대한조선학회논문집
Journal of the Society of Naval Architects of Korea
pISSN:1225-1143, Vol. 53, No. 1, pp. 69-75, February 2016
eISSN:2287-7355, http://dx.doi.org/10.3744/SNAK.2016.53.1.69

인터넷 서비스 기반의 선체외판 가공 연구

김찬석[1,†] · 손승혁[1] · 신종계[2] · 이필립[3]
서울대학교 조선해양공학과[1]
서울대학교 조선해양공학과 및 해양시스템공학연구소[2]
㈜지노스[3]

Curved Hull Plate Forming based on SOAP Internet Services

Chan Suk Kim[1,†] · Seung Hyeok Son[1] · Jong Gye Shin[2] · Philippe Lee[3]
Dept. of Naval Architecture and Ocean Engineering, Seoul National University[1]
Dept. of Naval Architecture and Ocean Engineering and Research Institute of Marine Systems Engineering, Seoul National University[2]
Xinnos Co., Ltd.[3]

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Fabrication of the hull plate demands a lot of man-hour and a high degree of technology. In recent years, commercial shipping orders have been fallen because of intensifying competition with low price of order and labor cost. In order to solve this problem, a countermeasure such as a cost reduction is required. In this study, we are dealing with the method of supplying the forming information of the hull to the production site. We reviewed studies of hull forming that have been proposed so far to develop a method for providing hull forming information. On the basis of given production plans from the production site of shipyard, we discuss how to convert shell plate to production plan. Then, we will discuss the efficiency of the distribution method through the network about the method of hull forming. Thus, we have modified the distribution method which was proposed before. Finally, we will introduce the enhanced method for providing fabrication information of the hull plate to the small and medium-sized shipyards.

Keywords : Ship hull plate forming(선체외판 가공), Web services(웹서비스), Reconstruction surface(곡면 재구성), Shell template Offset(곡가공 도면)

1. 서 론

선체외판 곡면의 가공정보산출에 대한 많은 연구가 진행되어 왔다. 최근 정보 통신 기술과 인터넷 기술의 발전으로 전에는 없었던 새로운 서비스들이 그 모습을 드러내고 있다. 이러한 새로운 서비스는 전통산업인 조선산업 및 기계산업의 설계 및 생산 과정에 융합하여 보다 혁신적인 작업들을 가능하게 하고 있다.

한국생산기술연구원(KITECH)은 중소기업의 제품 해석(CAE)에 대한 기술적 지원을 위해 홈페이지를 통해 제품에 대한 모델(CAD 모델)을 접수 받아 보유중인 시스템으로 해석을 수행하여 그 결과를 전달해주는 서비스를 실시하고 있다. 많은 중소업체에서 그 결과를 설계 결과에 반영하여 신제품 개발에 활용하고 있다 Kim (2015). Lee, et al. (2001)는 인터넷의 특성인 동시성을 활용해 원격지에서 선박의 설계를 동시 수행할 수 있는 시스템에 대한 연구를 수행 했다. 이를 위해 에이전트 기반의 협동화 시스템을 설계하고 이를 제안했다. Lee, et al. (2004)는 인터넷을 이용해 선박의 기본계획을 수립하는 지원시스템에 대한 연구를 수행했다. 인터넷을 활용한 시스템의 구현을 위해 ActiveX, COM(Component Object Model), ASP(Application Service Provider)등을 조사하여 그 특성을 소개했고, ActiveX 기술을 활용해 중소형 조선소에서 활용할 수 있는 지원시스템을 구축했다.

Lee, et al. (2006)는 네트워크 기반의 선박 안전성평가를 연구했다. 선박의 안전성을 시뮬레이션하고 가시화하는 기능을 서버와 클라이언트로 분리하여 사용자가 선박의 안전성 평가결과에 대한 표현을 다른 방법으로 하게 되거나 시스템의 기능향상 시 시뮬레이션 시스템 자체는 수정하지 않고 클라이언트 단계의 시스템만 수정하여 시스템의 재사용성을 높이는 방안을 제안했다.

Park (2010)는 분산되어 있는 설계자원을 웹 서비스를 통해 설계에 활용하는 방안에 관해 연구했다. 웹 서비스를 사용하기

Received : 1 May 2015 | Revised : 2 November 2015 | Accepted : 3 February 2016
† Corresponding author : Chansuk Kim, kimcsuse@snu.ac.kr

위해 현재까지 소개된 인터넷 통신 표준에 대한 비교를 했고 제안한 방법을 적용해 단순 보에 대한 설계와 선박 건조비용의 견적 시스템을 구현했다.

Noh (2009)는 선체외판 가공 시스템의 프로토타입을 인터넷 기반(DCOM: Distributed Component Object Model)으로 제어하여 원격지에서 선체외판 가공 정보를 곡가공용 하드웨어가 있는 곳으로 전송하고 또 인터넷으로 곡가공용 하드웨어를 제어하는 방안에 관한 연구를 수행했다.

앞서 진행된 연구들은 인터넷의 이점인 분산환경에 대한 접근성을 활용해 원격지에 있는 설계 자원을 연결하여 공간과 시간에 한계를 극복하여 선박의 설계나 기타의 공학적 용도의 활용을 검토하는 것이 주를 이루었다. 특히 동시공학을 적용하기 위한 연구가 많았다. 반면 생산의 자동화를 위한 연구는 적었다. 생산은 그 특성상 생산정보에 대한 검증이 어렵고 생산정보의 생성에 주어지는 시간이 짧음으로 매우 높은 신뢰성이 필요로 하므로 그 적용에 있어 한계가 있다.

본 연구는 블록제작업체 및 중소조선소의 선체외판 가공정보를 공급하기 위한 모델의 정립을 위해 Shin and Ryu (2000)과 Yun, et al. (1999)에 제안된 가열선 결정방법과 냉간 가공 정보 결정방법을 인터넷 서비스 기술을 통해 별도의 전산 장비구축 및 관리가 어려운 조선소 및 가공공장에 선체외판 가공정보를 공급하는 시스템의 구축방안을 제안한다.

본 논문의 구성은 선체외판 가공방법, 선체외판 가공정보, 인터넷 통신 표준, 곡가공 곡면의 재구성, 시스템의 구축, 결론 및 향후 과제로 구성된다.

2. 선체외판 가공방법

선체외판 곡면의 가공방법은 여러 가지 기준에 의해 분류될 수 있다. 먼저 미분기하학적으로는 가우스 곡률과 평균 곡률을 이용할 수 있고, 변곡선의 유무를 이용할 수 있다. 마지막으로 재료의 성질의 변화, 판의 변형, 판의 두께 그리고 가열선의 가열순서 등을 이용할 수 있다.

냉간 가공은 선체외판을 구성하는 횡 곡을 가공하는데 사용된다. 횡 곡은 곡면을 구성하는 주 곡률 중 곡률 반지름이 작은 주 곡률의 방향이다. 다시 말해 주 곡률의 크기가 큰 방향이다. 그리고 횡 곡에 수직한 방향을 갖는 주 곡률을 종 곡이라 한다. 종 곡은 상대적으로 주 곡률의 절대 크기가 작다. 이러한 이유로 열에 의한 철판의 국부적인 굽힘과 팽창을 이용하는 열간가공을 이용해 성형가공을 실시한다.

가우스 곡률과 평균곡률이 각각 '0'보다 크고 '0'이 아닌 경우(convex) 전개 시 전개형상의 경계부(Fig. 1)에서 수축, 팽창이 발생한다. 따라서 횡 곡을 냉간 가공으로 성형한 후 삼각가열을 이용해 종 곡을 성형한다. 가우스 곡률과 평균곡률이 각각 '0'보다 작고 '0'이 아닌 경우(saddle) 전개 시 전개형상의 내부(Fig. 2)에서 수축, 팽창이 발생한다. 따라서 횡 곡을 냉간 가공으로 성형한 후 선가열을 이용해 종 곡을 성형한다. 가우스 곡률과 평균곡률이 각각 '0'이고 '0'이 아닌 경우(cinder) 전개 시 수축, 팽창이 발생하지 않는다. 한쪽 방향에 형상에 한해서 냉간 굽힘가공을 적용한다. 그 외에 서로 다른 부호의 가우스 곡률을 갖는 경우는 굽힘 냉간 가공과 선/삼각 가열이 적용된다. Table 1은 곡면의 특성에 따른 가공 방법을 정리한 것이다. 더 자세한 내용은 Kim and Shin (2015)를 참고하기 바란다.

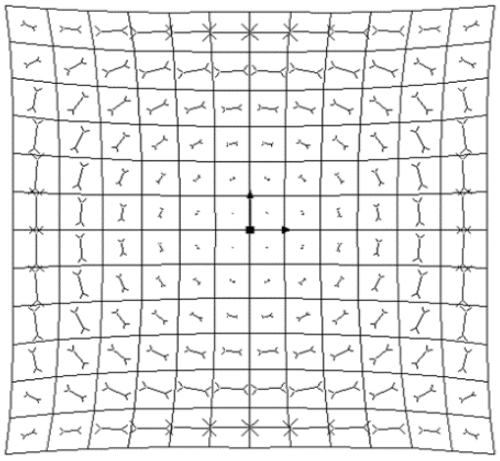

Fig. 1 Plotting in-plane strain convex surface (Ryu, 2002)

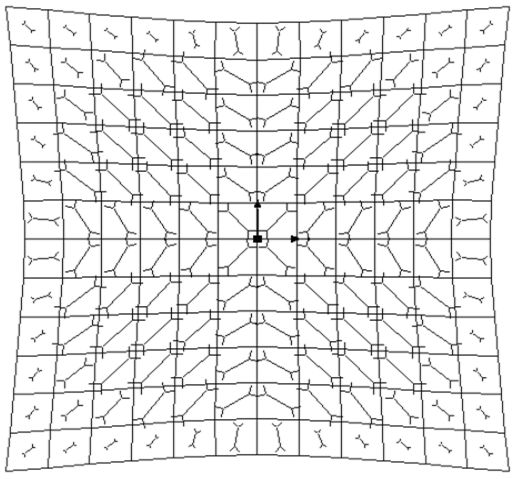

Fig. 2 Plotting in-plane strain saddle surface (Ryu, 2002)

Table 1 Classification forming method for hull plate (Kim & Shin, 2015)

Type of hull plate	Forming method
Convex type	Roll bending and Triangle-Heating
Saddle type	Roll bending, Line-Heating
Cylinder type	Roll bending
Plane type	None
Mixed type	Roll bending, Line-Heating and Triangle-Heating

3. 선체외판 가공정보

선체외판의 가공을 위해서는 적절한 가공 정보가 요구된다. 먼저 냉간 성형가공을 위해서는 두 가지 정보가 필요로 하다. 전개된 철판의 부위 중 어디를 굽힐지와 얼마나 굽힐지 이다. 먼저 어디를 굽힐지는 가공대상 곡판의 형상인 곡면의 기하적인 특성을 기반으로 계산할 수 있고 롤 프레스 축이 위치할 지점의 경우는 곡면의 단면 프로파일을 근사하여 얻을 수 있다. 얼마만큼 굽혀야 하는가에 대한 문제는 현장 작업자의 경험에 따라 달라진다. 이는 생산현장 마다 보유하고 있는 가공 노하우에 따라 안장형 곡면의 경우 기준형상보다 더 굽히고 볼록형은 약간 덜 굽히는 경우가 있기 때문이다.

Yun, et al. (1999)은 생산현장에서 일차냉각 가공 후 2차 열간가공을 진행하는 공정을 고려해 냉간 가공에 필요한 정보를 얻기 위한 연구를 수행했다. 그의 연구를 통해 소개된 방법은 실린더 형상을 구성하는 정보인 모선(ruling)과 준선(directrix)를 순차적으로 얻어 이를 냉간 가공정보로 이용하는 것이다. 모선(ruling)의 정보는 롤 밴딩 시 밴딩 축의 방향이다. 결정된 모선을 법선벡터로 하는 평면을 계산한다. 평면과 가공하고자 하는 형상의 교차선을 계산하고 이들 전체를 근사 하는 곡선을 계산한다. 얻어진 근사곡선은 실린더의 준선으로 이용한다. 준선이 갖는 만곡점의 위치는 롤 밴딩축의 위치가 된다. 모선이 위치해야 하는 방향을 결정할 때 가우스 상(Gaussian image)이 갖는 기하학적인 특성을 이용해 모선의 방향에 대한 후보군을 결정한다. 이후 결정된 후보군 중 곡판의 형상인 곡면을 투영할 때 그 투영면적의 크기가 가장 작게 계산되는 방향을 곡면을 근사하는 실린더의 모선 방향으로 결정했다. Fig. 3은 실린더를 구성하는 모선과 준선을 나타내는 것이다. 파선이 준선이고 실선이 모선이다. 본 논문에서는 냉간가공을 위한 정보로 Yun, et al. (1999)이 제안한 방법을 사용했다.

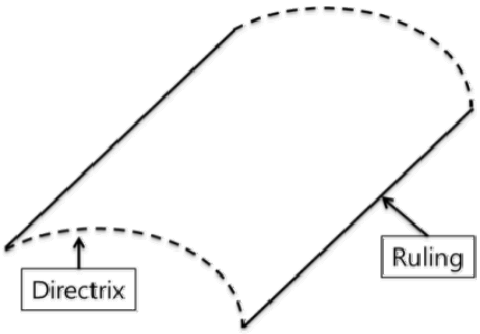

Fig. 3 Composition curves of cylinder surface

열간가공을 진행하기 위해서는 어느 부위를 얼마나 가열해야 하는지 결정해야 한다. 어느 부위를 가열하는지는 전개형상이나 1차 냉간 가공 후 형상과 목적형상 사이의 사상관계를 통해 변형률이 계산하여 가열선을 얻을 수 있다. 가열선을 계산할 때 가열선을 구성하는 가열점에서 가열 시 최대로 굽혀질 수 있는 굽힘각(임계변형각)의 크기에 따라 가열선의 개수가 달라진다. 또 판의 두께가 두꺼워지면 열이 두께 방향으로 침투하는 깊이가 얇아져 가열선 하나에서 유발되는 굽힘량이 작아지기 때문에 가열선의 개수를 늘리거나 가열 시 입열량을 높여주는 방식을 이용한다.

가열선이 결정되면 가열선 각각에 필요한 열량을 결정해야 한다. 가열장치에서 발생하는 열량이 고정되어 있다고 가정하면 가열선을 구성하는 가열점을 통과하는 가열장치의 속도를 통해 굽힘량은 결정될 수 있다. 임계변형각은 철판의 재질과 두께에 따라 달라진다. Lee and Shin (2002)의 연구에서 선상가열 시 가열장치의 분출압력, 진행속도 등의 변수를 사용하여 선상가열 시 유발되는 수축변형과 굽힘변형을 예측하는 식을 제안했다. 제안된 식을 역으로 이용하면 임계변형각이 주어지면 가열장치의 이동 속도를 계산할 수 있다.

마지막으로 어떤 형상으로 가열하는가는 목적형상과 초기가공형상이 주어지는 경우 목적형상의 특성에 따라 가열형상이 결정되어야 한다. 이는 Fig. 1과 Fig. 2에 보여지는 것과 같이 목적형상에 따라 어느 정도 특징적인 패턴이 존재하기 때문이다. 그러나 여러 차례 열간 가공을 진행하게 되면 가열형상을 특징할 수 없게 된다.

Table 2 Fabrication information of hull plate in proposed system

Division	Member name	Type	Descript
Property	P_Roll	double[ ]	Principal roll line
	A_Roll	double[ ]	Auxiliary roll line
	NumofLongiHL	int	Number of longi heating line
	NumofTranHL	int	Number of trans heating line
	PointofLongiHL	double[ ]	Coordinate of longi heating line
	PointofTransHL	double[ ]	Coordinate of trans heating line
	VelocityofLongiHL	double[ ]	Heating source velocity(mm/sec) of point on the heating line(Longi)
	VelocityofTransHL	double[ ]	Heating source velocity(mm/sec) of point on the heating line(Trans)

Shin and Ryu (2000)는 변형기하해석을 이용해 가열선을 계산하는 방법을 제안했다. 그 계산과정은 목적형상이 주어지면 이를 전개하여 전개형상과 목적형상의 사상관계를 맺어 변형률을 계산한다. 앞서 계산된 변형률을 이용해 가열선의 방향을 결정하여 가열선을 추적한다. 변형률과 재질 및 두께 등을 활용해 입열량을 바로 계산할 수 있다. 하지만 가열선을 계산할 때 변형률의 방향을 사용해 계산하기 때문에 가열선이 위치해야 하는 면을 정확하게 얻기 힘들다. 또 가열선의 형태가 곡선임으로 동일한 열량으로 가열 했을 경우 유발되는 각 변형량이 직선보다 작다. 본 논문에서는

열간가공을 위한 정보로 Shin and Ryu (2000)이 제안한 방법을 사용했다. Table 2는 본 연구에서 선체외판 생산정보의 산출 시 출력되는 정보이다. 냉간 가공의 경우 주 굽힘 축(P_Roll)과 보조 굽힘 축(A_Roll)이 위치하는 선의 시작점과 끝점이 계산된다. 열간 가공 정보의 경우 종가열선(longi heating line)과 횡가열선(trans heating line)의 전체 개수(NumofLongiHL, NumofTranHL)와 전개 형상 위의 좌표(PointofLongiHL, PointofTransHL) 그리고 가열선을 구성하는 각각의 점을 열원이 지나는 속도(VelocityofLongiHL, VelocityofTransHL)로 계산된다.

4. 인터넷 통신 표준

본 논문에서 제안하는 곡가공 정보의 제공시스템을 구축하기 위해서 현재까지 소개된 인터넷 통신표준에 대한 비교를 먼저 수행한다.

4.1 CORBA (Common Object Request Broker Architecture)

분산 객체 기술의 대표적인 표준으로서 웹과 분산객체시스템 간 상호 연동을 담당할 수 있는 하나의 대안으로 부상하고 있는 기술이다. CORBA를 이용해 상호연동을 하면 CORBA기반의 시스템들은 웹에 액세스 할 수 있다. 즉 웹은 CORBA시스템을 통해 기존 시스템에 액세스할 수 있는 수단을 얻게 된다. 현재 진행되고 있는 CORBA 2.0 표준의 핵심요소는 IIOP(Internet inter-ORB protocol)다.

CORBA는 응용프로그램간의 함수 호출을 표준화에 목적을 두고 있다. 각 객체의 위치는 로컬과 원격에 구애 받지 않는다. CORBA는 응용프로그램 객체를 외부에 노출시키는 방법으로써 인터페이스 정의 언어(IDL)을 사용하고 있는데, 이는 각 응용프로그램 객체를 IDL을 이용해 필요한 부분만 노출시키겠다는 의도이다. 초창기의 COBRA는 IDL 대 C++/자바(JAVA) 프로그래밍 언어와 매핑시켰으나 현재는 다수의 언어(에이다, 파이썬, 루비 등)을 공식적으로 지원한다.

CORBA 애플리케이션들끼리 어느 위치든, 누가 만들었든 상관없이 상호간 통신을 보장하고 분산 객체 간의 상호 운용을 위한 통신 Middleware 역할을 하며, 분산 객체 소프트웨어 기반의 기본 틀로써 서비스를 제공받는 부분간의 투명한 교환이 가능하도록 하며 분산 환경에서 응용 소프트웨어를 쉽게 개발할 수 있도록 지원한다 (Henning, 1999).

4.2 DCOM (Distributed Component Object Model)

DCOM은 Microsoft COM의 확장으로서, 네트워크에서 작동하는 모델이다. 이 모델은 2대나 여러 대 컴퓨터 사이에 COM 컴포넌트의 투명성 있는 이식과 작동을 구현한다. 근본적으로 DCOM은 이런 위치 투명성을 제공하기 위해 하부 네트워크 프로토콜을 제공한다. 클라이언트와 컴포넌트가 같은 컴퓨터 내에 존재할 경우 이들은 로컬 프로시저 콜로 통신한다. 만약 서로 다른 컴퓨터에 있을 경우 DCOM은 리모트 프로시저 콜로 이들 사이에 작동하여 네트워크에서 컴포넌트를 사용 가능하도록 한다. DCOM 응용 프로그램 개발자들은 네트워크 프로토콜에 대한 고려 없이 분산 컴포넌트를 설계하고 제작할 수 있다 (Jonathan, 1998).

4.3 RMI (Remote Method Invocation)

인터넷과 인트라넷 제품을 위한 디자인은 항상 객체의 전달에 관한 문제에 직면하게 되며 대부분은 라인 프로토콜의 자체 개발로 많은 시간과 비용이 소요된다. 특히 이러한 작업은 복잡하고 에러를 발생시키는 주된 요인으로 작용한다. JAVA RMI는 이러한 문제들을 해결할 수 있게 네트워크상에서 객체의 전달을 투명하게 한다. 다시 말해 JAVA RMI는 분산된 객체를 마치 로컬에 있는 객체를 다루듯이 사용할 수 있으며 기존의 소켓 프로그램과 같은 복잡한 설계 절차와 에러로 발생시키는 요인을 극소화 시켰다 (Grosso, 2002).

4.4 Web Services

서로 다른 컴퓨팅 환경에서 사용되는 모든 애플리케이션들이 직접 소통하고 실행될 수 있도록 동적 시스템 환경을 구현해 주는 소프트웨어 컴포넌트기술로 단순 객체 접근 프로토콜(SOAP), 웹 서비스 기술 언어(WSDL), 전역 비즈니스 레지스트리(UDDI) 등의 표준 기술을 사용하여 네트워크에 연결된 다른 컴퓨터 간의 분산 컴퓨팅을 지원하는 소프트웨어 및 기술들이다. 웹 서비스는 논리적 응용 프로그램의 단위로 데이터와 서비스를 다른 응용 프로그램에 제공하고, 응용 프로그램의 작성 시 HTTP, XML, SOAP와 같은 표준화된 웹 프로토콜과 데이터 형식을 사용함으로써 운영 체계(OS) 등 특정 플랫폼과 상관없이 모든 컴퓨터 간 원활한 데이터의 흐름을 보장해 준다. 웹 서비스를 활용하면 어려운 프로그램 작성 언어를 배우지 않고도 간단하게 여러 가지 웹 서비스들을 조합하여 새로운 애플리케이션을 만들어 낼 수 있다.

앞서 언급한 바와 같이 많은 인터넷 통신 표준이 존재한다. 그러나 대부분 특정 언어이나 목적에 맞게 작성되어 이종시스템간의 이식성에 대한 한계를 안고 있다. 따라서 온라인 환경의 인터페이스는 특정 플랫폼에 제한적으로 작동해서는 안되며 이를 위해 근래 인터넷 업계 표준(de facto standard)으로 광범위 하게 사용하는 웹서비스(web services)를 적용하였다. 웹서비스는 서로 다른 플랫폼 사이의 분산 환경을 구축하기 위한 인터넷 기반 인터페이스 표준으로 XML을 기반으로 한 표준을 통해 클래스 구조를 정의한다. 따라서 Java 기반 서버에서 .Net Framework로 구현한 클라이언트와 정보를 주고 받는 일이 가능해진다. 특히 온라인을 통해 서버와 연결해야 하는 스마트폰 앱이 웹서비스를 광범위하게 사용하고 있다 (Manes, 2003).

본 연구에서는 Microsoft .Net Framework 기반으로 웹서비스를 구현하였다. 웹서비스 표준은 크게 SOAP과 RESTful로 나눌 수 있는데, 구축한 서버에서 사용한 표준은 클래스 구조를 그대로 표현할 수 있는 SOAP이다. SOAP은 Simple Object Access Protocol의 약자로 웹 표준을 관리하는 W3C(World Wide Web Consortium)에서 제정한 웹서비스 표준안이다. 웹서비스는 ASP.Net을 통해 서비스하였으며 웹서버는 IIS(Internet Information Services)를 이용하였다.

5. 곡가공 곡면의 재구성

선체외판 가공의 시작은 목적형상의 정보이다. 대형조선소의 경우 선형설계를 자체적으로 진행하여 이를 내부적으로 가공을 위한 형상의 분할작업과 전개작업을 실시한다. 따라서 곡가공과 관련한 곡면정보에 대한 접근과 획득이 비교적 용이하다. 중소조선소에 경우 자체설계를 수행하는 경우가 있지만 선형정보는 외부 설계전문 회사를 통해 획득하거나 기존의 정보를 변형해 사용한다. 따라서 선형정보를 자유롭게 변환하거나 접근할 수 있는 것이 아니고 생산설계도의 형태나 종이로 된 도면 정보일 수 있다. 선체외판의 가공 정보로 요구되는 선체외판 곡면의 정보 또한 그 사정이 비슷하다. 따라서 선체 외판 곡면에 대한 정보가 종이 도면으로만 존재하는 경우 그 정보를 컴퓨터로 읽어 들여 원하는 형태로 재가공하는 기능이 필요하다. 본 연구에서 개발한 시스템은 종이 도면에만 목적형상의 곡면정보가 있는 경우 이를 단 시간 내에 전산정보의 형태로 변환하기 위한 방법을 개발해 선체외판 곡면가공 정보 시스템에 탑재했다. 곡면을 재구성하기 위해 먼저 곡면의 기하학적인 특성을 조사했다. 그 결과 사각형판을 구성하기 위해서는 네 개의 경계곡선이 필요하고 보다 정확한 형상정보를 얻기 위해서는 곡면을 구성하는 내부 점들의 정보가 필요하다는 결론을 얻었다.

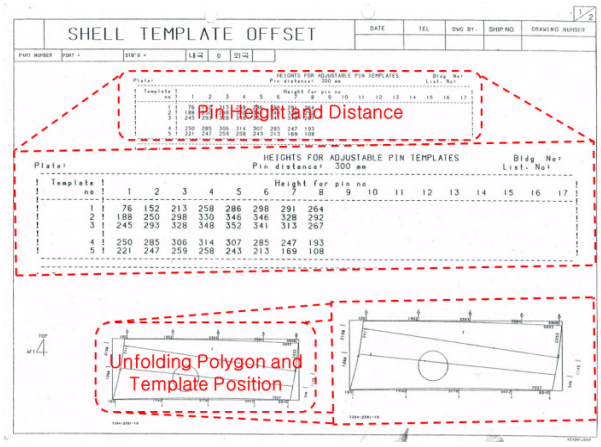

Fig. 4 Image of shell template offset

사각형 곡면을 구성하기 위해 필요한 정보를 얻기 위해 곡가공 시 사용되는 도면에 어떤 정보가 있는지 살펴 보면 Fig. 4와 같이 가공하고자 하는 곡면의 전개 형상, 곡면의 단면 프로파일 그리고 곡가공 시에 완성도와 형상 판단에 이용하는 핀지그 높이(pin height)와 핀 간격(pin distance)가 기입되어 있다. 기입된 정보만을 이용해 바로 외판 곡면에 대한 재구성은 어렵다. 그 이유는 도면에 표시된 형상의 스케일이 정확하게 표시된 정보를 찾기 어렵고, Fig. 4에 표시 된 핀지그 높이와 전개형상간의 관계를 정확하게 정의할 수 없음에 기인한다. 그러므로 형상정보에 대한 가정을 전제하고 곡면을 재구성하는 방법을 개발했다.

첫 번째 가정은 도면의 형상을 실제 형상으로 바꿀 때 필요한 스케일이다. 도면에서 따로 표시된 스케일 정보가 없으며, 반면에 Pin Distance를 표시하고 있었다. 따라서 마우스를 이용해 얻어지는 Pin간의 거리와 Pin Distance의 비율을 스케일로 정의했다. 이는 어느 정도 타당해 보이나 마우스를 통해 얻어지는 정보에 따라 스케일이 변할 수 있다. 즉 마우스로 얻어진 Pin간의 거리가 짧으면 스케일이 커지고 반대로 길면 작아진다.

두 번째 가정은 전개형상의 경계선의 형상 곡면의 경계선의 투영형상과 동일하다는 가정이다. 종이 도면에 표시된 정보는 전개형상에 대한 정보와 Pin Height이다. 일반적인 곡면의 경계곡선은 뒤틀림이 존재하는 형상이다. 따라서 곡면의 경계곡선의 형상을 재구성하기 위해 (x, y)의 좌표를 마우스를 통해 입력한 윤곽정보와 (z)의 좌표를 Pin Height를 통해 얻고 이를 조합하여 곡면의 경계곡선으로 정의했다. 그러므로 곡면의 경계곡선의 형상의 투영형상이 전개면의 경계선과 동일하다는 가정이 필요하다.

마지막 가정은 곡면의 내부를 구성하는 점을 무시해도 얻어진 형상은 목적형상의 추세와 비슷하다. 이는 곡판의 곡면을 재구성할 때 내부점을 직접 입력할 때 발생할 수 있는 입력의 효율성 문제와 적절성 문제의 해결을 위해 적용했다. 즉 입력정보를 증가 시키면 사용시 입력해야 하는 정보량과 시간이 증가한다. 반면 입력정보가 많아지면 곡가공 정보의 질이 상승하게 된다. 따라서 입력의 효율성과 가공 정보의 품질 사이에서 절충이 요구된다. 본 연구에서는 곡면의 재구성을 위한 입력정보를 최소화하는 것을 기본 개발방향으로 설정하고 개발을 진행하였다.

전개면의 경계선에 대한 정확한 정보를 얻기 위해 OpenCV2.3.0 (Image processing library: Kim, 2011)가 제공하는 Canny edge 기법을 적용해 전개형상의 윤곽정보를 추출을 시도했다.

그러나 Fig. 5와 같이 이미지를 처리하여 형상정보로 전환하는 과정에서 도면에 표시된 다양한 정보가 노이즈로 인식되었다. 이러한 결과는 곡면의 재구성을 위한 정보와 생산현장에서 생산 시 참고하는 정보가 복합적으로 표시되어 있기 때문이다. 따라서 사용자가 직접 전개형상의 윤곽선을 구성하는 특징점을 입력하도록 했다.

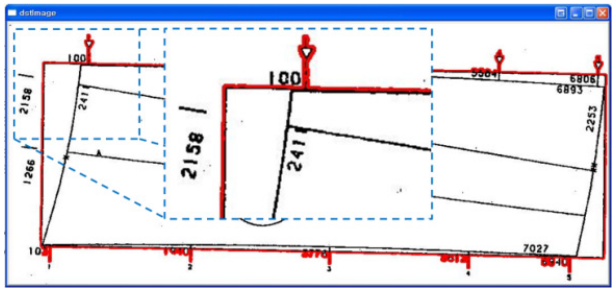

Fig. 5 Result of image processing(OpenCV)

세부적인 전개면의 경계선에 대한 획득 절차는 다음과 같다. 먼저 종이의 형태인 도면을 스캐너나 디지털 카메라로 이미지로 전환한다. 전환된 이미지에서 전개형상의 윤곽을 사용자가 직접 마우스를 통해 입력한다. 사용자에 의해 전개형상의 윤곽이 입력되면 윤곽과 종이도면에 표시된 Pin Height정보를 입력하고 Pin Distance를 입력하여 목적곡면을 재정립한다. 입력된 정보의 부족한 부분에 대한 형상정보는 Coon's Patch와 곡면의 외삽법(extrapolation)을 사용해 추정하여 최종형상을 만들었다.

곡가공 정보의 계산을 위해 필요한 곡면정보를 도면에 있는 정보를 기반으로 재구성 하는데, Fig. 6은 곡가공 작업 지시서의 전개형상 정보를 목적 곡면으로 재구성하는 절차이다.

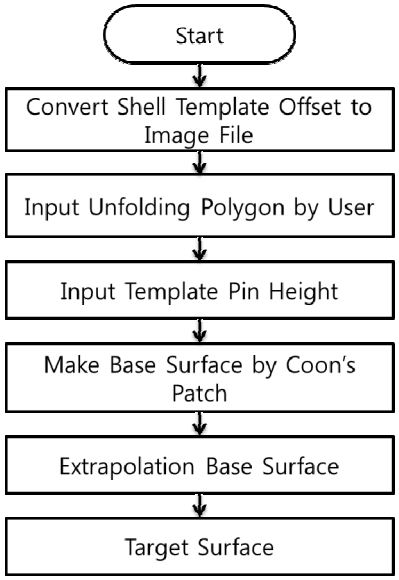

Fig. 6 Process of reconstruction target surface

6. 시스템의 구성 및 구축

인터넷 서비스(웹 서비스)를 활용하기 위해서는 사용자의 정보를 전송받아 처리해주는 부분(server)과 사용자(client)의 PC에서 사용자의 정보를 처리하여 서버와 통신을 실시하는 부분을 동시에 구축해야 한다. 그리고 최종적으로 곡판의 생산현장에서 사용할 수 있는 정보인 가공정보를 표시하는 부분에 표시될 정보에 대한 정제와 확정이 필요하다.

본 연구는 자체적인 곡가공 세미나를 통해 곡가공 관련 분야에 종사하는 전문가들의 의견을 수렴하는 과정을 가졌다. 수렴된 의견을 통해 실제 중소조선소나 곡블록 전문업체가 생산을 진행하는 환경과 곡가공 시 필요로 하는 정보를 파악했다.

파악된 정보를 기반으로 중소조선소와 블록업체의 생산과 관련한 지원환경은 다음과 같다. 생산환경이 대형조선소에 비해 열악하고 별도의 전산자원의 관리에 필요한 전문인력의 상주가 어려운 것으로 나타났다. 내부 세미나에 나온 생산현장 전문가들의 의견을 정제한 결과 사용자가 필요한 모든 정보가 제공되어야 한다. 또 사용자의 필요에 따라서 이를 조정할 수 있는 기능이 필수가 되어야 한다. 마지막으로 절단된 철판의 형상이 이미 초기곡률(1차 냉간가공을 마친 형상)을 가진 형상이 대부분이고 가열선의 마킹(정보를 철판에 표시하는 작업)은 중소조선소의 경우 작업자가 하므로 제공된 생산정보(가열선 정보)를 마킹에 용이하게 출력하는 기능이 요구 되었다.

시스템의 운영에서 많은 계산부하를 발생시키는 부분은 서버에 일임하고 별도에 계산부하가 없는 부분만 클라이언트에 부여했다. 이는 시스템의 사용시 초기 투자비용과 과도한 유지비를 제거하여 초기 사용 단계에서 발생할 수 있는 사용자의 경제적인 부담을 줄이고, 또 선체외판 곡면가공기술이 외부 유출을 막기 위한 장치이다. 시스템의 기능향상 시에 대부분의 기능들이 계산 서버가 담당하므로 사용자는 판 올림에 따른 전산 자원에 대한 투자에 대한 부담이 줄어들게 된다. 현재 계산서버는 전문적으로 관리되는 외부 임대서버를 이용해 구축했고 클라이언트에서 사용하는 프로그램의 경우 http://wiseheating.snu.ac.kr/index2.asp을 통해 배포하고 있다. 클라이언트 프로그램의 경우 일년에 4분기 별로 성능향상 작업을 실시하고 있다.

5장에서 논의한 것처럼 구축된 시스템이 대상으로 하고 하는 중소조선소와 블록업체의 경우 곡가공 시에 전산화 되어 있는 곡면의 데이터가 없는 경우가 있음으로 종이도면을 효과적으로 전산화시키는 곡가공 곡면의 재구성 기능이 탑재되어 있다. 그리고 실제 생산정보의 활용을 위해 다양한 출력옵션을 제공하고 있다.

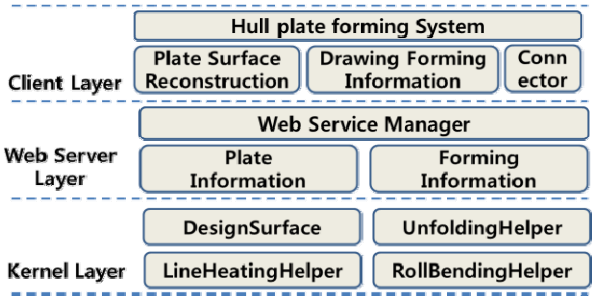

Fig. 7 Implementation structure of hull plate forming system

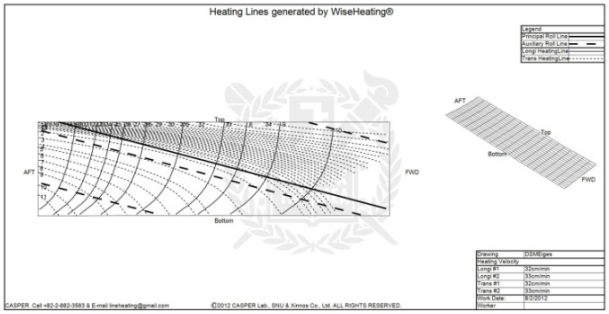

Fig. 8 Hull forming information by proposed system

Fig. 7은 본 연구를 통해 구현된 시스템의 구조를 나타낸다. Kernel layer에는 선체외판 곡면의 가공에 정보의 산출에 필요한 기본 커널인 곡면모델링, 곡면전개, 냉간가공 그리고 가열선을 계산하는 것으로 구성되어 있다. 3장에서 정리한 냉간가공정보와 열간가공정보는 각각 RollBendingHelper와 LineheatingHelper로 구현 되었다. Web server layer는 곡판가공에 필요한 형상정보를

저장하는 부분과 형상정보를 이용해 계산한 가공정보를 저장하는 부분 그리고 전체를 관리하는 부분으로 구성된다. Client layer는 곡면을 재구성하는 부분, 가공정보를 출력하는 부분 마지막으로 서버와 통신을 담당하는 부분으로 구성 했다. Fig. 8은 본 연구를 통해 구축된 시스템에서 계산된 선체외판 가공정보이다. 두꺼운 실선은 주 굽힘 선이고 두꺼운 파선은 보조 굽힘 선이다. 그리고 얇은 실선은 종곡방향을 성형하는 가열선 이고 얇은 파선은 횡곡방향을 성형하는 가열선이다.

7. 결 론

본 연구는 선체외판 곡면가공 정보를 계산하는 프로그램을 인터넷 웹 서비스 기술을 활용하여 개발했다. 그 결과 중소조선소와 블록제작 업체에서 쉽게 접근하여 곡면가공 정보를 계산하여 곡면가공 시에 활용할 수 있는 시스템을 구축할 수 있었다. 현재까지 많은 연구가 인터넷 서비스 기술을 활용해 설계단계에 적용하는 것에 머물러 있었다. 본 논문은 인터넷 서비스 기술을 활용해 생산에 필요한 정보를 공급하는 방안에 대한 한가지 방안을 제시했다. 또 국내에서 그간 기술적인 개발과 많은 연구가 진행된 선체외판 곡면가공 기술을 인터넷공간에 공개하여 국내의 조선산업에 선체외판 성형가공을 지원할 수 있는 생산 정보 시스템을 구축한 것에 큰 의미가 있다.

향후 과제로는 클라이언트 프로그램에 탑재된 곡면의 재구성 기능의 향상이다. 현재 곡면의 재구성 기능은 입력정보에 대한 가정과 정보가 부족하여 계산된 곡면이 설계곡면의 형상과의 차이가 존재한다. 따라서 좀더 정확한 재구성 방법론을 이용해 탑재된 재구성 기능에 대한 향상이 필요하다.

후 기

본 연구는 산업통상자원부 산업핵심기술개발사업 "중소형조선소 시뮬레이션기반 생산관리 시스템 개발"과제 (과제번호:10050495)의 지원을 받아 수행하였으며, 이에 감사 드립니다.

References

Grosso, W., 2002. *Java RMI*. O'Reilly: Cambridge.

Henning, D.G., 1999. *Advanced CORBA Programming with C++*. Addison-Wesley: NewYork.

Jonathan, P., 1998. *Professional DCOM Application Development*. Wrox: NewYork.

Kim, C.S. & Shin, J.G., 2015. Determination of Plates with Inflection Lines for Hull Plate Forming. *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 52(5), pp.365-371.

Kim, D.G., 2011. *OpenCV Programming*. Kame: Seoul.

Kim, J.T., 2015. *e-Design and Defect detection, Prototyping support Lab. KITECH report No PJC1409*. Asan: KITECH.

Lee, J.H. & Shin, J.G. 2002. Relations between Input Parameters and Residual Deformations in Line Heating Process Using Finite Element Method and Multi-variate Analysis. *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 39(2), pp.69-80.

Lee, K.H. Kim, H.S. Oh, J. & Park, J.H., 2006. Network-based Simulation System Framework for the Safety Assessment of Ship and Visualization Method. *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 43(5), pp.619-629.

Lee, S.S. Lee, J.K. Lee K.H. Park, J.W. & Kim, S.Y., 2004. Collaborative Ship Design System-based on Internet Environments. *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, 9(4), pp.406-415.

Lee, K.H. Lee, S.S. & Lee, J.K., 2001. Collaborative Ship Design System-Based on Internet Environments. *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, 6(3), pp.198-205.

Manes, A.T., 2003. *Web Services*. Addison-Wesley: NewYork.

Noh, J.K., 2009. *(A) methodology of development of automated curved hull plates forming system based on systems engineering process using the axiomatic design*. Ph.D Thesis. Seoul National University.

Park, C.K., 2010. A Study on the Application of Engineering Design Problem Using Web Service. *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 47(6), pp.831-835.

Ryu, C.H., 2002. *Consistent algorithm for unfolded flat shape of curved ship's hull shells by minimizing strain energy*. Ph.D Thesis. Seoul National University.

Shin, J.G. & Ryu, C.H. 2000. Nonlinear Kinematic Analysis of the Deformation of Plates for the Ship Hull Fabrication. *Journal of Ship Research*, 44(4), pp.270-277.

Yun, D.K. Shin, J.G. & Ryu, C.H., 1999. A Determination of Approximated Cylindrical Surfaces of Doubly Curved Surfaces for the Least Line Heating. *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 36(3), pp.134-143.

김찬석 손승혁 신종계 이필립