

# JDL 자료융합 모델의 분산 자료융합 능력 개선

## Improving the Distributed Data Fusion Ability of the JDL Data Fusion Model

박 규 동\*,\*\*      변 영 태\*  
Gyu-Dong Park      Young-Tae Byun

### Abstract

In this paper, we revise the JDL data fusion model to have an ability of distributed data fusion(DDF). Data fusion is a function that produces valuable information using data from multiple sources. After the network centric warfare concept was introduced, the data fusion was required to be expanded to DDF. We identify the data transfer and control between nodes is the core function of DDF. The previous data fusion models can not be used for DDF because they don't include that function. Therefore, we revise the previous JDL data fusion model by adding the core function of DDF and propose this new model as a model for DDF. We show that our model is adequate and useful for DDF by using several examples.

Keywords : Data Fusion(자료 융합), Distributed Data Fusion(분산 자료융합), JDL Data Fusion Model(JDL 자료융합 모델), Network Centric Warfare(네트워크 중심전)

### 1. 서론

자료융합이란 다수 출처의 자료들을 결합하여 보다 복잡하고 수준이 높은, 또는 보다 가치 있는 정보를 생산하는 활동 또는 기능이다. 자료융합에 대한 본격적인 연구는 1980년대 군사 분야에서 시작되었다. 자료융합은 1) 다수의 출처들로부터의 객체 자료들을 통합하여 정제하고, 2) 객체들간의 관계를 식별하여 상황을 표현하고, 3) 앞으로의 상황 변화를 예측하는 등의

기능들로 구성된다<sup>[1]</sup>. 자료융합을 통해 생산된 상황 정보는 의사 결정을 위해 활용된다. 의사 결정자는 제공되는 상황 정보의 품질과 수준이 높을수록 더 나은 결정을 할 수 있다. 군사 분야의 대표적인 의사 결정자인 지휘관은 상황 정보를 지휘통제(C4I : Command and Control, Communication, Computer, Intelligence)체계를 통하여 제공 받는다. 지휘통제체계는 지휘관 중심 체계이므로 자료융합 기능을 반드시 포함하여야 한다.

과거 자료융합에 대한 연구와 개발의 가장 큰 걸림돌은 관련 용어의 모호함이었다. 용어의 모호함은 여러 응용 분야에서 유사한 연구 또는 개발이 중복 수행되는 결과를 초래하였다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 1986년에 미 국방부 산하 JDL(Joint Directors of Laboratories)의 워킹 그룹이 만들어졌고, 자료융합 관

† 2012년 2월 2일 접수~2012년 3월 23일 게재승인

\* 홍익대학교(Hongik University)

\*\* 국방과학연구소(ADD)

책임저자 : 박규동(gyudong.park@gmail.com)

런 용어에 대한 성문화 노력이 시작되었다. 그리고 그 결과로서 JDL 자료융합 모델이 개발되었다<sup>[2]</sup>.

최초 JDL 자료융합 모델 이후, 여러 개선 연구들이 수행되었다. 대표적인 연구로는 군사 분야 이외의 적용을 위한 일반화를 제안한 Steinberg et al.<sup>[3]</sup>, 인간의 역할을 강조하기 위하여 기능 추가를 제안한 Blasch and Plano<sup>[4]</sup>, 자원 관리를 강조한 Steinberg and Bowman<sup>[5]</sup> 등이 있다. 개선 연구의 모델들을 포함하여, JDL 자료융합 모델은 현재까지 가장 널리 쓰이는 자료융합 모델 중 하나다.

JDL 자료융합 모델이 최초 개발된 이후, 네트워크 중심전(NCW : Network Centric Warfare) 개념<sup>[6]</sup>이 출현하였다. 과거 단일 노드에서 수행되어 활용되던 자료융합은 네트워크 중심전 개념의 도입에 의하여 다수의 노드들이 협력적으로 수행하여 그 결과를 공유하는 분산 자료융합으로 발전하도록 요구되고 있다.

최초 JDL 자료융합 모델과 이후의 개선 모델들은 단일 노드에서의 자료융합을 잘 표현하고 설명할 수 있지만, 다수 노드에 의한 분산 자료융합을 표현하고 설명하는 것은 제한된다. 분산 자료융합을 수행하려면 노드의 자료융합 출력이 다음 노드의 자료융합 입력으로 전달될 수 있어야 하나, 이전의 JDL 자료융합 모델들은 자료융합 결과물의 노드간 전달 경로나 기능을 포함하고 있지 않기 때문이다.

본 연구는 과거 자료융합에 대한 연구와 기술 개발이 자료융합 모델의 부재로 인하여 겪었던 어려움을, 분산 자료융합에 대한 연구와 기술 개발에서 반복하지 않으려면 분산 자료융합 모델이 필수적인 것으로 판단하고, 기존의 JDL 자료융합 모델에 대하여 분산 자료융합 능력을 개선한 모델을 개발하여 제안한다.

본 연구에서 제안하는 분산 자료융합 모델은 JDL 자료융합 모델에 대하여 자료융합 노드간 자료 전달 기능을 추가한 것이다. 본 연구에서 전혀 새로운 자료융합 모델을 개발하는 대신 기존의 연구를 재활용하여 확장하는 식의 접근을 택한 이유는, 분산 자료융합의 각 노드 내에서 수행되는 자료융합은 기존의 자료융합과 동일하므로, 첫째, 검증된 기존 모델의 장점을 최대한 활용하고, 둘째, 새로운 모델을 익히는데 따르는 부담을 최소화하기 위해서이다.

저자의 전문 분야이자 관심 분야는 군사 분야이기 때문에 본 연구의 분산 자료융합 모델은 최초 JDL 자료융합 모델과 마찬가지로 군사 분야의 자료융합을 적용 대상으로 한다. 본 연구에서 제안하는 모델은 향후

군사 분야의 분산 자료융합 기능 관련 연구 및 개발 시 관련자들간 원활한 의사소통을 위한 도구로서 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

1장은 서론이며, 2장은 JDL 자료융합 최초 모델과 이후의 개선 모델을 설명한다. 3장은 JDL 자료융합 모델에 대한 개선 동기로서 NCW와 분산 자료융합 개념을 설명한다. 4장은 JDL 자료융합 모델을 기반으로 개선한 분산 자료융합 모델을 제안한다. 5장은 예제를 통하여 본 연구에서 제안하는 분산 자료융합 모델이 분산 자료융합을 잘 표현하고 설명할 수 있다는 것을 보인다. 6장은 결론이다.

## 2. JDL 자료융합 모델

자료융합 개념이 최초 출현하였을 때, 관련 연구의 수행과 기술 개발의 가장 큰 걸림돌은 통일된 용어의 부재였다. 각기 다른 용어와 정의를 사용하였기 때문에 관련자들 사이의 원활한 의사소통이 불가능하였다. 그 결과 연구 수행 및 기술 개발이 중복 또는 반복되는 결과를 초래하였다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 1986년에 미 국방부 산하의 정부 위원회인 JDL에 새로운 워킹 그룹이 만들어지고, 자료융합 관련 용어에 대한 통일과 성문화 노력이 시작되었다. 그리고 그러한 노력의 결과물의 하나로 JDL 자료융합 모델이 개발되었다<sup>[2]</sup>.

### 가. 최초 모델

JDL 자료융합 워킹 그룹은 자료융합을 (객체의) “정제된 위치와 식별의 추정, 상황과 위협에 대한 완전하고 적시적인 판단, 그리고 그것들의 중요성을 획득하기 위하여 단일, 다수 출처로부터의 자료 및 정보의 연계(Association), 연관(Correlation), 결합(Combination)을 다루는 하나의 절차. 이 절차는 더 나은 결과를 얻기 위한 추정과 판단의 지속적인 정제, 출처 추가, 또는 절차 자체의 수정의 특징을 가진다.”라고 정의한다<sup>[3]</sup>. 최초의 JDL 자료융합 모델은 Fig. 1과 같다<sup>[1]</sup>.

- 자료의 출처(Sources) : 그림의 왼쪽 부분은 입력 자료의 여러 출처들을 가리킨다.
- 인간 - 컴퓨터 상호작용(Human - Computer Interaction) : 그림의 오른쪽 부분은 자료융합 체계의 HCI 기능을 보이고 있다.

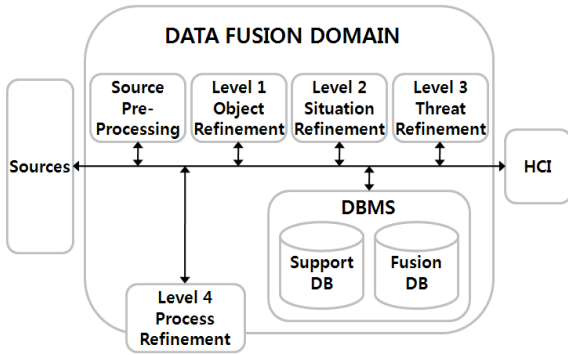


Fig. 1. JDL data fusion model

- 출처 전처리(Source Pre-processing) : 자료의 결격을 사전에 검사하고, 자료를 적절한 처리 기능에 할당한다.
- 레벨 1, 객체 정제(Object Refinement) : 위치, 파라미터, 식별 정보 등을 결합하여 개별 객체에 대한 표현을 정제한다.
- 레벨 2, 상황 정제(Situation Refinement) : 이 기능은 처해진 현재의 환경을 배경으로 객체 및 사건들 사이의 관계 설명을 개발한다. 관계의 예로는 공간(접근성), 통신, 인과, 시간 등이 가능하다.
- 레벨 3, 위협 정제(Threat Refinement) : 이 기능은 현재의 상황을 바탕으로 미래를 예측하여, 적 위협, 아군과 적군의 취약성, 작전의 기회에 대한 추론을 이끌어 낸다.
- 레벨 4, 절차 정제(Process Refinement) : 이 기능은 자료융합의 성능을 모니터링하여, 필요 시 추가 정보 요구를 출처에 할당하는 등 자료융합 절차를 개선한다.
- 자료 관리(Data Management) : 자료융합의 지원 기능이다. 자료융합 데이터베이스에 대한 접근과 관리 기능을 제공한다.

최초 JDL 자료융합 모델의 용어들은 군사 분야의 전문 용어이나, 그 외 분야의 종사자들이 이해하기도 큰 무리는 없는 것으로 보인다. 다만 타 분야에서는 흔하게 쓰이거나 익숙하지 않은 용어와 정의이기 때문에 다소 불편할 수도 있다.

JDL 자료융합 모델의 주요 특징 중 하나는, 절차 모델이 아니며 기능 모델이라는 것이다. 기능별 번호가 기능의 수행 순서로 오해되기도 하지만, 사실 JDL 자료융합 모델은 자료융합 기능의 수행 순서를 강제하지

않는다<sup>[3]</sup>. 자료융합 절차는 요구 성능이나 처한 환경에 따라 다양하게 구축되어야 하기 때문에 모든 경우에 적용 가능한 일반적인 절차 모델을 개발하는 것은 거의 불가능하다.

나. 개선 모델

최초 JDL 자료융합 모델이 개발된 이후, 환경 변화와 기술 발전에 따라 JDL 자료융합 모델에 대한 개선 요구가 도출되었으며 그에 따라 여러 연구들이 수행되었다.

Steinberg et al.<sup>[3]</sup>은 최초 JDL 자료융합 모델이 군사 분야에 초점을 맞추고 있어, 그 밖의 분야에 적용하는 것이 제한된다는 문제점을 제기하고 JDL 자료융합 모델을 일반화하여 자료융합의 정의를 “자료융합은 개체의 상태를 판단하거나 예측하기 위하여 자료 또는 정보를 결합하는 절차”로, 모델을 다음과 같이 수정하여 제안한다.

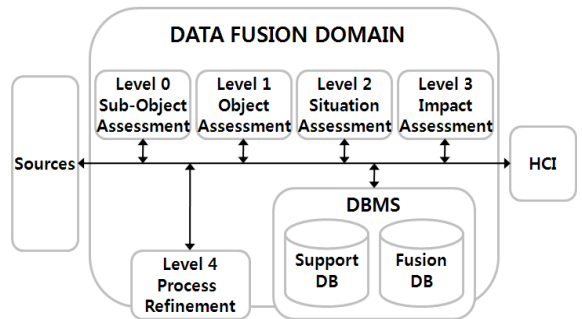


Fig. 2. Steinberg et al.'s model

- 레벨 0, 하위 객체 자료 평가(Sub-Object Data Assessment) : 픽셀, 신호 수준의 자료 연계와 특징 묘사를 활용하여 신호 또는 객체의 관찰 가능한 상태를 추정하고 예측한다.
- 레벨 1, 객체 평가(Object Assessment) : 관찰-객체 연계를 활용하여 객체의 상태를 판단하고 예측한다.
- 레벨 2, 상황 평가(Situation Assessment) : 객체들 사이의 관계를 판단하고 예측한다.
- 레벨 3, 영향 평가(Impact Assessment) : 특정 행위 또는 행위들의 상황에 대한 영향을 판단하거나 예측한다.
- 레벨 4, 절차 정제(Process Refinement) : 자원관리의 한 요소로서 임무 목표를 지원하기 위한 자료 획득 및 처리를 적응형으로 수행할 수 있도록 한다.

각 모델의 기능 정의에서, 이전 모델의 기능 정의와 동일 또는 유사하거나 중요도가 낮은 경우 해당 기능 정의를 생략한다.

이후 Blasch and Plano<sup>[4]</sup>는 Steinberg et al.<sup>[3]</sup>의 자료 융합 모델에 대하여 사용자 정제(User Refinement)라는 기능을 추가한 모델을 제안한다. 이전의 JDL 자료융합 모델이 기계적인 자동화 처리만을 위한 모델이었다고 주장하고, 그 안에서의 인간의 역할을 묘사해 내기 위하여 레벨 5, 사용자 정제 기능을 추가한 것이다. 하지만 JDL 자료융합 모델은 자동화 구현에 활용될 수는 있지만 자동화 구현을 강제하고 있지는 않으며, 또한 인간의 역할은 기존 모델에 포함된 인간-컴퓨터 인터페이스로서 묘사 가능하다고 판단된다.

Steinberg and Bowman<sup>[5]</sup>은 Steinberg et al.<sup>[3]</sup>의 자료 융합에 대하여 자원 관리의 중요성을 강조한다. 자료 융합 모델과 쌍대성(Duality)을 가지는 자원 관리 모델을 개발하여 상호 연결함으로써 자료융합&자원관리 모델로 확장하기도 한다. Steinberg and Bowman이 제안하는 새로운 자료융합 모델은 다음과 같다.

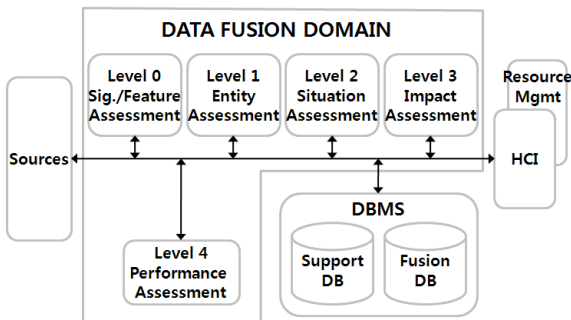


Fig. 3. Steinberg and Bowman's model

- 레벨 0, 신호/특징 평가(Signal/Feature Assessment) : 신호 또는 특징의 판단 및 예측을 수행한다.
- 레벨 1, 개체 평가(Entity Assessment) : 개체의 파라미터적, 속성적 상태에 대한 판단 및 예측을 수행한다.
- 레벨 2, 상황 평가(Situation Assessment) : 현실 세계 일부의 구조에 대한 판단과 예측(예: 개체들 사이의 관계와, 관계에 연관된 개체들의 상태에 대한 암시)을 수행한다.
- 레벨 3, 영향 평가(Impact Assessment) : 신호, 개체 또는 상황 상태들의 비용 대비 유용성에 대한 판단 및 예측 - 선택 가능한 방책에 대한 영향 예측을

포함 - 을 수행한다.

- 레벨 4, 성능 평가(Performance Assessment) : 주어진 요구 상태와 효과 측정 방법에 의한 체계의 성능에 대한 판단 및 예측을 수행한다.

Llinas et al.<sup>[7]</sup>은 Steinberg et al.<sup>[3]</sup>의 자료융합 모델에 대하여 4가지 개선 및 확장 방향을 제안한다. 첫째, 자료융합 레벨간 자료 전달 시, 자료의 유용성, 신뢰성, 일관성 고려를 제안한다. 레벨간 자료 전달에는 비용이 발생하기 때문에 자료 전달이 그 비용 이상의 가치를 지니도록 하여야 하기 때문이다. 둘째, 귀납적 추론과 함께 연역적 추론을 함께 적용하도록 제안한다. 표적 처리 절차는 표적 유형별 특징들을 귀납적 추론을 통하여 발견하고, 발견한 표적 유형별 특징들을 활용한 연역적 추론으로 표적들을 탐지하도록 하는 것이다. 셋째, 자료융합에 대한 온톨로지 기반 접근을 제안한다. 온톨로지를 활용함으로써 이종의 자료 출처들과의 상호운용성 능력을 향상시킬 수 있다고 주장한다. 넷째, 분산 자료융합을 제안한다. 미래 작전에서의 중요 키워드 중 하나가 바로 분산이며, 자료융합 또한 분산 환경에서 수행되어야 하기 때문이다.

JDL 자료융합 모델에 대한 개선 연구들의 연구 방향은 군사분야 이외의 분야 적용을 위한 일반화와 노드 내 자료융합의 성능 개선에 집중하고 있다. 한편 Llinas et al.<sup>[7]</sup>은 분산 자료융합으로의 개선 방향을 제안하고 중요 기능들을 설명하였으나, 실제 모델은 제안하고 있지 않다.

### 3. NCW와 분산 자료융합

Cebrowski and Garstka<sup>[6]</sup>는 미 해군 작전 사령관인 Jay Johnson 제독의 “플랫폼 중심전으로부터 네트워크 중심전으로의 근본적 이동”을 인용하면서 네트워크 중심전이 지난 200년 동안의 가장 중요한 군사혁신이 될 것이라고 주장하였다.

네트워크 중심전 개념은 “센서, 교전 체계, 의사 결정권자를 효과적이고 즉각 반응하는 전체로서 연결하는 것”으로 “상황인식 공유와 지휘관 의도 충족을 위한 군의 동기화된 행동에 필요한 명확한 절차와 정보 연결”을 통하여 달성된다. NCW의 잠재력은 현존 능력을 향상 시킬 것으로 약속하는 승수 효과에 기인한다<sup>[8]</sup>.

네트워크 중심전의 상황 인식의 공유는 상황 정보의 공유를 통하여 가능하다. 상황 정보는 각 노드에서 자료융합을 통하여 생성되고 갱신된다. 과거에는 노드에서 자료융합을 통하여 생산한 상황 정보를 해당 노드 내에서 사용하였지만, 네트워크 중심전 개념 이후의 분산 자료융합은 결과물인 상황 정보를 타 노드들과 공유하여야 한다. 노드에서 생성한 상황 정보는 요약되고 정제된 수준 높은 자료로서 시간 지연을 고려하지 않는다면 여타 센서 자료에 비해 품질이나 가치가 높다. 따라서 분산 자료융합에 참여하는 자료융합 노드들은 이전 노드의 자료융합 결과물을 자체 센서의 자료들과 함께 활용하여 자료융합을 수행한다. 이를 통하여 상황 정보의 요약도와 수준을 극대화하고, 분산 자료융합 결과를 네트워크를 통하여 공유함으로써 다수 노드의 공통 상황 인식 수준을 높일 수 있다.

하지만 노드간 상황 정보의 전달이 항상 이로운 것은 아니다. 기능간 또는 노드간 자료 전달은 시간 지연과 비용을 유발하고, 시간 지연은 자료의 가치를 떨어뜨릴 수 있기 때문이다. 분산 자료융합의 노드간 자료 전달은 노드 내 기능간 자료 전달에 비해 시간 지연과 비용 발생이 훨씬 크다. 따라서 분산 자료융합은 전달되는 자료의 가치가 전달 비용보다 높도록 노드간 자료 전달을 통제하여야 한다.

#### 4. 분산 자료융합 모델

이전의 JDL 자료융합 모델은 노드간 자료융합 결과의 전달을 고려하고 있지 않기 때문에 분산 자료융합 모델로서 적합하지 못하다. 네트워크 중심전 개념 도입 이후 군사 분야의 자료융합은 분산 자료융합으로 구현되어야 한다. JDL 자료융합 모델 이전에 겪었던 의사소통의 어려움에 의한 연구와 개발의 중복 경험을 반복하지 않으려면 군사 분야에 적합한 분산 자료융합 모델이 반드시 필요하다.

##### 가. 자료 전달 통제 기능

분산 자료융합에서 노드간 자료 전달 통제 기능은 매우 중요하며, 분산 자료융합 모델에 반드시 포함되어야 한다. 그 이유는 자료 전달에는 비용이 발생하며, 분산 자료융합의 노드간 자료 전달의 비용은 노드 내 기능간 자료 전달 비용에 비해 매우 높기 때문이다. 전달되는 자료의 가치가 소모 비용에 비해 높도록 통

제하여야, 상대적으로 가치가 없는 자료 전달에 의해 중요한 자료가 적시에 전달되지 못하는 상황을 피할 수 있다.

노드간 자료 전달에는 송신 노드와 수신 노드가 참여한다. 따라서 자료 전달 통제는 송신 노드에서의 통제와 수신 노드에서의 통제로 나누어 구현될 수 있다. 송신 노드에서의 통제는 자료를 전달할 것인가의 여부를 판단하며, 수신 노드에서의 통제는 자료를 사용할 것인가의 여부를 판단한다. 수신 노드에서의 통제는 자료 전달에 따른 시간 지연과 비용이 이미 상당히 발생한 이후이므로 송신 노드에서의 자료 전달 통제의 중요도가 더 높다.

자료 전달 통제의 목표를 보다 명확히 설명하기 위하여 정보검색<sup>[9]</sup>에서의 회수율(Recall Rate)과 정확도(Precision Rate)라는 용어를 차용한다. 회수율은 관련 있는 전체 문서 중 검색된 문서의 비율이고, 정확도는 검색된 문서 중 관련 있는 문서의 비율이다. 정보검색의 목표는 회수율과 정확도를 1.0에 가깝게 높이는 것이다. 만약 모든 문서에 대한 목록을 검색 결과로 제시한다면 회수율을 1.0으로 만들 수 있다. 하지만 정확도가 극히 낮아진다. 또한 틀림없는 문서를 하나만 제시하면 정확도를 1.0으로 만들 수 있다. 하지만 회수율이 극히 낮아진다. 이렇듯 회수율과 정확도는 상호 trade-off 관계를 가지기 때문에 둘 다 높이는 것은 매우 어렵다.

자료 전달 통제의 목표 또한 자료 전달에서의 회수율과 정확도를 높이는 것이다. 자료 전달에서의 회수율이란 사용 가치가 있는 자료 중 실제로 전달된 자료의 비율이며, 정확도는 전달된 자료 중 사용 가치가 있는 자료의 비율이라고 할 수 있다.

자료 전달 통제의 회수율과 정확도를 높이는 문제는 정보 검색에서 보다 더 어렵고 복잡하다. 자료의 가치는 수신 노드에서 더 잘 판단할 수 있는데, 자료 전달 통제는 송신 노드에서 수행하는 것이 효과적이기 때문이다. 수신 노드의 자료 가치 판단 기준과 자료 전달 환경의 상태에 의한 비용 예측을 판단 기준으로 활용하여 송신 노드에서 자료전달 통제를 수행하도록 구현하여야 하는데, 그 판단 기준은 실시간으로 변한다.

Llinas et al.<sup>[7]</sup>은 자료의 가치 판단 기준으로서 일관성, 유용성, 신뢰성의 세 가지 속성을 제시한다. 자료의 유용성과 일관성은 수신 노드의 입장에서 판단하는 것이 바람직하고, 자료의 신뢰성은 자료를 생산하는

송신 노드에서 더 잘 판단할 수 있다. 송신 노드에서 수신 노드의 기준으로 자료의 가치를 판단하려면 수신 노드의 유용성과 일관성에 대한 판단 기준이 송신 노드로 전달되어야 한다. 즉 자료 전달 통제 기능은 노드간 통제 기준 정보 교환 기능을 포함하여야 한다.

나. 제안하는 분산 자료융합 모델

본 연구는 최초 JDL 자료융합 모델에 대하여 노드간 자료 전달 통제 기능을 추가하여 분산 자료융합 모델로서 제안한다. 전혀 새로운 자료융합 모델을 개발하지 않고 기존의 자료융합 모델을 활용한 이유는, 기존의 검증된 모델의 장점을 최대한 활용할 수 있고, 사용자들이 새로운 모델을 익히는데 따르는 부담을 최소화할 수 있기 때문이다. 또한 이후의 개선 연구들에서 제안한 자료융합 모델이 아닌 JDL 자료융합의 최초 모델을 활용한 이유는, 이후의 개선 연구들은 군사 분야 이외의 분야에 적용하기 위하여 JDL 자료융합 모델을 일반화하였기 때문이다. 군사 분야에 적용하려면 군사 분야의 전용의 용어들을 활용하는 것이 더 효과적인 것은 당연하다.

분산 자료융합이란 자료융합을 다수의 노드들이 협력적으로 수행하여 그 결과를 공유하는 것이다. 본 연구에서 제안하는 분산 자료융합 모델은 다음 그림과 같다.

- 레벨 2, 상황 평가(Situation Assessment) : 현재의 환경을 고려하여 객체 또는 사건들간의 관계를 식별한다. 관계의 예로는 공간, 시간, 인과 등이 있다.
- 레벨 3, 영향 평가(Impact Assessment) : 현재의 상황에 대하여 적 방책 또는 아 방책의 선택이 미래에 미치는 영향을 예측한다.
- 자료 후처리(Data Post-processing) : 자료융합 결과물에 대하여 ‘4.가’절에서 설명한 자료 전달 통제 기능의 노드별 자료 전달 비용과 가치를 판단하여 적절한 노드에 전달한다. 우선순위를 부여하여 중요 자료가 우선 전달되도록 하는 구현도 가능하다. 자료 전달 비용과 가치 판단 기준은 절차 정제로부터 제공 받는다.
- 레벨 4, 절차 정제(Process Refinement) : 1) 자료융합의 성능을 지속적으로 모니터링하여 자료 사용 여부 판단 기준을 갱신한다. 2) 노드별 자료 전달 비용을 관리한다. 3) 타 노드로부터 수신된 자료 사용 여부 판단 기준을 관리한다. 자료 사용 여부 판단 기준은 자료 전처리 레벨과 타 노드에 제공하고, 노드별 자료 전달 비용과 타 노드의 자료 사용 여부 판단 기준은 자료 후처리 레벨에 제공한다.
- 다음 노드(Next Node) : 분산 자료융합 절차의 다음 단계의 자료융합을 수행하는 노드이다.

본 연구가 기존 JDL 자료융합 모델의 분산 자료융합 능력을 개선하기 위하여 최초 JDL 자료융합 모델에 대하여 추가하거나 수정한 사항은 다음과 같다.

첫째, 자료 후처리 레벨을 추가하여 분산 자료융합의 필수 기능인 자료 전달 통제 기능을 할당할 수 있게 하였다.

둘째, 출처 전처리 레벨의 명칭을 자료 전처리로 수정하였다. 출처(Source)는 자료의 제공자의 의미로 해석될 수 있어 혼동된다. 따라서 용어의 의미를 명확히 하여 의사전달을 원활히 하려는 자료융합 모델의 목적과 위배되기 때문에 수정이 필요하였다.

셋째, 절차 정제의 정의를 구체화하였다. 최초 JDL 자료융합 모델의 “추가 정보 요구를 출처에 할당”하는 방법을 구체적으로 제시한 것이다.

넷째, 기존의 상황 정제와 위협 정제 기능의 명칭을 각각 상황 평가와 영향 평가로 수정하였다. 본 연구는 기존의 것을 개선하는 데에는 ‘정제’라는 용어를 기존의 것에 대해 판단 등을 새로운 것을 부가하는 데에는 ‘평가’라는 용어를 사용하는 것이 보다 적절하다고 판

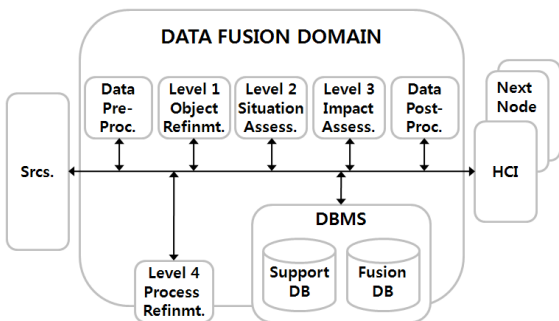


Fig. 4. The distributed data fusion model we are proposing

- 자료 전처리(Data Pre-processing) : 자료의 품질과 가치를 평가하고 그에 따른 사용 여부를 판단하여 적절한 기능에 할당한다.
- 레벨 1, 객체 정제(Object Refinement) : 위치, 속성, 식별 등의 자료를 결합하여 개별 객체의 표현을 구체화, 정확화 최신화한다.

단한다. 본 연구의 용어 수정은 JDL 자료융합 모델에 대한 이후의 개선 연구들의 용어 수정을 일부 참고한 것이기도 하다.

다섯째, JDL 자료융합 모델에 대한 연구마다 절차 정제와 DBMS의 위치가 조금씩 다르다. 본 연구는 절차 정제가 자료융합 외 타 기능에도 영향을 미칠 수 있으며, DBMS의 DB 또한 자료융합 외의 용도로 활용될 수 있을 것이기 때문에 절차 정제와 DBMS의 위치를 외부에 걸쳐지도록 표현하였다.

### 5. 적용 예제

제안 모델은 개념, 기능, 용어 등을 제시하고 정의한 것으로 정량적 검증이 제한된다. 그 대신 본 연구는 제안 모델이 자료융합 또는 분산 자료융합의 특징적인 자료흐름들을 표현하고 설명하는데 적합하다는 것을 여러 예제를 통하여 보인다. 추가적인 검증과 보완은 실제 연구 및 개발에서의 적용을 통하여 가능하다.

- 예제 1, 단일 노드 내 자료융합.

개선 모델은 기존의 단일 노드 내 자료융합에도 적합하여야 한다. 개선 모델을 이용하여 기존의 단일 노드 내 자료융합을 표현하려면 추가된 자료 후처리와 다음 노드를 생략하는 것으로 가능하다.

- 예제 2, 직렬형 자료융합

분산 자료융합에서는 각 레벨의 기능을 여러 노드들이 나누어 순차적으로 수행할 수 있다. 이러한 형태의 분산 자료융합은 다음과 같이 표현 가능하다.

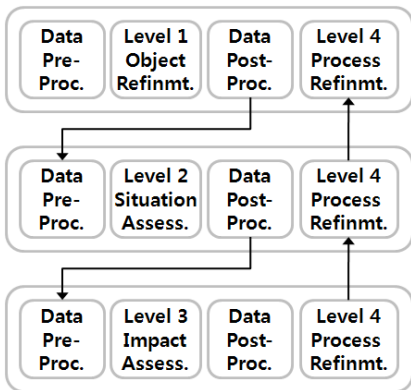


Fig. 5. Data fusion between serially connected nodes

선행 노드는 자료 후처리에서 후행 노드로의 자료 전달 여부를 판단한다. 판단 기준은 후행 노드로부터 선행 노드로 전달된다. 후행 노드는 전달된 자료에 대하여 자료 전처리에서 사용 여부를 판단한다.

- 예제 3, 트리형 자료융합

분산 자료융합에서는 다수 노드로부터의 자료융합 결과물을 활용하여 자료융합을 수행하는 노드가 존재할 수 있다. 이를 위한 트리 형태의 자료융합을 개선 모델은 다음과 같이 표현할 수 있다.

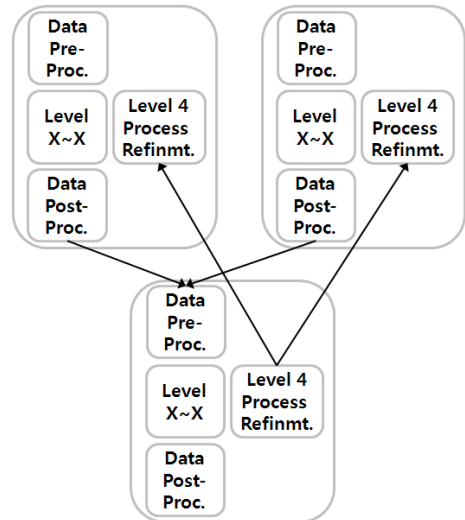


Fig. 6. Data fusion between hierarchically connected nodes

- 예제 4, 자료융합의 피드백

분산 자료융합에서는 전달한 자료를 활용한 자료융합 결과를 피드백으로 받고자 하는 경우가 발생할 수 있다. 개선 모델은 자료의 피드백을 다음과 같이 표현 가능하다.

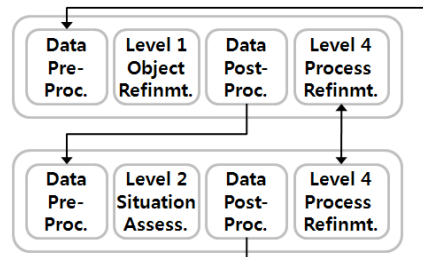


Fig. 7. Feedback of data fusion

• 예제 5, 단일 노드 내 기능간 자료전달 통제 분산 자료융합의 예는 아니나, 단일 노드 내에서 수행되는 자료융합의 기능간 자료 전달이더라도 그 비용이 상당하다면 자료전달 통제가 필요할 수도 있다. 이런 경우 개선 모델의 분산 자료융합 표현법을 차용하여 다음과 같이 표현하는 것이 가능하다.

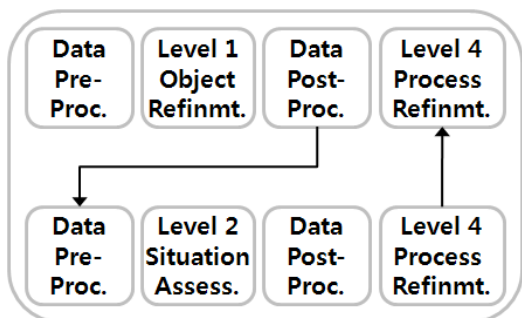


Fig. 8. Data flow control between functions in a node

## 6. 결론

본 연구는 군사 분야에서의 자료융합의 개념을 설명하고, 자료융합 분야의 연구 및 개발을 위해 필수적인 자료융합 모델의 발전 과정을 살펴보았다.

네트워크 중심전 개념 이후 군사 분야의 자료융합은 체계 내 또는 노드 내 자료융합으로부터 분산 자료융합으로 발전되도록 요구되고 있다. 자료융합 모델 또한 분산 자료융합을 잘 표현하고 설명할 수 있도록 발전하여야 하나, 지금까지의 자료융합 모델의 개선 연구들의 개선 방향은 분산 자료융합과는 거리가 있었다.

본 연구는 분산 자료융합의 핵심 기능으로서 노드간 자료 전달 통제 기능을 식별하고 정의하고 설명하였다. 그리고 가장 널리 쓰이는 자료융합 모델 중 하나인 JDL 자료융합 모델에 대하여 노드간 자료 전달 통제 기능을 추가함으로써 분산 자료융합 모델로 개선하였고, 분산 자료융합에 대한 적합성을 여러 예제를 통하여 확인하였다.

분산 자료융합 기능은 미래 지휘통제체계의 핵심 기능으로서 앞으로 자동화 및 지능화를 위한 연구가 활발히 수행될 것으로 예상된다. 이 때 본 연구에서 제안한 분산 자료융합 모델이 미래 지휘통제체계의 발전

방향을 제시하고, 연구자 및 개발자들간 의사소통을 원활히 하는데 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

## 후 기

본 연구는 2011년 홍익대학교 학술연구진흥 지원을 받아서 수행되었음.

## References

- [1] Hall D. L., and Llinas J., “An Introduction to Multisensor Data Fusion”, Proc. IEEE, Vol. 85, No. 1, pp. 6~23, 1997.
- [2] JDL, “White Paper On Tri-Service Reliance In Science & Technology”, January 1992.
- [3] Steinberg, A. N., Bowman, C. L., and White, F. E., “Revisions to the JDL Data Fusion Model”, in Sensor Fusion : Architectures, Algorithms, and Applications, Proceedings of the SPIE, Vol. 3719, 1999.
- [4] Blasch, E. and Plano, S., “JDL Level 5 Fusion Model ‘User Refinement’ Issues and Applications in Group Tracking”, SPIE, 2002.
- [5] Steinberg, A. and Bowman, C., “Rethinking the JDL Data Fusion Levels”, Chicago : AIAA Intelligent Systems Conference, 2004.
- [6] Cebrowski, A. K. and Garstka, J. H., “Network Centric Warfare - Its Origin and Future”, In U.S. Naval Institute Proceedings, pp. 28~35, Jan. 1998.
- [7] Llinas, J., Bowman, C., Rogova, G. and Steinberg, A., “Revisiting the JDL Data Fusion Model II”, Proc. of the 7th International Conference on Information Fusion, Stockholm, Sweden, pp. 1218~1230, 2004.
- [8] Paradis, S., Benaskeur, A., Oxenhan, M., Cutler, P., “Threat Evaluation and Weapons Allocation in Network-Centric Warfare”, Proc. of the 7th International Conference on Information Fusion, Stockholm, pp. 1078~1085, 2005.
- [9] Baeza-Yates, R. and Ribeiro-Neto, B., “Modern Information Retrieval”, Addison Wesley, 1999.