

# 다중센서데이터 융합시스템 개발의 제품 계열적 접근에 관한 사례연구

홍기삼, 윤희병  
국방대학교 전산정보학과  
e-mail : iamhongsam@hanmail.net

## Case Study in Applying Product-Line Approach for Developing the Multi-Sensor Data Fusion System

Kisam Hong, Heebyung Yoon  
Dept of Computer & Information Science, Korea National Defense University

### 요 약

다중센서데이터 융합시스템(MSDFS)은 여러 센서로부터 획득된 이질의 데이터를 정규화된 포맷으로 융합하고 단일 센서에서의 획득오차를 최소한으로 줄여 표적의 정확한 식별 및 판단을 지원하는 시스템이다. 이 시스템들은 고유의 기능을 수행하는 모듈들에 대한 고수준의 재사용성을 요구하므로, 현재의 소프트웨어공학 기법을 적용시 공통부분에 대한 효율적 설계가 어렵다. 따라서 본 논문에서는 시스템 개발에 이러한 비효율적인 요소를 제거하는 제품-계열 개발방법론을 MSDFS의 임베디드 소프트웨어 설계에 적용한다. 이를 위해 분석 대상에 대한 영역지정에서부터 재사용가능한 컴포넌트의 식별까지 설계 하며, 마지막으로 설계된 모델에 대한 검증을 위해 GQM 패러다임을 적용한다. 또한 산출물에 대한 성능평가 기준을 제시하여 시스템 개발을 효과적으로 향상시킬 수 있는 방안을 제시한다.

### 1. 서론

다중센서데이터 융합시스템(MSDFS)은 여러 센서로부터 획득된 이질의 데이터를 정규화된 포맷으로 융합하여 단일 센서에서의 획득오차를 최소한으로 줄이고 표적의 정확한 식별과 판단을 지원하는 기반 데이터를 제공하도록 제작된 시스템이다. 이러한 MSDFS는 여러 유사한 데이터를 처리하는 부분들로 구성되어 고수준의 재사용성(Reusability)이 요구된다. 하지만 현재의 시스템 공학은 시스템 개발에 있어 비유동적이고, 중복된 시스템을 이끌어낼 수밖에 없으므로, MSDFS 개발시 이러한 비효율적인 요소를 제거하는 제품-계열적 접근이 필요하다. 제품-계열 개발방법은 다중시스템 공학으로서 대표된다. 이는 동종의 응용 도메인 내에서 시스템간의 공통점과 차이점을 기반으로 개발된다[1,4].

본 논문에서는 중복특성을 가지고 있는 시스템 개발에 효율적인 제품-계열 개발방법론을 고찰하고, 시스템 개발시 얻을 수 있는 장점을 도출함으로써 MSDFS 개발 기반을 마련하고자 한다. 이를 위해 MSDFS에 제품-계열 개념을 적용하게 된 동기와 이를 통해 얻을 수 있는 장점을 도출하고, MSDFS

에 대한 기본구조를 분석한다. 또한 MSDFS의 제품-계열 공학을 적용한 개략적 Feature 모델과 개념적 아키텍처 모델을 제안하고, GQM 방법을 이용하여 제안된 모델에 대한 검증 결과를 제시한다.

### 2. MSDFS의 제품-계열적 접근

#### 2.1 제품-계열 개발방법론

S/W 생산기술로 최근 각광받고 있는 제품-계열 공학은 미국 CMU SEI와 독일의 IESE 연구소를 중심으로 유럽에서 많이 연구되고 있다. PLE(Product Line Engineering)는 크게 두 가지 단계로 나뉘 볼 수 있다. 첫 번째 단계는 제품-계열내의 핵심자산(Core Asset)을 구축하는 단계이고, 두 번째 단계는 핵심 자산으로부터 개별 제품을 생산하는 단계이다. 기존의 CBD (Component Based Development)와 다른 점은 재사용 자산을 도메인 분석과 제품 패밀리 분석을 통해 공통의 아키텍처로 구축한다는 것과 제품 생산 과정에서 핵심자산의 공통성과 가변성을 이용하여 제품을 생산한다는 것이다[1].

#### 2.2 동기

MSDFS의 개념적 구조는 이중의 다중센서로부터 획득되는 데이터가 개별적인 제어부(DSP:Digital Signal

Processor)에 의해 정제되고 융합되어 DBMS에 저장되며 전시된다. 이것은 “센서-무선 중간매체(인터페이스)-DSP-전시”라는 제품-계열을 이중 센서의 수에 따라 형성된다. 이러한 특성에 제품-계열 개념을 적용하여 얻을 수 있는 특징을 살펴보면, H/W적으로는 S/W 실행 및 다른 H/W와의 인터페이스를 위한 제어 유닛의 재사용이 가능하다는 점, S/W적으로는 상위레벨의 어플리케이션에 대한 센서데이터의 측정, 변환, 정제, 평가, 전시 등의 일련의 S/W 프로세스의 재사용이 가능하다는 점이다.

### 3. 다중센서데이터 융합체계 (MSDFS)

MSDFS는 다양한 센서로부터 획득된 자료를 처리하여 상황평가와 위협분석을 제공한다. 정보융합 기술은 최초로 작동되는 센서로부터 분석된 정보의 전시에 이르기까지 넓은 범위의 군사·항공응용에 대한 자료처리기술을 포함된다. 즉, 정보원으로부터의 유효한 자료의 획득, 전송, 통합, 선별, 일치화 과정을 의미한다. 정보융합은 단순한 무기체계에서부터 광범위한 지역을 다루는 대규모 정보처리체계에 이르기까지 모든 군사·항공체계 등에 필수적인 기술인 것이다.

#### 3.1 MSDFS 구조

이러한 다중센서데이터 융합체계의 핵심 구성요소가 [그림 1]에 나타나 있다[6].



[그림 1] MSDFS 구조

#### 3.2 센서

MSDFS에 연결되는 여러 이중의 센서들로서 일반적으로 해상 및 공중 표적을 탐지하여 비디오, 안테나 방위신호, 거리기준(Range Zero) 트리거 등의 표적정보를 제공해주는 표면 및 대공 레이더와 수중의 음탐 및 수중비디오자료 탐지를 위한 SONAR를 가정하였다. 이 센서들은 탐지거리와 분해능력 그리고 정확도에 따라 단펄스, 중펄스, 장펄스 모드를 지원한다.

#### 3.3 센서데이터 처리기

센서데이터 처리기는 연속적으로 빠르게 생성되는

대량의 데이터 흐름에 대한 처리기능을 제공하는 시스템이다. 이것은 센서의 등록 및 연결정보 관리, 센서데이터 소스관리, 센서데이터 브라우징, 그리고 센서데이터 로그의 관리기능을 수행하며, 센서데이터 접근 권한을 설정하여 보안성을 유지할 수 있어야 한다. 또한 센서데이터 저장관리기를 통해 타 체계와 상호연동 기능도 수행할 수 있어야 한다.

#### 3.4 센서데이터 저장관리기

센서데이터 저장관리기는 이중의 센서로부터 획득된 데이터를 통합·정제하여 정련된 데이터를 저장·관리하는 기능을 수행한다. 여기서 전시 및 전송은 XML데이터로 XML/Relation를 통해 변환 가능하고, 이러한 소스 데이터는 DBMS로 구성된다.

#### 3.5 센서스트림 관리기

센서스트림 관리기는 센서데이터 처리기로부터 들어오는 데이터 스트림에 대한 스키마, 입력 큐 관리 및 실제 연속질의(CQ) 파싱과 실행 계획수립, 스케줄링, 성능측정 등의 기능을 수행한다.

### 4. MSDFS의 제품-계열 공학적 접근

다음은 MSDFS 사례연구에 적용하기 위한 제품-계열 공학 프로세스들을 순서대로 나타낸다.

#### 4.1 영역지정

영역지정이란, 제품-계열 방법으로 개발하기로 계획한 S/W를 결정하고, 제품-계열에 대한 범위를 결정하는 과정으로 해당 도메인에 대한 전문지식을 바탕으로 각 제품이 갖고 있는 특징을 추출하는데, 이 특징은 주로 제품의 기능적인 측면을 말한 것이다[3]. MSDFS는 총 12가지의 기능범위를 정하였다. MSDFS 내부의 기능적 영역은 대공센서 처리기, 표면센서 처리기, 수중센서 처리기, 센서 스트림 관리기, 센서 융합기, 사용자 인터페이스, Control Support, Sensor RT Operation and Calibration, 센서 데이터 DBMS로 구성된다, 외부 영역으로는 센서데이터를 융합 후 타체계에 전송·분배 역할을 수행하는 분배시스템과 센서데이터 평가후 시스템 제어 역할을 수행하는 제한시스템으로 구성된다.

#### 4.2 요구사항 도출

범위로 선정된 MSDFS 제품계열의 요구사항을 이해하기 위해서는 도메인 분석과정을 거쳐야 한다. 즉, 이해관계자간 요구사항을 수집, 상세, 분류과정을 거쳐 정제하고, 특징 모델링 과정을 거친다. 이러한 요구사항을 도출하기 위해 이해관계자간 인터뷰와 설문지 조사가 널리 이용되고 있다. 이런 요구사항들을 더욱 구체적으로 도출하기 위한 방법으로 [그림 2]와 같이 유즈케이스 기반의 협동다이아그램

을 작성한다. 이 다이어그램은 MSDFS의 객체간 상호작용을 보여주고 있다. 이러한 과정을 거쳐 다음 [그림 3]와 같은 Feature 트리를 만들어 요구사항을 도출하고, 다음의 Feature 모델을 작성한다.

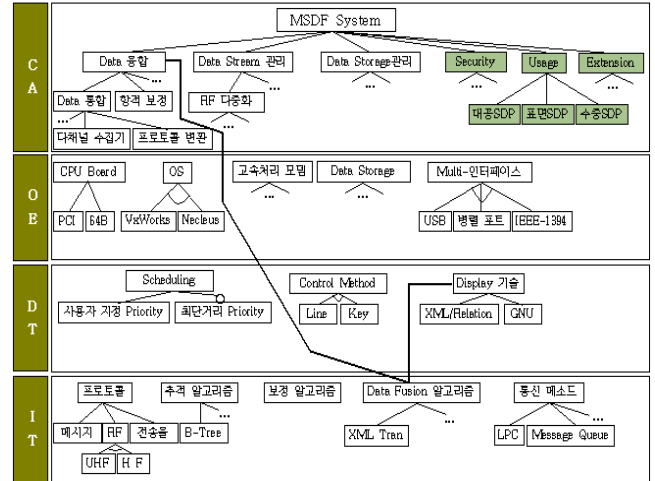


[그림 3] Feature of Scoped MSDFS

4.3 Feature Modeling

Feature는 시스템 또는 S/W의 주요한 특징, 성능, 상태, 품질 등 기능적, 비 기능적인 요소 뿐 아니라 모든 특징들을 포함한다. Feature 모델은 제품-계열 요구사항 분석의 핵심결과로 PL 구성의 기능적, 비 기능적인 요소뿐만 아니라 공통성과 변화성을 획득하고, 다양한 관점을 제공해 볼 수 있다. 사용자는 Feature 모델을 통해 제품-계열의 기능을 이해할 수 있고, 개발자들은 다양한 제품변화의 개발을 유도할 수 있다. [그림 4]은 MDSFS의 요구사항을 분석하여 Feature를 도출하고 이를 도식화한 것이다. CA (Capability)Layer에서는 고수준의 시스템 기능적 특징들이 분포한다. 데이터 융합과 스트림 관리, 저장장치 관리 등의 Feature를 도출하고 그 하위개념으로 항적보정 및 프로토콜 변환 등의 Feature들을 두었다. 또한 본 시스템의 중심인 대공, 표면, 수중 센서데이터 처리기를 수용하는 Usage Feature가 비기능적 측면에서 도출되었다.

이렇게 도출된 Feature들이 OE(Operating Environment) Layer에서 다중 인터페이스와 실시간 처리 프로세서 등의 구성으로 운용환경이 기반화 되어야 함을 보여주고, DT(Domain Technology)와 IT(Implementation Technique) Layer에서는 CA의 Feature를 구현하기 위한 기술과 기법들로써 컴포넌트 라이브러리로 구축될 요소들로 구성된다.



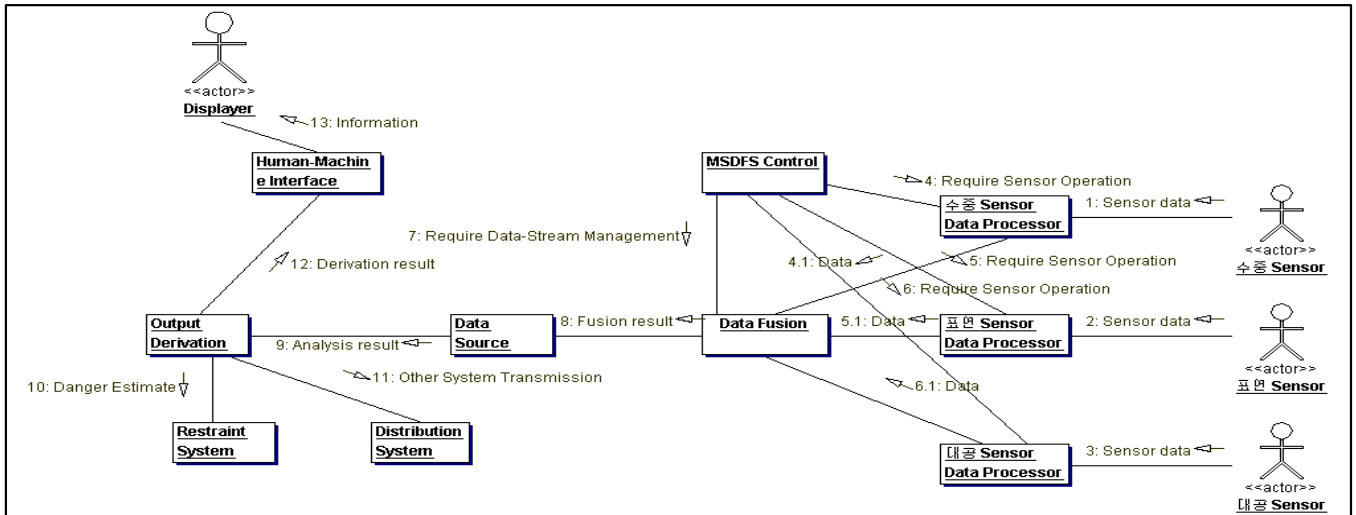
[그림 4] MSDFS의 Feature 모델

분석모델로서의 Feature 모델은 응용 시스템들 사이의 공통점과 차이점을 평가하기 위한 잣대로 사용될 수 있으며, 한 영역을 특성화하고 다른 영역들과 비교하기 위하여 사용될 수 있다.

4.4 재사용성 고찰

본 논문에서 배치 아키텍처로서 MSDFS의 하위시스템들을 간략히 분류해 보았다. MSDFS의 하위시스템들은 주 제어장치에 의해 실시간 처리되고 타 체계와의 연동부에 하위통제장치를 두어 실시간 병렬처리할 수 있는 기본구조를 갖고 있다.

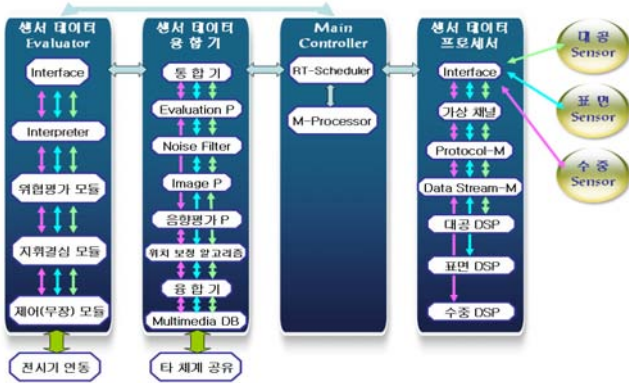
- Interface Manager : 이종의 다중센서에 대한 인터페이스
- Data Fusion : 통합데이터에 대한 보정 및 정련



[그림 2] 유즈케이스를 이용한 협동다이어그램

- S-DB Manager : 융합데이터에 대한 DB 관리
- Evaluation : 융합데이터에 대한 위협평가 수행
- Distribution : 융합데이터를 통한 위협평가 결과를 타 체계(무기체계, 항법장치)에 전달시키는 역할 수행
- Display, H/I : 최종 데이터에 대한 통합 전시

[그림 5]은 배치 하위시스템에서의 컴포넌트 재사용 예를 보여준다. 이종센서들로부터 획득된 데이터가 Interface 및 Protocol 관리자를 공유하고, 이에 대한 전체 데이터 흐름이 Main Controller에 의해 제어된다. 이처럼 아키텍처를 통해 각각의 처리기에 대한 공통점과 차이점을 쉽게 찾을 수 있다.



[그림 5] 하위시스템에서의 컴포넌트 재사용

### 5. 성능평가 (GQM)

다음은 이렇게 자산화된 객체들의 경험적 검증절차에 의한 평가부분이다. GQM 패러다임은 소프트웨어의 품질 측정의 중요한 수단으로서 제안되었다. 이 GQM의 첫 단계는 조직의 필요에 의해 잘 정립된 목표(Goal)를 설정하고, 이에 대한 측정기준을 정의하는 것이다[2]. 본 논문에서는 GQM을 통한 시스템 평가모델을 목표 및 각각의 목표에 대한 시나리오, 중요도/난이도, 가중치를 포함하여 [표 1]와 같이 설계하였다.

구분 (Goal)	시나리오	중요도/난이도	가중치	
가용성	공유 Level (Sensor Utilization 척도)	용용체계에 대한 센서공유가 최적화	H / H	6
	호환성	센서공유에 따른 Network Overhead에 대한 최적화	H / M	5
유지보수	성능개량	Multimedia DB의 다체계 전송기능 수행	M / M	4
	Code Reusability	위험보정 알고리즘 할당에 대한 성능개량 적용성	H / M	5
성능	다중-센서 관리	시스템별 성능개량시 아키텍처 재사용성 보장척도 보유 (CADM 시스템 구축)	H / H	6
	Control Platform	코드 성숙도(Code Maturity) 평가	M / M	4
보안성	DB 부결성	kLOC(1,000 Line Of Code)에 의한 Reusability 측정	H / M	5
	평가 결과	Gate-way를 통한 프로토콜 전환의 성능보장	H / H	6
		시간제약 조건을 고려한 실시간 Scheduler의 성능보장 (Hard-RT : 비예저분 스케줄러 알고리즘 평가)	H / H	6
		Multimedia DB Transaction 처리 정채 평가 (Through-put)	M / M	4
		메인 Stream data DB에 대한 접근허용 권한 보장	M / M	4

[표 1] GQM을 통한 시스템 평가모델

이를 살펴보면, MSDFS에서의 재사용 컴포넌트 비중이 높은 부분과 본 시스템에서의 중요 부분을

차지하고 있는 부분으로 센서 공유수준과 성능개량, 통제 플랫폼 부분으로 구분할 수 있다. 이에 대한 평가방법으로 센서 공유수준은 응용체계에 대한 센서 공유 최적화로서 이는 SU(Sensor Utilization)척도를 통해 산출될 수 있다[4]. 성능개량 부분은 아키텍처 재사용을 보장하기 위한 CADM (Core Architecture Data Model)평가를 통해 산출되며, 통제 플랫폼은 실시간성 보장 평가를 위해 비례-지분 스케줄러 알고리즘 평가방법으로 정량화할 수 있다[5].

### 6. 요약 및 결론

본 논문에서는 다중센서데이터 융합시스템(MSDFS) 개발을 위한 제품-계열 공학을 적용하였다. 분석 대상에 대한 영역지정과 유즈케이스 및 협동다이아그램을 통한 요구사항 분석, Feature 모델링, 시스템을 구성하는 개념적 아키텍처 도출. 또한 이를 통해 재사용 가능한 컴포넌트를 식별하였다. 마지막으로 이렇게 도출된 모델에 대한 검증을 위해 GQM 패러다임을 적용하여 산출물에 대한 성능평가 기준도 제시하였다. 이렇게 설계된 MSDFS의 핵심자산이 구축된다면, S/W적으로 개발비용 감소와 보다 높은 QoS를 보장할 것이며, H/W적으로 제어 유닛들의 재사용으로 통합된 공간 확보 및 개발 효율성을 극대화할 수 있는 기반이 될 것이고, 이러한 산출물에 대한 반복(Iterations) 과정을 거친다면, 더욱 더 향상된 결과가 도출될 것으로 기대한다.

### 참고문헌

- [1] Liliana Dobrica, Eila Niemela, "Attribute-based Product-Line Architecture Development for Embedded Systems," VTT Publications, 2000.
- [2] Manoel G. Mendonca and Victor R. Basili, "Validation of an Approach for Improving Existing measurement Framework," IEEE 2000.
- [3] S. Thiel, S. Ferber, M. Mergel, "An Overview of Methods Supporting Product Line Development," Technical Report. BOSCH-WP Project, 2000.
- [4] Steffen Thiel, Stefan Ferber, Thomas Fischer, "A Case Study in Applying a Product Line Approach for Car Periphery Supervision Systems," Proceeding of In-Vehicle Software 2001.
- [5] 김현철, 박정석, "수정 비례지분 스케줄러 및 평가법 설계," 한국 인터넷 정보학회 3권2호, 2002.
- [6] ETRI 디지털 홈 연구단, "대용량 센서데이터 스트림 처리를 위한 프레임워크 설계," 정보처리학회, 2004.