il task ha in carico la conversione della carica di ogni evento dall'unità elettronica ("Pulse Height Amplitude", PHA) nell'unità energetica ("Pulse Invariant", PI). La conversione da carica del segnale ad energia del fotone è dipendente dal pixel, dal grade e dalla temperatura. In aggiunta, è inclusa anche una evoluzione temporale del guadagno.

4.3.5 Trasformazione di coordinate

Il task ha in carico il calcolo delle coordinate celesti degli eventi a partire dalle coordinate di detector.

Il task legge le colonne 'RAWX' e 'RAWY' del file di eventi in input, specifiche di ognuno dei 4 detector che compongono il "Focal Plane Module" (FPM). Come primo passo, il task trasforma le coordinate RAW in un nuovo sistema di coordinate che fa riferimento al "Focal Plane Bench Frame" (FB). Questo primo passo include la definizione di una nuova dimensione del pixel e la correzione della posizione dei pixel del detector secondo quanto definito in uno specifico file delle posizioni di CALDB. Le nuove posizioni calcolate sono memorizzate in due nuove colonne 'DET1X' e 'DET1Y' del file di eventi.

Successivamente il task applica una rototraslazione dipendente dal tempo derivante dal sistema di metrologia del laser. Le nuove coordinate sono memorizzate in due nuove colonne 'DET2X' e 'DET2Y' e fanno riferimento al "Optics Bench Frame" (OB).

Infine il task calcola le coordinate celesti utilizzando le informazioni di assetto del satellite e le memorizza in due nuove colonne 'X' e 'Y'.

4.3.6 Generazione del file di filtro

Il task del software NuSTARDAS legge in input i file, in formato FITS, di housekeeping, di assetto e orbitali del satellite e genera un file di filtro raggruppando tutte le informazioni. Il task fa uso del tool multi-missione ("prefilter" e "makefilter") sviluppato presso HEASARC e distribuito nel pacchetto HEASoft.

4.3.7 Screening dei dati

Il processo di screening comprende i seguenti task:

- generare un GTI (Good Time Intervals) file basato su parametri d'assetto, orbitali e di HK dello strumento,
- effettuare lo screening dei dati usando i file GTI generati
- effettuare lo screening degli eventi usando una selezione delle loro proprietà (e.g. valori delle colonne "STATUS" e "GRADE").

Per la creazione dei file GTI e il processo di screening, il task fa uso dei tool multi-missione maketime and xselect, entrambi sviluppati in HEASARC.

4.3.8 Generazione della mappa di esposizione

Il task del software NuSTARDAS genera le mappe di esposizione per un'osservazione data. In dettaglio, il task crea inizialmente una mappa dello strumento in coordinate grezze ("RAW" system) dove bad e hot pixel sono contrassegnati. In seguito, il task trasforma l'immagine in coordinate "RAW" in un'immagine nel sistema "SKY", seguendo la stessa procedura applicata per la trasformazione di coordinate del file di eventi. In particolare, per trasformare le mappe dello strumento da coordinate "DET" a "SKY", il task fa uso del tool multi-missione *imagertrans*.

4.3.9 Estrazione dei prodotti di alto livello

Il task del software NuSTARDAS estrae i prodotti dei dati scientifici di alto livello (spettri, curve di luce, immagini) usando come input il file di eventi calibrato e sottoposto al processo di screening.

In dettaglio, il task estrae immagini, curve di luce e spettri, facendo uso del tool HEASoft multimissione xselect che può essere configurato per ogni nuova missione o strumento, che non richieda routine specifiche di missione, semplicemente editando il file database di missione.

4.3.10 Generazione dei file ARF

Il task del software NuSTARDAS produce ARF file (OGIP-compliant Ancillary Response File), adatto al fitting di dati spettrali. In dettaglio, il task calcola i file ARF, che contengono l'area effettiva dello strumento come una funzione dell'energia, dal file di risposta nominale sull'asse nel database di calibrazione considerando il vignetting del telescopio e le correzioni Point Spread Function (PSF). Queste correzioni dipendono dalla posizione della sorgente nel sensore dello strumento, dalla regione di spazio usata per estrarre il suo spettro di energia e le imperfezioni del sensore (e.g. bad pixel) all'interno delle regioni di estrazione.