

제조업 분야의 정보시각화 문헌연구

A Literature Review on Information Visualization of Manufacturing Industry Sector

장태우(Tai-Woo Chang)*

초 록

e-비즈니스에서 데이터 분석과 시각화 등을 통한 비즈니스 인텔리전스가 각광받고 있다. 특히 빅데이터 기술이 관심을 받으면서 분석결과와 시각화도 중요하게 다뤄지고 있다. 기업 관리자들은 데이터 분석의 결과를 의사결정 과정에서 활용하길 원하며, 시각화 기법이 인지 기능과 운영 기능에서 도움을 주기 때문이다. 본 논문은 제조업에서 정보시각화 기술의 활용사례, 현황과 주요 이슈를 기존 연구문헌을 검토하여 분석하였다. 프로세스 모니터링, 의사결정 지원 등에서 유용하게 사용될 수 있음을 확인할 수 있었고, 정보시각화 적용을 고민하는 제조 분야의 개발자 및 관리자 등에게 도움이 될 것으로 기대된다.

ABSTRACT

Business intelligence based on the data analysis come into the spotlight. Especially, information visualization of the analysis result is treated significantly. given the interest in big data technologies. Because corporate managers want to use the results of data analysis in the decision-making process and the visualization technology will give help with cognitive function and operation function. In this paper, the status of information visualization is reviewed and analyzed from the viewpoint of manufacturing service. Several implications are drawn and it is expected that they will help to developers and administrators of manufacturing sector who want to adopt information visualization applications.

키워드 : 정보시각화, 제조 정보, 문헌연구

Information visualization, Manufacturing Information, Literature Review

이 논문은 2013학년도 경기대학교 연구년 수혜로 연구되었음.

본 연구에 많은 조언을 아끼지 않으신 Purdue University의 이지수(Ji Soo Yi) 교수께 감사합니다.

* Department of Industrial & Management Engineering, Kyonggi University(keenbee@kgu.ac.kr)

Received: 2016-01-31, Review completed: 2016-02-17, Accepted: 2016-02-20

1. 서 론

산업 현장에서 저장되는 데이터의 양은 점점 늘어나고 있다. 예로, 미국에서 제조업은 다른 산업보다 더 많은 데이터를 발생시키고 있으며, 2010년의 신규 데이터만도 2엑사바이트에 가까운 것으로 추정되고 있다[24]. 이러한 데이터가 e-비즈니스의 전반적인 효율성을 높일 수 있는 큰 잠재력을 가지고 있음에도 불구하고, 상당부분의 데이터가 사장되고 있는 것이 현실이다. 특히 정보기술에 대한 대규모 투자가 어려운 중소기업들은 데이터를 처리하기 위한 기술과 인력이 부족한 경우가 많다. 대기업과 중소기업 간의 IT 투자 및 활용의 수준 차이가 커지고 있고, 특히 여러 기능 중 생산 시스템의 경우 도입률과 활용도에서 많은 차이를 보이고 있다[20].

게다가 IT 프로젝트 관리방법에서 인간과 조직 측면을 무시하게 되면 IT 시스템의 채택률이 낮아진다[3]. IT에 대한 활용이 낮은 원인 중의 하나는 시스템의 사용성이 편리하지 않기 때문이기도 한데, 예를 들어 ERP(Enterprise Resource Planning, 전사적자원관리)나 SCM(Supply Chain Management, 공급사슬관리)과 같은 기업정보시스템의 사용자 인터페이스 표현이 사용자 친화적이지 않은 것이 시스템 접근성을 떨어뜨리게 된다. 유의미한 정보를 알아내기 위해 ERP, SCM 시스템 등에 데이터를 저장하고 활용하는데, 정작 사용자는 그 정보를 쉽게 알 수 없고 볼 수 없게 되어 있는 것이다. 근래에 발달한 데이터마이닝 등의 기술도 유의미할 수 있는 정보를 추출해주는 하지만 그 결과를 쉽게 이해할 수 없는 경우가 많다.

정보시각화(information visualization) 및 시

각적 분석(visual analytics)의 최근 혁신이 이러한 문제의 해결책이 될 수 있다. 복잡한 데이터를 직관적인 시각화로 변환시킴으로써 통계나 비즈니스 인텔리전스에 대한 지식이 부족한 사람들에게 흥미로운 통찰력을 제공할 수 있게 되기 때문이다. 사실상 기업정보시스템에서 모든 부분에 시각화를 적용하기가 어려울 수 있으며, 중요하게 다뤄야 할 프로세스에 적용하는 것이 일반적이다. 예로 쌓이기만 하는 ERP 데이터에 대한 기업들의 고민이 있으며, ERP 정보의 고립화를 시각화로 극복하고자 부가(add-on) 시스템을 개발하여 재공품(Work in progress)에 대한 스케줄링 등의 정보를 시각화한 연구[43]가 좋은 활용 예가 될 것이다.

Tableau Public이나 Many Eyes와 같은 일부 서비스는 웹을 통해 시각적 분석 기술을 제공하고 있으며, 이러한 웹기반 접근방법으로 중소기업들이 분석 인프라를 저가에 사용할 수도 있다. 그러나 시각적 분석 기술이 제조업에서는 아직 널리 활용되지 못하고 있어서, 기술의 활용 기회가 큰 상태라 볼 수 있다. 본 논문은 제조업에서 활용된 정보시각화 및 시각적 분석 기술의 현황과 주요 이슈, 기존 연구문헌에 대한 검토를 통해 주요 이슈에 대한 해결 방안을 알아보고 시사점을 제시하고자 한다.

제조업 분야의 중소기업 관리자들은 사업과 공정을 향상시키기 위해 자신들의 데이터를 더 잘 이해하길 바라지만, 자원과 역량 부족의 한계를 종종 느낀다. 보통 엑셀과 같은 스프레드시트 프로그램들이 사용되는데, 이는 다른 정보시스템들이 고가일뿐더러 복잡하기 때문이다. 따라서 의사결정에서 문제의 표현, 기술·해법·결과의 분석을 보완할 필요가 있다.

문제의 표현을 작업에 직접 매핑시키면 의

사결정 성과에 중요한 영향을 미치게 된다[44]. 인간-컴퓨터 상호작용(HCI, Human Computer Interaction) 개념의 시각화는 문제의 표현과 사용성 향상에서 중요한 역할을 할 수 있다. 데이터시각화를 포함한 신규 도구들로 조직의 모든 지점과 모든 기술 단계에서 이해하고 행동하는 통찰력을 제공할 수 있다[22]. 문제 이해에 도움을 주기 위해 직접 그린 단순한 개략적 도표라 할지라도 문제의 도식화는 수학·과학 분야의 지식분야뿐만 아니라 경영과학에서도 항상 유익한 도구였다[8]. Shneiderman은 데이터마이닝에 정보시각화를 병행하면 사용자 제어를 지속시키고, 더 효과적인 탐구를 가능하게 하고, 반응성을 증진시키는 도구가 된다고 주장한 바 있다[40].

시각화는 과학 분야뿐만 아니라 사회 여러 분야에서 중요한 역할을 하고 있으며, 제조업에서도 마찬가지일 수 있다. 시각화를 통해 이해당사자들 사이의 의사소통 및 협업을 증진시키고 기존 데이터를 효율적으로 표현할 수 있게 될 것이기 때문이다. 향후 제조업의 한 단계 도약을 위해 먼저 제조업에서의 시각화에 대한 전반적인 연구에 대한 검토가 필요하며, 현황 파악이 우선되어야 한다. 또한 시각화 관점에서 정보시스템에 대한 발전된 개념과 미래전망이 필요하다.

본 논문은 발간된 기존 문헌을 통해 생산·제조와 관련하여 시각화를 바라보는 관점과 역사에 대해 검토하고, 제조업에서 시각화가 적용된 사례들을 시각화의 유형별로 분석하여, 현재 상태를 진단하고 미래를 위한 전망을 제시하고자 한다. 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서 연구 배경을, 제3장에서 연구 방법을 간략히 언급하고, 제4장에서 문헌연구 내용을

적용된 시각화 기법 및 분야에 따라 설명한 후 제 4장에서 시사점과 함께 결론을 제시한다.

2. 연구 배경

2.1 정보시각화 및 시각적 분석

인간이 볼 수 있는 모든 것은 기본적으로 시각화의 대상에 해당되며, 정보에 대한 시각적 도구를 사용한 역사는 길다고 할 수 있다. 그러나 인간공학 및 HCI의 하위 분야인 정보시각화 분야에서 최근의 혁신은 다른 수준의 시각화를 제공한다. 부각되고 있는 이러한 연구 분야에서는 복잡한 데이터를 직관적이고 쉽게 사용할 수 있는 시각적인 표현으로 변환하기 위한 다양한 시각화 기법이 생겨났다. 단순히 데이터를 그대로 보여주는 것 외에도 데이터마이닝이나 머신러닝과 같은 부가적인 컴퓨팅 기법들이 시각화 전에 데이터를 정제하기 위해 사용되었고, 이러한 접근방법은 정보시각화와 분석적 기법을 결합한 ‘시각적 분석’으로 불린다.

시각화는 컴퓨터에 입력된 이미지 데이터를 해석하기 위한 것과 복잡한 다차원 데이터 집합에서 이미지를 생성하기 위한 것 모두에서 인간과 컴퓨터가 협력해서 시각적 정보를 감지하고 사용하고 의사소통할 수 있도록 해준다[25]. 시각화의 기능은 다음과 같이 요약할 수 있다[33].

- 인지 기능
 - 주의 집중
 - 기억의 촉발
 - 사고의 공유
 - 사고의 자극

- 손실정보의 연결
- 자가계약(지각)의 도전
- 운영 기능
 - 핵심요인의 부각
 - 구조, 추세, 관계의 식별
 - 다변량 성과의 표현
 - 복잡한 데이터 집합의 개요 제공

2.2 정보시각화의 산업 응용

시각화 기법은 전염병 발병예측, 생물학, 사회연결망분석, 컴퓨터보안 등의 많은 산업에서 활용되었다. 전자상거래의 상품 검색 결과의 시각화 기법 연구도 존재하며[19], 일반적으로 대량의 다양한 적시 데이터를 처리하는데 사용되었으나, 제조업에서 발생하는 대량의 데이터를 시각화하는 데에는 많이 적용되지 않은 편이다.

근대 제조 현장의 초기에는 흐름제어카드인 칸반(Kanban), 작동정보판인 안돈(Andon), 차트지와 같이 쉽게 해석되고 컴퓨터 없이 만들 수 있는 단순한 시각적 도구들이 공정 제어 및 모니터링 용도로 사용되었다. 컴퓨팅 기술의 발달과 함께 제조현장에서도 컴퓨터가 응용되는 경우가 많아졌으며, HCI 또는 인간-기계시스템이 의사결정을 돕기 위한 시스템으로 활용되었다. 인간-기계시스템은 모형의 기술과 수정을 용이하게 하고, 정량화하기 어려운 문제의 양상에 대처하고, 해법을 도출하는 과정을 지원하는 데 유용하며, 그래픽 인터페이스 등이 제시되었다[8]. 컴퓨터 응용과 함께 시각화를 표방하는 문헌들도 다수 발표되었다.

그러나 근래의 ‘컴퓨터에 기반을 둔 (a) 상호작용하는, (b) 데이터의 시각적 표현을 통한 (c) 인지력 증대[2]’의 시각화 개념과는 많은

차이를 보이고 있다. 먼저 ‘(a) 상호작용’의 관점에서, 1980~1990년대 일부 문헌들에서 상호작용을 고려하고 있음을 주장하나, 이는 컴퓨팅 환경의 변화 정도로 보는 것이 적절할 것이다. 즉, 시각화가 데이터 입력 단계에서 사용자 인터페이스 특히 GUI를 사용하는 것으로 변화된 것을 의미하는 경우이다.

제조와 관련한 시각화 사용에 대한 문헌들은 대부분 ‘(b) 시각적 표현’에만 중점을 두는 경우가 많았다. 시각화의 목적이라 할 수 있는 ‘(c) 인지능력을 증대’시키고자 하는 노력에서 대한 연구는 제조업과 관련된 논문에서는 거의 찾아 볼 수가 없고 시각적 분석 기법의 활용 측면에서 연구가 진행되고 있는 것으로 보인다. 일부에서 CAD와 관련된 CAM, 가상공장 등을 시각화로 인식하는 경향도 있으며, 본 논문에서는 CAD, 가상공장 등도 시각화의 한 분야로 간주하고 논술하고자 한다.

3. 연구 방법

본 연구는 먼저 문헌검토를 통해 근래 제조업에서 시각화가 사용된 사례와 시각화 도구들에 대해 분석하고자 한다. 이러한 사례를 통해 제조업 각 프로세스 및 분야에서 시각화 활용과 관련된 이슈를 정리해보고, 식별된 이슈에 대한 잠재적 해법과 해법을 찾기 위한 적절한 접근방법을 제시하고자 한다. 이를 위해 제조 분야에서 정보시각화에 대한 학술연구를 검색하기 위해 ‘(visual or visualization) and (manufacturing or production)’ 키워드를 조합하여 논문을 탐색하였고, 연계된 참고문헌 일부를 검토하였다. 적용 프로세스와 사용자 요

구사항, 관련 데이터를 기준으로 시각화 기법과 효과를 살펴보는 방향으로 검토하였다. 다수의 연구논문들을 통해 시각화 개념의 발전 단계에 따라 제조업에서 시각화의 응용 수준이 달라지는 걸 확인할 수 있었다.

4. 문헌 연구

4.1 원시적인 시각적 통제도구 (Visual Control Tools)

기호·표 등의 시각적 통제도구는 대부분의 분야에서 정보시스템의 구현이 없을 때 원시적인 형태로 활용되어 왔다. 제조 시설에서도 시각적 통제도구는 제품생산의 적절한 흐름을 달성하고 낭비를 방지하기 위한 잠재력을 지니며 사용되었다. 제조현장에서 유용했던 도요타생산시스템은 칸반이나 안돈과 같은 시각적 통제도구를 제공한다. 시각적 통제도구는 생산성 향상에서 중요한 역할을 했으며, 품질, 스크랩, 안전, 예방보수, 스케줄링, 저장 등의 영역에서 적용될 수 있다[13]. 계시판의 차트나 표뿐만 아니라 보관대 등에서 사용하는 자석카드(마그넷) 등도 시각적 통제도구로 포함시키고 있다. 시각적 공장을 지향하며 시각적 공장 배치, 시각적 도구의 활용, 시각적 유지보수 등의 시각적 관리 기법을 제시하는 연구[30]도 진행된 바 있다.

4.2 차트 등의 시각적 디스플레이 (Visual Display)

제조업에서 컴퓨팅기술이 적용됨에 따라

1980년대부터 상호작용성이 주목을 받아왔다. 차량 스케줄링, 설비배치 및 스케줄링 문제의 영역에서 플로우차트, 간트차트, 각종 그래프, 선택메뉴와 같은 그래픽 인터페이스를 사용하는 몇 가지 상호작용 시스템에 대한 연구[8], 시각화 기법이 활용된, 코넬대에서 개발된 제조 스케줄링을 위한 교육용 시스템 시제품[18] 등이 제시되면서, 컴퓨터가 적용되는 제조 환경에서 시각화된 데이터를 통해 사용자가 제조공정을 더 잘 이해하기 시작했음이 설명되고 있다.

근래에는 대부분의 정보시스템이 그래프나 차트를 사용하고 있고, 제조 영역에서도 정보 시각화가 적용되고 있다. 가전제품, 목재제품, 수처리시설 등의 생산·공정관리 분야에서 이러한 사례연구를 찾아볼 수 있다. 가전제품 생산계획을 위한 의사결정시스템의 수학적모델링 및 시각화(프로그래밍) 사례에서는 단순한 사용자 인터페이스 설계와 혼합정수계획법의 해 등의 결과에 대한 사용자인터페이스 내부의 그래프 및 차트 표현을 설명한 바 있다[10]. 수처리시설의 사례에서는 공정 통제를 위해 사용되는 디스플레이의 그래픽 양식을 제시하고 정보의 표현과 사상(mapping)에서 그 양식이 유용함을 확인하고 있다[31]. 목재 관련 제품 제조 프로세스 모니터링을 위한, Excel VBA를 이용한 프로그램과 차트 응용 결과도 제시된 바 있다[4]. 이러한 시각적 디스플레이는 단순한 모니터링뿐만 아니라 의사결정을 지원하기 위한 것으로 확대 사용되고 있다. 자동차 제조업에서 스캐터플롯, 게이지 등을 이용한 작업 순서 데이터의 시각화 프로토타입 개발[36]이 그 예라 할 수 있다.

초기 코넬대의 시스템과 같이 제조 분야의

현장용은 아니지만 교육용 시스템에서 시각적 디스플레이는 특히 중요하게 다뤄지고 있다. Job-shop 환경에서 작업 배정(job dispatching)을 해볼 수 있는 시뮬레이션 도구를 개발하여 병목공정, 납기일 긴박성, 작업장 활용률을 변경 가능하게 함으로써 학습에 도움을 줄 수 있도록 한 국내의 연구[23]도 존재한다. 간트차트 형식을 제공하는 등의 기능을 Java 애플릿으로 구현하였고, 시각적 인터페이스를 통해 학생들이 생산공정과 일정계획을 이해할 수 있도록 지원하고 있다.

이 외에도 우수의약품제조관리기준(GMP)의 품질 보증 프로세스에 대해 파라미터 조정에 따른 품질 변동을 엔트로피로 해석하고 이를 Matlab 그래프로 표현하여 관리 가능성을 설명한 연구[17] 등도 있다.

4.3 프로세스 모델

코벨대의 시스템[18]은 문제 기술의 표현을 위한 네트워크 모델링 도구도 포함하고 있으며, 이와 같이 모델링 개념이 시각적으로 표현되어 활용된 연구들도 다수 존재한다.

제조 작업장 제어를 위해 플로우차트에 논리 요소(logic elements)와 의사결정 구조를 추가한 CADKEY 환경의 소프트웨어 패키지 개발[35], 생산공정 상의 정보를 시각화한 도구 및 시스템의 개발[29] 등이 제시되었다. 특히 [29]의 연구에서는 1개 중소기업을 대상으로 Excel 및 VBA 폼으로 데이터 입력 기능을, Visio로 생산공정 흐름도 시각화 기능을 구현하여 기업이 별도의 정보시스템 구입 없이 사용할 수 있도록 했으며, 박스 색깔, 공정상태 아이콘, 시간/설비/품질 점수 막대그래프 등으로 시각화하였다.

재공품에 대한 스케줄링 등에 대한 정보의 시각화 연구[43]도 앞서 언급한 바 있다.

부품 조립 계획 단계에서 디스플레이 방법에 대한 인간공학적 요소를 평가하고자 조립 프로세스에 대해 AutoCAD 도면을 포함한 노드-아크 다이어그램에 대한 비교 연구도 수행되었다[11]. 설계자들이 조립순서계획 작업을 할 때 어떤 기법이 유용한지에 대해 조사하였는데, 특히 자세한 시각화 기법에서 통합, 언어 부호화, 맥락정보 등을 검토하였다.

4.4 가상 제조 환경

일반적인 시각화 개념과 차이는 있으나 컴퓨터 그래픽스나 가상현실 기법도 시각화의 정의에는 부합한다 할 수 있다. 이러한 기법은 시뮬레이션 개념으로도 많이 활용되는데, 제조 시뮬레이션에서 시각화를 위한 그래픽의 요소로는 상호작용성(interactivity), 현실성(realism), 성능(performance), 유연성(flexibility), 사용 편의성(ease of use)이 꼽히고 있다[34]. 1990년대부터 제조환경에 대한 가상현실 기반의 연구결과가 발표되고 있는데, Java 3D와 VRML(virtual reality modeling language)로 구현한 디지털 가상제조환경(virtual manufacturing)이 제시된 바 있고[14], 작업자, 프로세스, 물류 등의 다양한 관점을 제공하는 가상현실 기반의 가상공장 설계 연구 현황의 소개와 가상공장이 협력적 계획 접근방법으로서의 도구 가능성도 제시되었다[48]. 또한 제품설계 단계에서 유지보수를 고려한 동시공학적 3D 가상현실 환경 시스템을 구성하는 방법도 연구되었다[32]. 또한 제품의 설계, 의뢰, 제조, 품질관리, 훈련, 모니터링 및 통제, 서비스 및 유지보

수의 전 과정에서 증강현실의 적용 가능성도 논의되었다[28].

CAD 데이터에 대한 활용과 시각화 측면의 연구도 진행되고 있는데, CAD 설계 도구와 3D 프린팅 등에 활용 가능한 적층제조(Layered Manufacturing) 프로세스 사이의 협업 지원을 위한 동시공학 개념의 인터넷 기반 설계 시각화 도구 연구[16], 통계적품질관리(SPC) 및 주성분분석(PCA) 기법과 과거 2차원 데이터에 대한 분석을 3차원으로 확대한 CAD를 접목하는 방법론 연구[46], 제조 형상에 대한 STEP-File 데이터, 특히 AP224 (Mechanical product definition for process plans using machining features) 데이터의 3D 표현에 대한 연구[42] 등이 존재한다. 제품의 CAD 데이터 시각화 외에도 작업장 설계시 3D CAD로 작업자(manikin)를 함께 표현하여 참여적인 인체공학작업을 개선했던 연구[41]도 추진된 바 있다.

4.5 제조 지원 프로세스

제조공정의 주변 프로세스인 전략수립, 목록관리, 물류관리, 품질관리 등에서도 시각화가 사용되어 왔다. 전략수립 도구인 전략차트의 시각적 표현이 제조 전략수립 시에도 유용함이 제시된 바 있으며[27], 이 연구에 참여한 케임브리지 대학의 Platts 교수는 시각화를 활용한 전략수립과 관련한 지속적인 연구결과를 발표하고 있다[6, 33]. 특히 전략계획을 수립할 때의 시각화 기법의 장트를 단계에 따라 구조화(분석)-정교화(개발)-순서화(기획)-상호작용(구현) 방법으로 구분한 바 있으며, 전략수립 시 시각화의 장점, 전략 시각화 방법, 단계별 사례 정리를 제시하고 있다[6]. 자동차부품

제조회사의 제조전략 분석을 위한 전략차트, 폴리머제조회사의 인과관계도 개발을 위한 액션플랜선택도구(TAPS), 시너지맵, 균형성과표(BSC) 트리 등을 사용한 사례가 언급되고 있다.

자동차산업의 인포테인먼트(infortainment) 네트워킹 표준기술(MOST)의 기능목록(functionalities catalog)에 대한 시각화 도구(MostVis)가 개발되어 제조업체와 부품 공급업자 간의 표준기술 공유 및 교육훈련 등에서 시각화기법 및 정보시스템이 유용하게 활용된 바 있다[38].

생산물류에서 MES를 중심으로 시각화 기법의 활용 방안도 개략적으로나마 제시된 바 있는데[49], 사물인터넷 환경에서의 적용가능성 측면에서 GPS 수집 정보의 지도 표현과 같은 수집된 정보의 시각화, 시각화를 위한 비전 기술의 사용 등으로 구분하고 있다.

품질관리 담당자의 작업을 위한 시각화 프로그램의 사용을 포함하여 제조 공정의 부품 품질관리에 대한 비전 및 영상처리 기술 활용도 연구된 바 있다[5].

4.6 시각적 분석(Visual Analytics)

시각화는 단순한 데이터 또는 모델의 표현에서 시각적인 분석 단계로 확장되고 있다. 특히 시각적 분석 및 통제를 통해 경영지원부문과 제조현장 사이의 전반적인 의사소통을 증진시킬 수 있다. 예로 시각적 분석 과정을 포함하여, 품질경영을 위한 일반적인 DMAIC 프로세스와 유사한 Raytheon 식스시그마 프로세스(visualize, commit, prioritize, characterize, improve, achieve)를 사용하여 관리가 개선됨이 확인되기도 하였다[1].

시각적 분석을 위해 생산계획 데이터를 종속 관계 및 규칙에 따른 이미지(누적 막대그래프 형식의 조합)로 표현한 시스템(Viz_planner)이 제시된 후[50], 관련 연구로 자원제약 및 현금흐름을 고려한 프로젝트 스케줄링용 시각화 프로토타입과 병목/충돌 공정 식별 목적의 시스템(SWAV)이 제시되기도 하였다[51].

통계패키지로 많이 알려진 SAS도 제조업 분야에서 자산 데이터의 선택 및 탐색, 판매 데이터 및 품질보증 하자요구를 이용한 자재명세서(Bill of material, BOM) 분석 등을 시각적 분석의 주요 활용 분야로 제시하고 있다.

4.7 시각화의 분류 및 평가

일반적인 시각화의 분류체계 외에 디지털공장 개념에 통합되어 사용되는 시뮬레이션과 시각화에 대한 분류체계(taxonomy)가 제시된 바 있는데[47], 독일표준 관점에서의 시각화 기법을 분류하고 있다. 참조하고 있는 표준은 그래픽스(VDI 3633 Part 11 2013) 8개 범주 및 정보처리(DIN 44300 Information Processing; Vocabulary) 4개 범주 관점의 것이다. 이 분류체계를 기반으로 창고관리 및 재고관리에 대한 사용자 요구사항에 따른 시각화 기법의 매핑(비교 및 선택) 사례도 제시되고 있다.

시각화 기법 및 도구에 대한 평가 연구는 자동차 제조업 분야에서 이뤄진 바 있다. 자동차 제조 작업 순서에 대한 데이터의 시각화 조합을 시나리오별로 평가하기도 했고[36], 대기업, 특히 자동차산업의 정보시각화 도구 평가 방안을 단계별(연구 설계, 참여자 모집, 데이터 수집, 데이터 분석, 결과 생성)로 구분하고, 단계별로 해야 할 작업들을 정리하고 권고사항

을 제시하기도 했다[39]. 후자의 연구는 사전 연구[38]에 이어 부품 3D 모델과 채팅 및 게시판 시스템을 이용하여 상호작용 기능을 구현한 시각화 도구(AutobahnVis)의 개발과 도구 적용시의 경험과 과거 사례에서의 경험에 기반을 두고 있다.

5. 결론 및 시사점

근래에는 인간-기계 시스템에서 상호작용이 많이 필요한 작업, 유의미한 결과를 쉽게 찾아볼 수 있는 작업, 결과를 보여줄 때 통찰력을 줄 수 있는 작업이 요구되고 있다. 시각화는 이러한 작업에서 공헌할 수 있으나, 제조 분야에서는 시각화의 역할이 아주 미미했다고 볼 수 있다. 시각판단능력에 간단한 도움을 주는 과거 칸반 등의 시각적 통제도구, 관리도 등의 시각적 디스플레이의 역할을 간과할 수 없으나, 앞서 언급한 시각화의 세 가지 개념을 제조 분야에서는 잘 활용하지 못하고 있었던 것이다.

본 연구는 제조 분야에서 시각화가 활용된 연구들을 검토하였고 시각화의 도입을 고려할 때 생각해야 할 것들 정리하였다. 프로세스 모니터링, 시뮬레이션, 의사결정 지원, 교육 지원 등에서 시각화가 어느 정도의 역할을 하고 있음을 확인할 수 있었고, 기술 및 개념의 발전과 함께 활용 영역이 확대됨을 알 수 있었다. 스케줄링 중 주문 순서 제어(Sequencing)에 대한 시각화 기법 적용에 관한 Sackett 등의 연구[37]에서 제시된 바와 같이 <Table 1>처럼 주요 기능 요구사항별로 기존 연구의 시각화 기능과 응용 사례를 매핑한 결과를 참고하여 시각화의 적용

가능성을 확인할 수 있을 것이다.

e-비즈니스, 특히 제조정보시스템의 선진화를 위해서는 시각화에 기반을 둔 의사결정 도구를 고려해야 할 것이다. 특히 중소기업에서는 사용자 중심의 직관적인 정보시각화뿐만 아니라 데이터 구조화 및 통합, 데이터 공유를 위한 신뢰관계 구축 등도 뒤따라야 할 것이다. 또한 시각화가 프로세스의 분석과 개선 등에

큰 도움을 줄 수 있지만, 사용자의 지식과 문제에 대한 이해에 좌우될 수 있으므로 교육과 훈련도 무시하면 안 될 것이다. 또한 현재 사용하고 있는 정보시스템에 대한 이해도 필요하다. 이 외에도 데이터 제공자와 사용자의 협력, 제조 프로세스의 이해에 의한 데이터의 통합, 사용성과 예술성 향상, 적절한 도구의 사용 등을 고려해야 할 것이다.

<Table 1> Visualization Functionalities and Functional Requirements(36)

Problem-solving tasks	Offered functionalities		Functional requirements					
			sequence data	Dynamically update with manufacturing consistently occur	Highlight areas where problems	production status	Communicate current and predicted	Address different levels of decision makers
Production-based tasks	Focus attention	Allows managers to identify the areas of interest		X	X	X	X	
	Trigger memory	Allows managers to make connections among past events	X	X	X			
	Share thinking	Enables managers to share their thinking with colleagues				X	X	X
	Stimulate thinking	Provides an invitation to view a situation in a way that often stimulates fresh thinking		X	X			
Confirmatory tasks	Bridge missing Information	Exploits the human visual system to extract information from incomplete data	X		X			X
	Challenge self-imposed constraint	Enables managers to look at a problem in a new way		X		X	X	
	Highlight key factors	Allows managers to specify explicitly their views on the importance weighting of variables		X				
Exploratory tasks	Identifies structure, trends and relationships	Identifies structure, patterns, trends, anomalies, and relationships in data	X	X	X	X	X	X
	Display multi-variate Performance	Enables managers to analyse complex performance			X			X
	Provide an overview of complex data sets	Provides a picture of the problem that is relatively easily examined, explored and changed			X			X

References

- [1] Antoniou, C. J., Using visual analytics to drive lean behavior in program management office, Master's thesis, MIT, 2008.
- [2] Card, S. K., MacKinlay, J., and Shneiderman, B. (eds.), *Readings in Information Visualization: Using Vision to Think*, Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, 1999.
- [3] Clegg, C., Axtell, C., Damodaran, L., Farbey, B., Hull, R., Lloyd-Jones, R., Nicholls, J., Sell, R., Tomlinson, C., "Information technology: a study of performance and the role of human and organizational factors," *Ergonomics*, Vol. 40, No. 9, pp. 851-871, 1997.
- [4] Cook, D. F., Zobel, C. W., and Nottingham, Q. J., "Excel-based application of data visualization techniques for process monitoring in the forest products industry," *Forest Products Journal*, Vol. 54, No. 5, pp. 57-6, 2004.
- [5] Demant, C., Streicher-Abel, B., and Garnica, C., *Industrial Image Processing: Visual Quality Control in Manufacturing*, 2nd edition, Springer, 2013.
- [6] Eppler, M. J. and Platts, K. W., "Visual Strategizing: The Systematic Use of Visualization in the Strategic-Planning Process," *Long Range Planning*, Vol. 42, No. 1, 2009.
- [7] Fekete, J.-D., van Wijk, J. J., Stasko, J. T., North, C., "The Value of Information Visualization," *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 4950, pp. 1-18, 2008.
- [8] Fisher, M. L., "Interactive optimization," *Annals of Operations Research*, Vol. 5, No. 3, pp. 539-556, 1985.
- [9] Folorunso, O. and Ogunseye, O. S., "Challenges in the Adoption of Visualization System: A Survey," *Kybernetes*, Vol. 37, No. 9/10, pp. 1530-1541, 2008.
- [10] Gazmuri, P. and Arrate, I., "Modeling and Visualization for a Production Planning Decision Support System," *International Transactions in Operational Research*, Vol. 2, No. 3, pp. 249-258, 1995.
- [11] Gerace, J. and Gallimore, J. J., "Evaluation of visual display techniques for assembly sequence planning," *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, Vol. 11, No. 3, pp. 213-231, 2001.
- [12] Godin, V. B., "Interactive scheduling: historical survey and state of the art," *AIIE Transactions*, Vol. 10, No. 3, pp. 331-33, 1978.
- [13] Gritzmacher, K. J., "Visual control tools: A hidden productivity factor?," *National Productivity Review*, Vol. 6, No. 4, pp. 314-323, 1987.
- [14] Haage, M. and Nilsson, K., "On the scalability of visualization in manufacturing," *Proceedings on ETFA '99 (1999 7th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation)*,

- 1999.
- [15] Jang, Y., "Utilization of Big-data Technologies in Manufacturing Domain, Information & communications magazine, Vol. 29, No. 11, pp. 30-35, 2012.
- [16] Jee, H. and Campbell, R. I., "Internet-Based Design Visualization for Layered Manufacturing," *Concurrent Engineering*, Vol. 11, No. 2, pp. 151-158, 2003.
- [17] Jha, P. K., Jha, R., Datt, R., and Guh, S. K., "Entropy in good manufacturing system: Tool for quality assurance," *European Journal of Operational Research*, Vol. 211, No. 3, pp. 658-665, 2011.
- [18] Jones, C. V. and Maxwell, W. L., "A System for Manufacturing Scheduling with Interactive Computer Graphics," *IIE Transactions*, Vol. 18, No. 3, pp. 298-303, 1986.
- [19] Kang, S. and Shim, J., "Visualization Techniques for Product Searching: using classification and property information," *Journal of Society for e-Business Studies*, Vol. 11, No. 3, pp. 35-51, 2006.
- [20] Kim, J., "Analysis of IT Investment and Usage of Korean Manufacturing Companies: Difference between SMEs and Large Corporates," *Entrue Journal of Information Technology*, Vol. 13, No. 2, pp. 23-33, 2014.
- [21] Latham, R., *The Dictionary of Computer Graphics and Virtual Reality*, Springer-Verlag: New York, 1995.
- [22] LaValle, S. et al., "Big data, analytics and the path from insights to value," *MIT Sloan Management Review*, Vol. 52, No. 2, pp. 21-31, 2011.
- [23] Lee, M. S. and Moon, S. H., "The Study on Educational Job Shop Scheduling Interface Development using Human-Computer Interaction(HCI)," *Business Education Review*, Vol. 56, pp. 69-89, 2009.
- [24] McKinsey Global Institute, *Big data: The next frontier for innovation, competition and productivity*, 2011.
- [25] McCormick, B. H., DeFanti, T. A., and Brown, M. D., "Visualization in scientific computing-a synopsis," *IEEE Computer Graphics and Application*, Vol. 7, No. 7, pp. 61-70, 1987.
- [26] McKensey Global Institute, *Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity*, 2011.
- [27] Mills, J., Neely, A., Platts, K., and Gregory, M., "Manufacturing strategy: a pictorial representation," *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 18, No. 11, pp. 1067-1085, 1998.
- [28] Navab, N., "Developing killer apps for industrial augmented reality," *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol. 24, No. 3, 2004.
- [29] Oh, B. S. and Park, J. I., "Development of a Production Information Visualization Tool for Small Production Companies," *Journal of the Korean Institute of Plant Engineering*, Vol. 15, No. 4, pp. 135-143, 2010.

- [30] Ortiz, C. A. and Park, M., *Visual Controls: Applying Visual Management to the Factory*, Productivity Press, 2011.
- [31] Pedersen, R. and May, M., "Visualization in process control," *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, Vol. 9, No. 3, pp. 267-276, 1999.
- [32] Peng, G., Hou, X., Gao, J., and Cheng, D., "A visualization system for integrating maintainability design and evaluation at product design stage," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 61, No. 1-4, pp. 269-284, 2011.
- [33] Platts, K. and Tan, K. H., "Strategy visualisation: knowing, understanding, and formulating," *Management Decision*, Vol. 42, No. 5, pp. 667-676, 2004.
- [34] Rohrer, M. W., *Seeing Is Believing: The Importance of Visualization In Manufacturing Simulation*, Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference, 2000.
- [35] Saboo, J. V. and Deisenroth, M. P., "Graphical control of manufacturing work cells," *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 23, No. 1-4, pp. 49-53, 1992.
- [36] Sackett, P. J. and Williams, D. K., "Data visualization in manufacturing decision making," *Journal of Advanced Manufacturing Systems*, Vol. 2, No. 2, pp. 163-185, 2003.
- [37] Sackett, P. J., Al-Gaylani, M. F., Tiwari, A., and Williams, D., "A review of data visualization: Opportunities in manufacturing sequence management," *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 19, No. 7, pp. 689-704, 2006.
- [38] Sedlmair, M., Bernhold, C., Herrscher, D., Boring, S., and Butz, A., "Mostvis: An interactive visualization supporting automotive engineers in most catalog exploration," *Proceeding of the Conference on Information Visualization*, Vol. IV, pp. 173-182, 2009.
- [39] Sedlmair, M., Isenberg, P., Baur, D., and Butz, A., "Evaluating Information Visualization in Large Companies: Challenges, Experiences and Recommendations," *Proceedings of the 3rd BELIV Workshop*, pp. 79-86, 2010.
- [40] Shneiderman, B., "Inventing Discovery Tools: Combining Information Visualization with Data Mining," *Information Visualization*, Vol. 1, No. 1, pp. 5-12, 2002.
- [41] Sundin, A. and Medbo, L., "Computer visualization and participatory ergonomics as methods in workplace design," *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, Vol. 13, No. 1, pp. 1-17, 2003.
- [42] Teich, T. et al., "Using ISO 10303-224 for 3D Visualization of Manufacturing Features," *Lecture Notes in Business Information Processing*, Vol. 46, pp. 198-209, 2010.
- [43] Thron, T., *Work in progress visualization & scheduling within an ERP driven manufacturing environment*, *IEEE International Conference on Service Operations*

- and Logistics, and Informatics, 2008.
- [44] Vessey, I., "Cognitive Fit: A Theory-Based Analysis of the Graphs Versus Tables Literature," *Decision Sciences*, Vol. 22, No. 2, pp. 219-240, 1991.
- [45] Ware, C., *Information Visualization: Perception for Design*. Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, 2004.
- [46] Wells, L. J., Megahed, F. M., Camelio, J. A., and Woodall, W. H., "A framework for variation visualization and understanding in complex manufacturing systems," *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol. 23, No. 5, pp. 2025-2036, 2011.
- [47] Wensel, S., Bernhard, J., and Jessen, U., A taxonomy of visualization techniques for simulation in production and logistics, *Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference: Driving Innovation*; New Orleans, LA; United States, 2003.
- [48] Wiendahl, H.-P. and Fiebig, T. H., "Virtual factory design: A new tool for a co-operative planning approach," *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 16, No. 7-8, pp. 535-540, 2003.
- [49] Wu, J. and Zhang, J., *Visualization techniques in Logistics: Case study on the strategy development for logistics network in Internet of Things era*, Master's thesis, University of Gävle, 2011.
- [50] Zhang, P., "Visualizing production planning data," *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol. 16, No. 5, pp. 7-10, 1996.
- [51] Zhang, P. and Zhu, D., *Information visualization in project management and scheduling*, *Proceedings of the 4th Conference of the ISDSS*, 1997.

저 자 소 개



장태우

1995년

1997년

2004년

2002년~2007년

2007년~현재

관심분야

(E-mail: keenbee@kgu.ac.kr)

서울대학교 산업공학과 (학사)

서울대학교 산업공학과 (석사)

서울대학교 산업공학과 (박사)

한국전자통신연구원 연구원/선임연구원

경기대학교 산업경영공학과 부교수

시스템분석, 정보시스템, 우편/물류/SCM