

3D 프린팅 서비스 기반 개인제조를 지원하는 확장 제품자료관리 시스템

도남철[†]

경상대학교 산업시스템공학부, ERI

An Extended Product Data Management System Supporting Personal Manufacturing Based on Connected Consumer 3D Printing Services

Namchul Do[†]

Dept. of Industrial and Systems Engineering, Gyeongsang Nat'l Univ., ERI

Received 15 February 2016; received in revised form 4 April 2016; accepted 5 April 2016

ABSTRACT

The low price around 1000 USD makes consumer 3D printers as a new additive manufacturing platform for the personal manufacturing where consumers can make and sell their own products. To allow the consumers to design and manufacture their products, not only economic 3D printers but also supporting information systems for their design and manufacturing are essential. This study suggests an extended product data management (PDM) system that can support both the design and manufacturing of personal products with consumer 3D printing services. This extended PDM system helps consumer designers use advanced PDM technologies for their design and connected 3D printing services with Internet of Things (IoT) technology for realization of their products. As a result, the proposed system supports the consumer designers a seamless integrated product development and manufacturing environment supported by PDM and consumer 3D printing services.

Key Words: Consumer 3D Printers, Local 3D Printing Service, Personal Manufacturing, Product Data Management, Internet of Things

1. 서 론

3D 프린터는 적층가공(Additive Manufacturing)을 지원하는 제조 기계로써 액체나 파우더 형태의 수지, 금속 등의 재료를 층층이 쌓아 올려(Layer-by-layer) 3차원 물체를 제조한다. 적층가공은 가공 기계나 레이저를 이용하여 자르거나 깎아 제품

을 생산하는 절삭가공(Subtractive Manufacturing)과 반대되는 개념이며, 한층 한층 쌓아간다는 점에서 금형 등의 틀을 이용하는 사출성형이나 주조와는 다르다. 절삭, 주조 그리고 성형 등의 전통 제조 방식은 여러 단계의 공정을 거치지만 적층가공은 별도의 공정 없이 3차원 CAD 모델에서 직접 제품을 제작할 수 있다.

개인용 혹은 가정용 3D 프린터(Consumer 3D Printer)는 개인이 구입할 수 있는 약 1000불 이하의 저렴한 3D 프린터이다. 현재 개인용 3D 프린

[†]Corresponding Author, dnc@gnu.ac.kr

터 시장은 2007-2011년간 매년 200-400% 이상 성장을 하고 있으며 가장 큰 3D 프린터 시장을 형성한다^[1]. 개인용 3D 프린터가 확산됨으로써 개인이나 소규모 기업이 소유한 3D 프린터를 인터넷을 이용하여 공유할 수 있도록 중계하는 인터넷 기반 3D 프린팅 서비스(3D Printing Service)가 활성화되고 있다.

개인제조(Personal Manufacturing)란 개인이 적층가공이나 레이저 절삭기, 그리고 소형 컴퓨터를 이용하여 제품을 설계, 제조 그리고 판매하는 새로운 생산 방식을 뜻한다^[2]. 개인이 설계, 생산 그리고 판매를 효과적으로 수행하기 위해 정보기술의 지원이 필요하다. 하지만 현재 개인제조는 이메일 같은 일반 인터넷 서비스나 개별적인 CAD/CAM 소프트웨어를 활용할 뿐 통합적인 정보시스템 지원을 받지 못하고 있다.

개인제조는 소수의 인력이 제품 설계와 생산 전 과정을 수행해야 함으로 부담이 클 뿐만 아니라, 다품종 소량생산 특성으로 고객 수에 비하여 많은 종류의 설계와 생산 자료를 관리해야 한다. 그러므로 통합 설계 생산 관리 시스템 지원이 없을 경우, 고객 및 생산정보와 분리된 설계 자료관리와 빈번한 제품구성(Product Configuration) 관리의 어려움으로 경쟁력 있는 개인제조가 불가능하다.

본 연구의 목표는 3D 프린팅 서비스 기반 개인제조 통합 지원 정보 시스템 프레임워크를 제안하는 것이다. 제안하는 프레임워크는 세가지 특징이 있다. 첫째, 개인제조를 위한 제품설계, 공정계획, 생산계획 그리고 제조실행을 지원한다. 둘째, 제품설계를 지원하는 제품자료관리(Product Data Management: PDM) 시스템을 확장하여 통합 지원 정보 시스템을 구성한다. 셋째, 통합 지원 정보 시스템에 소셜 미디어(Social Media), 적층가공 그리고 사물인터넷(Internet of Things: IoT) 기술을 도입한다.

제안된 프레임워크의 유효성을 확인하기 위하여 인터넷 기반 3D 프린팅 서비스를 지원하는 확장 PDM 시스템을 개발한다. 개인 생산자는 단일 PDM 시스템을 이용하여 제품 설계와 생산을 수행할 수 있다. 이는 설계와 생산 정보관리 지원이 부족했던 개인 생산자들에게 통합 정보관리 서비스를 제공한다는 점에서 의미가 있다.

본 논문의 2절에서 관련 연구를 설명한다. 3절에서 제안된 개인제조 통합 지원 정보 시스템 프

레임워크를 설명하고 4절에서 이를 구현한 PDM 시스템과 활용 예를 설명한다. 5절에서 연구를 정리하고 결론을 도출한다.

2. 관련 연구

2.1 적층가공의 특징

3D 프린팅은 적층가공의 일종으로 기존 대량생산 방식에 비해 다음과 같은 장점을 가진다. 첫째, 3D 형상 모델에서 직접 최종 제품 생산이 가능하다. 대량생산에 필요한 초기 설정 및 중간 공정이 필요 없으므로 제조 공정이 단순해지고 전용 생산 설비가 필요 없다. 또한 조립 과정이 단순하며, 구동 가능한 조립품을 단위 공정을 통해 제작할 수 있다. 둘째, 3D 프린터로 자유로운 형상의 제품 제조가 가능하다. 예로 허니컴 내부 구조와 자유곡면을 표면으로 가진 제품을 단위공정을 통해 생산할 수 있다. 셋째, 3D 프린팅은 절삭가공에 비하여 재료의 낭비가 적고, 가공과정에서 절삭유나 먼지가 발생하지 않는다^[3].

그러므로 적층가공 시스템은 시제품제작, 다품종 소량 생산, 개인 맞춤형 제작과 복잡한 형상 제작에 유리하며, 비싼 재료를 사용할 경우 재료의 낭비를 막아 재료비를 절감할 수 있다. 아울러 제조공정 간소화 및 인건비와 조립 비용 절감 측면에서도 유리하다.

2.2 개인용 3D 프린터 생태계

3D 프린터 가격은 Fused Deposition Modeling 특허권 만료와 공개 3D 프린터 하드웨어와 소프트웨어^[4]의 출현으로 1000불대 이하로 낮아지고 있다. 이를 통하여 개인과 가정에서 3D 프린터를 보유하고 사용하는 개인용 3D 프린터 시장이 확산되었다.

개인용 3D 프린터 시장에는 프린터와 재료 판매 시장 외에 3D 프린터용 모델 교환과 프린팅 서비스 시장이 존재한다.

3D 프린터로 제작된 제품의 온라인 판매를 제공하는 Shapeways는 3D 모델링과 3D 프린팅 서비스를 추가로 제공한다^[5]. 3D 프린팅 서비스는 품질을 위하여 자체 시설에서만 생산하고 개인 3D 프린터 중계 서비스는 제공하지 않는다.

Thingiverse는 3D 프린터 업체인 Makerbot사의 3D 에코 시스템으로써 수십 만개의 3D 모델을 공

유하는 커뮤니티의 집합체이다⁶⁾.

Autodesk 123D는 Autodesk사에서 개발한 3D 프린팅을 위한 설계 도구를 제공한다⁷⁾. 이 사이트는 3D 모델 작성뿐만 아니라 3D 형상 추출, 회로 작성 등을 위한 소프트웨어 도구도 제공한다.

3D Hubs는 전세계를 대상으로 지역 3D 프린팅 서비스를 대행하는 서비스이다. 제공 서비스는 파일 업로드, 재료선택 그리고 지역 3D 프린팅 서비스 선택 순으로 진행된다⁸⁾. 지역 프린팅 서비스는 수요자의 위치를 고려하여 선택할 수 있으며, 재료, 기간, 비용 그리고 사용자 평가 정보가 제공된다.

현재 3D 프린터 관련 서비스는 형상 모델 설계, 모델 공유, 3D 프린팅 서비스 그리고 3D 프린팅 제품 판매 등 3D 프린터로 제작된 제품의 수명주기 전체를 통합 지원하는 형태로 진화하고 있다.

2.3 설계 생산 통합 정보 시스템 연구

동시공학(Concurrent Engineering)은 제품설계에 생산과 고객지원에 대한 기술적 문제를 동시에 고려함으로써 제품 출시 시간을 줄이는 활동을 뜻한다⁹⁾. 동시공학은 전체 제품수명주기를 고려한 제품개발이라는 개념적 바탕을 제공하고 있으며, 이를 지원하는 다양한 도구들이 연구되었다.

생산고려 설계(Design For Manufacturing: DFM)는 제품 공정을 미리 고려하는 제품설계 방법으로 설계와 공정계획 통합 문제를 다룬다. 설계와 공정계획 통합에 관한 많은 연구들이 제품 형상에 의미를 부여한 Feature 개념을 이용하였다¹⁰⁾. 구체적인 방법으로 Feature가 같은 부품들을 그룹화하여 공정계획의 효율성을 높이는 Group Technology가 연구되었다.

Computer-Aided Process Planning(CAPP)이란 설계 정보를 바탕으로 공정계획을 지원하는 컴퓨터 기반 정보 시스템이다. CAPP 연구에서 제품의 Feature를 분석하여 생산기술을 선택하는 방식이 많이 사용되었다. 생산기술 선택 방법으로 사례검색, 지식기반 추론, 그리고 시뮬레이션 방식 등이 사용되었다.

시뮬레이션 기반 설계와 공정 통합 연구¹¹⁾를 설계와 공정계획 통합 연구의 한 예로 들 수 있다. 연구에서 제안한 방법은 CAD, CAM, CAPP 그리고 의사결정 지원 도구를 포함한 복잡한 단계로 구성되어 있으며 대량생산을 위한 복잡한 공정 계획 문제에 적용되어야 하는 제약이 있다. 따라서

본 연구의 주제인 다품종 소량생산 방식인 개인제조에 적용되기는 어렵다.

최근 적층가공을 위한 공정계획 통합 연구가 활발히 이루어지고 있다. Kulkarni *et al.*은 가공 모델의 방향, 서포트(Support), 슬라이싱(Slicing) 그리고 경로계획을 통해 적층가공을 위한 공정계획 연구를 분류하였다¹²⁾. 또한 동시에 출력되는 다수 부품 간의 효과적 배치 연구도 진행되었다¹³⁾. 의료 제품 3D 프린팅을 위한 CAPP에 대한 연구가 진행되었다¹⁴⁾. 이 연구는 3D 프린터를 이용한 공정계획의 개념적 순서만 제공하고, 구현과 사례는 추후 연구로 남겨놓았다.

위의 연구들은 주로 설계와 공정계획을 통합하는 시스템을 제안한 반면 본 연구는 단일 PDM 시스템에서 설계, 공정계획, 생산계획 그리고 제조실행의 전 과정을 지원하는 시스템을 제안한다. 본 연구에서 설계에서 제조실행까지 통합이 가능한 이유는 개인제도가 적층가공 기법과 다품종 소량생산방식을 도입하여 공정계획과 생산계획의 부담을 줄였기 때문이다. 또한 본 연구에서 제조실행 통합은 3D 프린팅 서비스와 사물인터넷 기술 도입으로 가능하였다.

PLM을 통하여 확장된 제품 수명주기를 지원하는 연구로써 Closed-Loop PLM 연구가 있다^{15,16)}. 이 연구에서 제안한 PLM 시스템은 사용과 폐기까지 확장된 제품 수명주기를 지원한다. 본 연구도 설계에서 생산까지 통합 지원하는 PDM시스템을 제안하였다. 제품중심 정보를 다루는 Closed-Loop PLM과 비교하여, 제안된 PDM 시스템은 제품 이외의 정보인 공정계획, 생산계획 그리고 제조실행 정보를 관리하고, 개인제조를 통합 지원한다는 점이 다르다.

3. 통합 지원 정보 시스템 프레임워크

본 절에서는 제안된 개인제조 통합 지원 정보 시스템 프레임워크를 설명한다. 본 논문에서 정보 시스템 프레임워크는 대상 제조 프로세스를 지원하기 위한 시스템의 지원 범위와 기존 시스템 통합 방법 그리고 통합 도구들에 대한 개념적인 명세들이다.

3.1 설계, 공정계획, 생산계획 그리고 제조실행 기능 통합

본 논문에서는 Fig. 1과 같이 개인제조를 위한

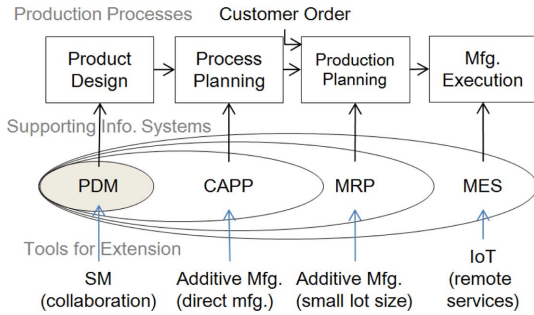


Fig. 1 The framework of the integrated production support information system

제품 제조 단계(Production Processes)를 제품설계(Product Design), 공정계획(Process Planning), 생산계획(Production Planning) 그리고 제조실행(Manufacturing Execution)으로 구성한다.

제품설계는 형상이나 치수를 포함한 제품 속성을 정의하고, 공정계획은 제품설계를 실제 제품으로 제조할 수 있는 제작 기술과 방법을 정의한다. 생산계획은 제품의 주문(Customer Order)과 공정계획 결과를 이용하여 생산량과 시기를 결정한다. 마지막 제조실행은 생산계획을 실행하며 그 과정을 감시하고 제어한다.

3.2 PDM 시스템 기반 통합

앞의 4개 주요 제조 과정을 지원하는 기존 정보 시스템(Supporting Information System)으로는 제품설계를 지원하는 Product Data Management (PDM) 시스템, 공정계획을 지원하는 Computer-Aided Process Planning(CAPP) 시스템, 생산계획을 지원하는 Material Resource Planning(MRP) 시스템 그리고 제조실행을 관리하는 Manufacturing Execution System(MES)을 들 수 있다.

제안된 프레임워크는 제품설계를 지원하는 PDM 시스템을 기반으로 나머지 CAPP, MRP 그리고 MES 기능을 통합한다. PDM 시스템 확장을 통한 통합은 다음과 같은 개인제조 특성을 고려하였다.

첫째, 개인제조는 제품설계와 생산 시 소셜 미디어(Social Media)를 통한 외부 전문가와 협동작업이 필요하다. 현재 제품설계에서 소셜 미디어를 이용한 설계지식의 전달에 대한 연구^[17,18]가 진행되었으며, 소셜 미디어 통합 PDM 시스템이 미래 PDM의 주요 요소가 될 것으로 예측되고 있다^[19,21]. 그러므로 Fig. 1에서 확장도구(Tools for Extension)

의 소셜 미디어를 통해 Social PDM 기반 프레임워크를 제안하였다.

둘째, 개인 생산자는 각 제조과정을 지원하는 개별적인 소프트웨어를 소유하기 어려우며 웹을 통한 서비스 기반의 정보 시스템 지원이 필요하다. PDM은 CAPP나 MRP 시스템에 비하여 웹 기반 서비스의 연구^[22]와 구현^[23]이 많이 되어 있다. 또한 웹 기반 제품설계 서비스는 3D 프린팅 서비스와 통합에도 유리하다.

셋째, 개인제조는 다품종 소량생산 형태이므로 극단적으로 각 주문마다 다른 제품을 설계해야 한다. 그러므로 고객주문을 위한 효율적인 제품설계 재사용이나 버전관리 기능이 필요하며, 생산 자료에 비하여 설계 자료의 복잡도와 양이 증가할 것이다. 그러므로 설계자료와 프로세스를 관리하는 PDM 기반의 통합이 유리하다.

넷째, 개인제조는 다품종 소량생산 방식은 CAPP와 MRP의 중요성을 감소시킨다. 다품종 소량 생산이므로 대량생산 환경보다 공정계획이 생산 효율에 미치는 영향이 제한적이다. 3D 프린팅 서비스를 사용할 경우 네트워크 상의 가용한 3D 프린팅 서비스를 사용하면 되므로 MRP의 중요성이 감소된다. 다품종 소량 생산을 대응하기 위하여 공정계획과 생산계획이 자주 빠르게 실행되어야 한다. 그러므로 효율성이 떨어지더라도 공정계획이 필요 없거나 빨리 자주 준비될 수 있어야 한다.

다섯째, 적층가공 방식은 CAPP를 단순화 시킨다. 3D 프린터 기반 개인 제조의 경우 3D 모델에서 직접 최종 제품이 생성되므로 공정 종류가 단

Table 1 Comparisons of supporting information systems between mass production and personal manufacturing systems

	대량생산 방식	개인제조 방식
PDM	내부 설계자 간 협업	소셜 미디어를 통한 외부 전문가 협업, 다수의 설계와 제품구성 관리
CAPP	복잡한 중간 공정, 사소한 공정 차이도 생산에 큰 영향	단순한 공정(3D 프린팅 특징), 공정의 생산 영향이 상대적으로 적음
MRP	복잡한 BOM 사용, 공급처 관리 및 재고 관리 중요	네트워크 상의 3D 프린터 사용으로 재고와 공급처 관리가 유연함
MES	내부 전용 시설 및 관리 시스템 사용	상황에 따라 다른 지역 프린팅 서비스 사용

순화되고, 심한 경우 공정계획 자체가 필요 없을 수 있다^[14].

Table 1은 기존 생산방식과 3D 프린팅 기반 개인제조의 차이점을 보여준다.

3.3 소셜미디어, 적층가공, 사물인터넷 기술 도입

Fig. 1의 제안된 프레임워크의 확장도구는 기존 제품자료관리 기술을 제외한 확장 PDM을 지원하는 새로운 정보 기술을 서술한다. 관련 정보 기술은 설계자와 타 분야 전문가의 협동작업을 지원하는 소셜 미디어, CAPP와 MRP 의존을 감소시키는 적층가공(Additive Manufacturing) 그리고 MES 기능을 지원하는 사물인터넷 기술이다. 개인제조에서 소셜 미디어와 적층가공이 PDM, CAPP 그리고 MRP에 미치는 영향과 확장 방향은 3.2절의 PDM 확장 이유에서 다루었다. 그러므로 이 절에서는 사물인터넷과 MES 확장 기능에 대해서만 서술한다.

사물인터넷이란 센서를 가진 사물들이 인터넷에 연결되고 이 센서에서 생성된 정보가 인터넷을 통해 수집, 가공 그리고 전달되는 환경을 뜻한다^[24]. 적극적으로는 인터넷을 통해 연결된 사물들을 제어할 수 있는 환경을 포함하기도 한다. 현재 제공되는 3D 프린팅 서비스는 설계자가 3D 형상 모델만 제공하고 3D 프린팅 과정에는 참여하지 못한다. 제안된 시스템은 인터넷을 통해 3D 프린터를 PDM 서버와 연결시켜 설계자가 3D 프린팅 과정에 생성되는 온도나 동영상 정보를 받을 수 있고 공정을 제어 할 수도 있다.

본 논문에서 사용한 사물인터넷 기술은 오픈 소스 기반의 Octo Print로써 Raspberry Pi 하드웨어 환경에 설치되는 제어 소프트웨어 기술이다^[25]. 이 기술을 활용하면 웹 서버와 카메라를 이용하여 3D 프린터를 제어할 수 있는 사물인터넷 환경을 구성할 수 있다. 이와 같은 사물인터넷 기반 3D 프린팅 서비스를 통합할 경우 PDM 시스템에서 제조 과정을 관찰하고 제어 할 수 있다.

4. 확장 PDM 시스템 구현 및 적용 예

4.1 확장 PDM 시스템 모델

Fig. 2는 제안된 프레임워크의 유효성을 확인하기 위하여 구현된 PDM 시스템의 구성요소를 보여준다. PDM 서버, 데이터베이스 그리고 웹 브라우저

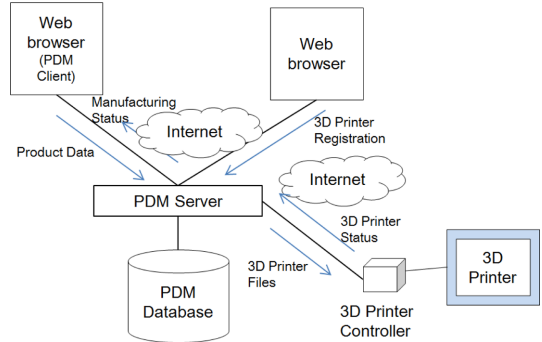


Fig. 2 The main components of Extended PDM system for Personal Manufacturing

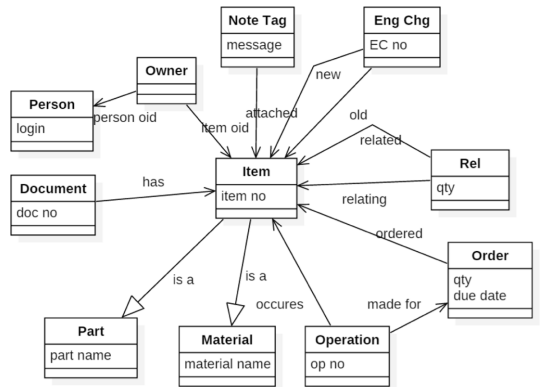


Fig. 3 Data model for extended PDM system

를 이용한 PDM 클라이언트는 일반적인 PDM 시스템의 구조를 보여주며, 이를 이용하여 개인 생산자는 부품목록을 생성하고 부품 별 기술문서를 관리하고 부품 간 제품구조를 생성한다. 또한 개인 생산자는 PDM 시스템을 이용하여 설계한 제품을 생산할 3D 프린터를 선택할 수 있다.

PDM 서버에 3D 프린터를 연결하기 위하여 3D 프린터 제어기(3D Printer Controller)가 추가된다. 제어기는 인터넷을 통하여 3D 프린터를 PDM 서버에 연결하며, 형상 파일 업로드, 현재 상태 확인 그리고 공정 제어 기능을 제공한다. 이 기능은 확장된 PDM 시스템을 통해 개인 생산자가 직접 사용할 수 있다.

Fig. 3은 제안된 확장 PDM 시스템의 자료모델을 보여주고 있다. 모델에서는 PDM 시스템 일반 기능을 위한 Item, Rel(ationship), Document, Person 그리고 Engineering Change(EC) 객체를 제공한다. Item, Part, Material 객체는 설계대상 부품, 재료 등을 나타내며, REL은 부품 사이의 제품

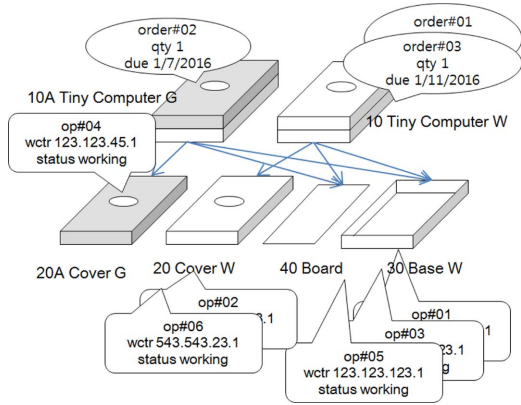


Fig. 4 Example products and their order and operation instances

구조를 나타낸다. Document는 부품에 연결된 3D CAD를 포함한 기술문서를 나타낸다. Person 객체는 Owner를 이용하여 사용자 권한을 표현한다. 설계변경을 표현하는 EC 객체를 이용하여 제품설계 정보의 변화를 저장한다. Note Tag 객체는 사용자와 제품 자료 객체에 대한 소셜 미디어 자료를 표현한다. 이 객체를 이용하여 사용자들은 제품설계 생산에 대한 의사교환을 할 수 있다. Note Tag는 Social PDM 기능을 구현하며, 이는 관련 연구^[17]에 설명되어 있다.

기존의 설계정보 외에 생산을 위하여 Order와 Operation 객체가 추가되었다. 주문 받은 제품에 연결된 Order 객체는 주문날짜와 수량 등의 속성이 포함된다. Operation 객체는 각 부품의 생산을 위한 3D 프린팅 서비스 정보를 관리한다. Operation 객체는 원인을 제공한 Order와 made for 관계로 연결되어 있다.

Fig. 4는 제안된 자료모델을 설명하기 위한 예를 보여주고 있다. 예제 제품 10 Tiny Computer W는 전자회로 보드 40 Board와 이를 감싸는 두 개의 부품, 20 Cover W와 30 Base W로 구성되어 있다. 구성관계는 두 부품들 사이에 화살표로 표시되어 있다. 예제에서 10A Tiny Computer G 제품은 10 Tiny Computer W의 20 Cover W를 20A Cover G로 변경하고 이 외의 부품들은 그대로 사용하고 있다. Fig. 4에는 제품에 대한 3개의 주문이 존재하며, order #01-03으로 표시되어 있다. 각 주문에 대응하는 3D 프린팅 관련 정보는 op#01-06으로 표시되어 있다.

Fig. 5는 Fig. 4의 예제 제품 정보를 Fig. 3의 자

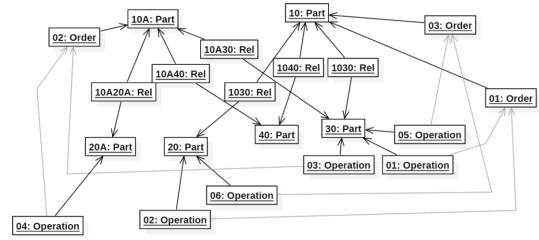


Fig. 5 Instance model of the example in Fig. 4

료모델을 이용하여 표현한 것이다. 각 객체는 예제에서 사용한 부품 번호(예로 10 Tiny Computer W는 10), 주문번호(예로 order#01은 01) 그리고 작업번호(예로 op#01은 01)를 이용하여 식별하였다.

4.2 확장 PDM 시스템 구현

제안한 시스템 구조와 자료모델을 기반으로 기존 PDM 시스템^[26]을 확장하여 개인 제조를 위한 설계와 생산을 동시에 지원하는 PDM 시스템을 구현하였다. Fig. 6은 시스템이 지원하는 설계 생산 프로세스를 보여준다.

Fig. 6은 IDEF0 형식^[27]으로 전체 프로세스를 표현하고 있으며, IDEF0의 사용 자원을 표시하는 하단의 매카니즘(Mechanism) 부분에 사용되는 객체를 표시하였다. 개인제조에 참여하는 사용자는 Fig. 6의 Design Products 단계에서 기존 PDM 기능을 이용하여 제품을 설계하게 된다. 이때 Part, REL 그리고 Document 객체가 사용된다. Prepare 3D Print 단계에서는 완료된 설계를 이용하여 3D 프린팅을 위한 3D 형상 파일(3D Printing File)을 생성하게 된다. Select 3D Printing Service 단계에서는 설계된 제품에 대한 주문이 들어오면 수량과 마감일을 고려하여 적절한 3D 프린팅 서비스를 선택하게 된다. 이때 마감일과 수량뿐만 아니라 서비스에서 제공하는 생산 이력 등을 고려하여 결정

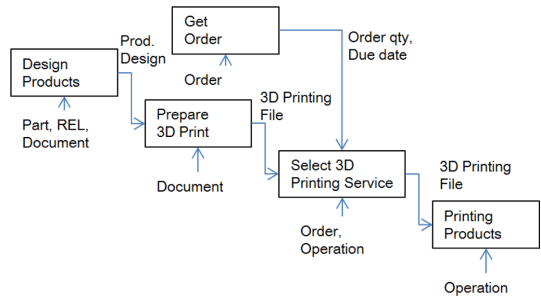


Fig. 6 Proposed production process

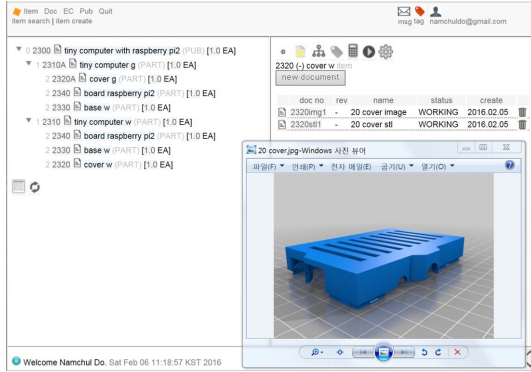


Fig. 7 Implemented PDM system

하게 된다. 마지막 Printing Products 단계에서는 선택된 3D 프린팅 서비스에 3D 프린팅 파일을 보내고 프린트를 실행하게 된다. 이때 시스템이 제공하는 영상과 제어 기능을 통해 생산을 감시하고 제어할 수 있다. 제작된 제품들은 특정 지역으로 배송되며 이를 조립하여 완제품이 고객에게 전달 되게 된다.

이 과정을 지원하기 위하여 Fig. 7과 같이 웹 기반 확장 PDM 시스템이 개발되었다. Fig. 7은 시스템이 제공하는 제품구조와 부품 문서 목록 화면을 보여주고 있다. PDM 시스템은 MySQL 데이터베이스 관리시스템과 Apache Tomcat 웹 응용 환경에서 Java Server Pages와 Java 언어를 이용하여 개발되었다. 사용자는 웹 브라우저를 이용하여 모든 PDM 기능을 사용할 수 있다.

4.3 적용 예

구현된 시스템을 이용하여 Fig. 8과 같이 Raspberry Pi 보드를 가진 소형 컴퓨터를 제작해 보았다. 이 제품의 구조는 Fig. 4의 예제 구조와 같다. 이 제품은 Fig. 7에서와 같이 부품목록, 3D CAD 문서 그리고 제품구조를 이용하여 설계 정보가 정의되고 관리되었다.

다음으로 가상 주문 정보를 해당 제품에 정의하였고 Fig. 9 우측 화면과 같이 이를 생산하기 위한 3D 프린팅 서비스를 선택한 Operation 객체를 생성하였다.

Fig. 10은 저장된 3D 화일을 3D 프린팅 서비스에 올리고 이를 원격 제어하는 화면을 보여준다. 이로써 개인 생산자는 고객이 주문한 제품을 설계하고 생산 할 수 있게 된다.

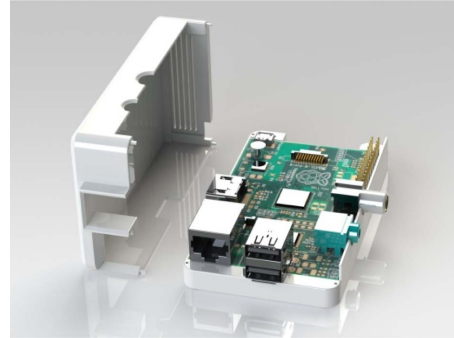


Fig. 8 Example products

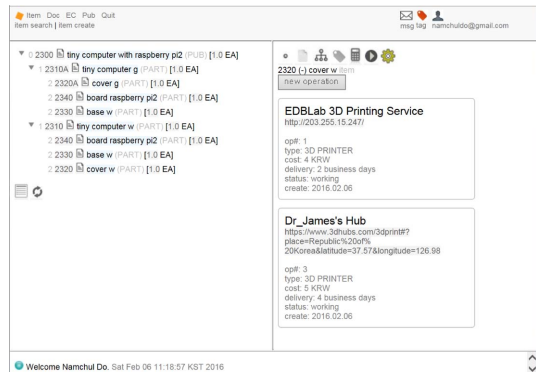


Fig. 9 Selection of 3D printing services using operation objects

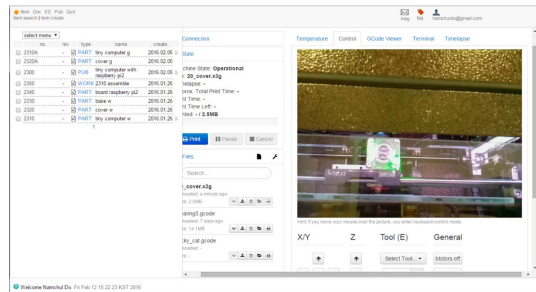


Fig. 10 Production of example products

5. 결 론

본 연구는 3D 프린팅 서비스 기반 개인제조 통합 지원 정보 시스템 프레임워크를 제안하였다. 연구결과 제안된 프레임워크는 다품종 소량 생산을 위한 개인제조를 지원 가능하며, 특히 3.2절에서 다룬 PDM 기반 통합 시스템을 구현함으로써 다품종 소량 생산을 위한 개인제조를 효율적으로 지원 할 수 있었다.

하지만 초기 단계인 3D 프린팅 기술과 설계, 공

정계획, 생산계획 그리고 제조실행을 포괄하는 넓은 범위를 지원하므로 이 시스템은 다음과 같이 추후 개선이 필요하다. 첫째, 3차원 형상으로부터 3D 프린팅 파일을 만들기 위한 자동 공정계획 기능이 필요하다. 일반적으로 3차원 형상모델을 3D 프린팅이 가능한 자료로 전환하기 위해서는 제품의 가공방향, 슬라이싱, 그리고 서포트에 대한 결정이 필요하다. 이에 대한 전문 지식이 없는 개인 생산자는 3D 프린팅을 위한 공정계획에 어려움을 겪을 수 있다. 둘째, 부품에 단순 3D 프린팅 서비스 공정 외에 조립, 후처리, 공정 간 이동 그리고 배송 등 타 공정 순서와 관계를 표현하는 기능이 필요하다. 현재는 3D 프린팅 서비스가 하나의 단위 공정으로 표시되고 다른 공정은 표현되지 못하고 있다. 이를 위해서는 공정 BOM(Bill of Materials: BOM) 개념을 도입할 필요가 있다. 셋째, 온라인으로 3D 프린터만 연결하여 제어하는 현재 기능을 3D 프린팅 서비스 관점으로 확대해야 한다. 3D 프린팅 서비스 예로 독점 사용기능, 예약기능, 추후 생산계획 확인 기능 등을 들 수 있다.

개인용 3D 프린터는 개인 컴퓨터 혁신과 유사한 결과를 가져올 수 있다. 그러므로 개인용 3D 프린터를 활용한 다양한 생산방법과 비즈니스 활용이 시험되고 있다. 본 연구는 개인용 3D 프린터 확산에 따른 지원 정보시스템의 변화를 예측하고 시험하는 초기 시도로써 의미가 있다. 본 연구에서 발견된 사실과 추후 개선 사항은 개인제조 지원 정보 시스템에 관한 기초 자료가 될 것으로 기대한다. 추후 연구로서 공정 BOM을 PDM 시스템에 통합하는 연구를 진행하고 있다.

감사의 글

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신·기술진흥센터의 정보통신·방송 연구 개발사업의 일환으로 수행하였음[“B0364-15-1008”, “고객-제조-유통 연계 개방형 FaaS IoT 서비스플랫폼기술개발”].

References

- McKinsey Global Institute, 2013, Disruptive Technologies: Advances That will Transform Life, Business, and the Global Economy, McKinsey Global Institute Report.
- Anderson, C., 2012, “Makers: The New Industrial Revolution”, Crown Business, New York.
- Kwak, K. and Park, S., 2013, Technical Trends of Global 3D Printer Industry, *Journal of the KSME*, 53(10).
- RepRap, <http://www.reprap.org/wiki/About>, 2016.
- Shapeways, <http://www.shapeways.com>, 2016.
- Thingiverse, <http://www.thingiverse.com/about>, 2016.
- Autodesk, <http://www.123dapp.com>, 2016.
- 3D Hubs, <https://www.3dhubs.com/about>, 2016.
- Wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/Concurrent_engineering, 2016.
- Bernard, A. and Perry, N., 2003, Fundamental Concepts of Product/Technology/Process Informational Integration for Process Modelling and Process Planning, *The International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 16(7-8), pp.557-565.
- Nguyen, V.D. and Martin, P., 2015, Product Design-process Selection Process Planning Integration Based on Modeling and Simulation, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 77(1), 187-201.
- Kulkarni, P., Marsan, A. and Dutta, D., 2000, A Review of Process Planning Techniques in Layered Manufacturing, *Rapid Prototyping Journal*, 6(1), pp.18-35.
- Zhang, Y., Gupta, R.K. and Bernard, A., 2016, Two-dimensional Placement Optimization for Multi-parts Production in Additive Manufacturing, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 38, pp.102-117.
- Park, H.-S. and Tran, N.-H., 2015, Computer Aided Process Planning for 3D Printing, *Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers*, 24(2), pp.148-154.
- Jun, H.-B., Kiritsis, D. and Xirouchakis, P., 2007, Research Issues on Closed-loop PLM, *Computers in Industry*, 58, pp.855-868.
- Kiritsis, D., 2011, Closed-loop PLM for Intelligent Products in the Era of the Internet of things, *Computer-Aided Design*, 43(5), pp.479-501.
- Do, N., 2016, Integration of Social Media with Product Data Management for Collaborative Product Design, *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, 42(2), pp.50-56.
- Do, N., 2015, Education of Collaborative Product Data Management by Using Social Media in a Product Data Management, *System Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, 20(3), pp.1-9.
- Denger, A., Maletz, M. and Helic, D., 2010,

- Social Computing: A Future Approach of Product Lifecycle Management, *Proceedings of I-KNOW*, Graz, Austria, September 1-3.
20. Gopsill, J.A., McAlpine, H.C. and Hicks, B.J., 2011, Trends in Technology and their Possible Implications on PLM: Looking Towards 2020, *International Conference on Product Lifecycle Management*, Eindhoven, The Netherlands, July 11-13.
 21. Staisch, A., Peters, G., Stueckl, T. and Sergua, J., 2012, Current Trends in Product Lifecycle Management, *the 23rd Australasian Conference on Information Systems*, Geelong, December 3-5.
 22. Huang G.Q., Yee, W.Y. and Mak, K.L., 2001, Development of a Web-based System for Engineering Change Management, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 17(3), pp.255-267.
 23. Siemens PLM Software, http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/teamcenter/index.shtml, 2016.
 24. Michael, C., Markus, L. and Roger, R., 2010, The Internet of Things, *McKinsey Quarterly*, 2.
 25. Octo Print, <http://octoprint.org>, 2016.
 26. TEE, <http://tee.gnu.ac.kr>, 2016.
 27. Wikipedia, <https://en.wikipedia.org/wiki/IDEF0>, 2016.



도 남 철

1991년 포항공과대학교 산업공학과 학사
 1993년 포항공과대학교 산업공학과 석사
 1996년 포항공과대학교 산업공학과 박사
 1996년 삼성중공업 중앙연구소 선임연구원
 1998년 볼보건설기계코리아(주) CAD/PDM팀 과장
 2001년 한국전자통신연구원 동시공학연구팀 선임연구원
 2002년-현재 경상대학교 산업시스템공학부 교수
 관심분야: Product Data Model for Product Lifecycle Management, Product Data Analytics, Design and PDM for Personal Manufacturing
