

논문 2017-54-4-17

밀반죽의 분할과 둥글이기 시스템설계 및 고찰

(A Study on the Division and Rounding of Systems Design and Review)

권 윤 중*, 이 승 범**, 남 상 업***

(Yunjung Kwon[Ⓒ], Seungbeom Lee, and Sangyep Nam)

요 약

현대 사회에서 최근 우리나라의 베이커리 산업관련 기술은 빵이 시작된 서양과 어깨를 나란히 할 만큼 성장하여 제과제빵 분야의 세계대회에서 최상위권으로 입상하는 등 눈부시게 발전 하고 있다. 그래서 많은 사람들이 제과제빵분야와 베이커리 카페 등의 부가가치가 높은 사업에 관심을 갖고 뛰어들고 있는 추세이다. 하지만 기술자들의 높은 인건비와 인력관리의 어려움은 베이커리 산업의 성장에 저해요소가 되고 있다. 따라서 밀반죽을 빠르고 정확하게 분할과 둥글리기를 동시에 수행하는 시스템을 설계하고 제작하여 수작업과 비교된 성능을 알아보았다. 주요 기능은 밀반죽의 분할 개수를 원형에서 3개의 트랙으로 만들고 안쪽 트랙에 4개, 중간트랙에 12개, 외각트랙에 20개를 배치하여 36개이다. 한 번의 루틴에서 36개가 완성되므로 많은 양의 에너지가 필요하기 때문에 유압을 이용하였고 둥글이기는 0.75Kw의 유도전기를 사용하였다. 본 시스템의 실험은 1차 발효를 마친 밀반죽으로 하였다. 밀반죽 36개 합산 량의 덩어리를 본 시스템에서 작업을 하면 36개로 분할과 둥글이기가 동시에 완성된다. 분할시간 1-9초 사이, 둥글이기 시간 1-9초 사이로 매우 빠르고 정확하게 완성 된다. 본 시스템은 인력수급이 어려운 베이커리산업에 인건비 절감에 매우 효과적이고 좀 더 위생적으로 만든 제품을 소비자에게 공급할 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract

In the present society, our current technology associated with bakery industry has been improved as much as technical development can get abreast of the Western one where the bread has originated and has been awarded and ranked in the highest level of many bakery or pastry competitions. In these trends, many people are running for high value added business such as bakery industry and bakery café, etc. with big interest. However, high labor cost of technician and difficulties in human resource management become obstruction factors in the growth of the bakery industries. Therefore, in this paper, the designed system for both dividing and rounding dough quickly and exactly at the same time was studied. The main function of this system is to divide the original dough into 3 tracks and then, to place 4 doughs in the inner track, 12 doughs in the mid track, 20 doughs in the outer track, totally 36 doughs in a routine. It takes much energy because 36 doughs can be completed in a routine. Therefore, this system uses hydraulic pressure and a 0.75Kw induction motor is used for dough rounding. This system can make primarily fermented dough into 36 divided doughs very quickly and exactly on a guide panel at the desired weight by dividing it within 1-9 seconds and by rounding each within 1-9 seconds. This system is very effective in bakery industry to minimize labor cost and it is expected to supply more hygienic products to the customers.

Keywords : Dividing, Rounding, Hydraulic pressure, Induction motor, Micro processor

* 평생회원, 세명대학교 전자공학과(Dep. of Electronic Eng., Semyung University)

Ⓒ Corresponding Author(E-mail : mihwaele@hanmail.net)

** 정회원, 세명대학교 호텔관광학과

(Dep. of Hotel Tourism Semyung University)

*** 평생회원, 국제대학교 IT계열 (Kookjea College)

Received : February 13, 2017 Revised : February 18, 2017

Accepted : March 20, 2017

I. 서 론

베이커리 사업은 다른 식품산업과는 차이가 있다. 베이커리 사업의 조직구성에서 동네빵집은 보통 주인이 만들고 관리도 하면서 집안 식구들이 서비스하는 형태로^[1] 인건비와 기계설비의 투자비를 절약하고 있으며, 정확한 빵 제품을 만들기 위해 전자저울을 사용하는 수

작업으로 행해지고 있다. 하지만 많고 다양한 제품을 수작업으로 만들기에는 시간과 인력이 많이 필요하여 빵 제품의 단가가 높아지는 단점이 있다.

최근의 제과점은 균일한 크기의 품질과 빠른 공정을 위하여 다양한 기계의 사용이 늘어나고 있다. 인건비의 절감과 좁은 작업공간에서 활용할 수 있는 기계 제작을 위한 노력이 이어지고 있으며,^[2] 제과제빵 제품에 대한 소비자의 선택속성 중 위생이 가장 중요한 고려 항목으로 나타나^[3] 보다 깨끗하고 안전한 제과제빵 기계를 만들기 위한 노력이 이어지고 있다.

식빵의 품질을 평가하기 위해서는 전문가들의 감각에 의존하는 주관적인 방법과 물성 측정기 및 여러 분석 기기들을 이용한 객관적 평가 방법이 있다.^[4] 그러므로 이에 알맞은 균일화된 제과기계의 설비가 필요함이 절실해 지고 있는 추세이다.

빵을 만드는 정형과정(Make up)의 첫 번째 작업은 미리 결정된 무게로 발효된 반죽을 빵의 무게에 맞추어 개개의 조각 덩어리로 분할(dividing)하는 것이다.^[5] 빵의 믹싱(Mixing)완료 후 1차 발효가 된 반죽을 원하는 크기에 맞도록 무게를 맞추어 분할한다. 이때 스크레퍼(scraper)를 이용한 분할로 반죽의 상태는 잘린 면이 있어 1차 발효로 얻어진 많은 가스들이 손실되어지므로 두 번째 정형과정인 둥글이기(rounding)를 한다. 이는 표면을 매끄럽고 둥글게 만들어 계속되는 이스트 활동으로 생기는 가스를 잘 보유할 수 있도록 하기 위해서이다. 또한 둥글리기의 자극으로 반죽은 팽창력이 커지고 힘도 증가한다.^[6] 즉, 분할이 끝난 반죽의 상태는 절단면의 점착성을 띠게 되어 끈적거림이 있어 약간의 덧가루를 사용하여 반죽의 표면에 얇은 표피를 형성시켜 끈적거림을 제거하고 둥그런 모양으로 다듬어 일정한 방향과 결을 만들어 주는 것이 둥글리기의 주된 목적이다.^[7]

위의 목적에 맞는 시스템은 기계적 구조 장치와 많은 힘이 필요한 유압과 회전에 필요한 유도 전동기 그리고 제어하기 위한 하드웨어와 소프트웨어로 구성하고 있다.

여기서 중요한 기능은 분할과 둥글이기 그리고 사용자가 원하는 무게로 36개 분할제어와 분할한 후에 적절한 둥글이기 제어이다.

36개의 완성된 제품의 무게 균일성이 보장된 밀반죽의 분할과 둥글이기 시스템을 설계하고 실험을 통해 성능을 고찰하였다.

II. 시스템 설계

1. 구조

밀반죽을 분할하기 위해서는 공압을 이용하면 시스템이 많이 커져 유압을 이용한다. 유압은 모터의 회전력으로 유압펌프에 의해 유체의 압력에너지를 변환시키고 유압밸브를 이용하여 유체에너지에 압력, 유량, 방향의 세 가지 기본적인 제어를 행하여 유압모터와 실린더를 통해 기계적 에너지로 바꾼다. 유압의 특징은 공압에 비해서 수배에서 수십 배 까지 높은 압력을 사용하기 때문에 소형으로 이용되고, 속도조정과 중간정지도 양호하기 때문에 이를 사용했다.^[8] 그림 1의 시스템 구조도와 같이 밀반죽의 분할을 위해 한 개의 설정 무게에 분할 개수를 곱하여 분할기 반죽틀의 중간에 삽입하고 분할기의 압력 설정시간으로 작동하면 밀반죽이 유압에 의해 분할된다. 분할된 밀반죽은 분할된 영역 내에서 밀반죽을 둥글이기하기 위해 0.75Kw의 유도 전동기를 사용하였다. 유도전동기는 기계적 구조가 견고하고 보수유지가 용이하며 가격이 저렴하다.^[9] 제어기에서 설정된 시간동안 회전하여 둥글이기를 한다.

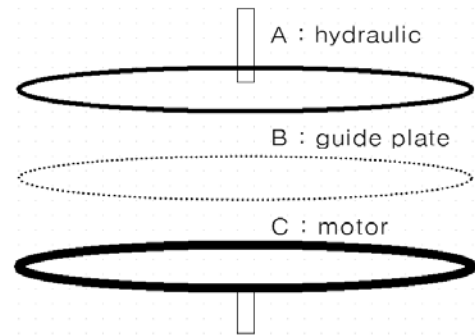


그림 1. 시스템 구조도
Fig 1. System Architecture Diagram.

그림 2의 분할 설계도와 같이 밀반죽의 분할 방법은 식 (1)과 같이 반지름 r과 미세반지름 dθ에서 원의 면적은

$$\begin{aligned}
 ds &= \frac{1}{2} r^2 d\theta \\
 \text{적분하면} & \int_0^{2\pi} ds \\
 &= \int_0^{2\pi} \frac{1}{2} r^2 d\theta \\
 &= \left[\frac{1}{2} r^2 \theta \right]^{2\pi} = \pi r^2 \text{에서}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

A트랙의 분할면적을 산출하면 90도의 분할 각으로 하고 반지름은 A는 6mm로 설계했을 때 A트랙의 분할영역의 면적을 계산해보면 $\pi \times A^2 = 3.14 \times 6^2 = 113.04\text{mm}^2$ 이고, 1개의 분할영역 면적은 $113.04\text{mm}^2 \div 4 = 28.26\text{mm}^2$ 이다.

B트랙의 분할면적을 산출하면 30도의 분할 각으로 하고 반지름은 12mm로 설계했을 때 B트랙의 분할영역의 면적을 계산해보면 $\pi \times (A+B)^2 = 3.14 \times 12^2 = 452.16\text{mm}^2$ 에서 A트랙의 전체면적 113.04mm^2 을 빼고 12로 나누면 1개의 분할영역 면적은 28.26mm^2 이다. C트랙의 분할면적을 산출하면 18도의 분할 각으로 하고 반지름은 A는 18mm로 설계했을 때 C트랙의 분할영역의 면적을 계산해보면 $\pi \times (A+B+C)^2 = 3.14 \times 18^2 = 1017.36\text{mm}^2$ 이고, A트랙과 B트랙의 면적 452.16mm^2 을 빼고 20개로 나누면 1개의 분할영역 면적은 28.25mm^2 된다. 따라서 전체의 분할 개수는 36개와 A와 B트랙의 개당의 분할영역 면적은 28.26mm^2 이고 C트랙의 개당의 분할영역 면적은 28.25mm^2 이다.

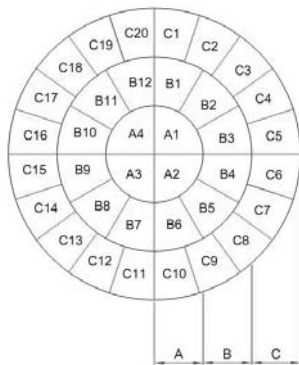


그림 2. 분할 설계도
Fig. 2. Divided Design.

2. 제어

시스템의 동작을 알기 쉽게 표현한 그림 3 타임차트로 설명한다. 전원이 투입되며 안전을 위해 UP SOL로 분할기가 위쪽으로 위치하고 M1의 유압펌프는 작동하고 t1과 t2는 2초로 고정되어 있다. START의 시작버튼은 t3의 상승 에지에서 M1의 유압펌프와 DOWN SOL이 작동하여 밀반죽을 압착한다. 압착하는 시간은 1-9초까지 설정할 수 있고 Ts는 분할 커팅 2초로 고정하면 36개의 분할은 완성된다. 다음은 둥굴이기를 위해 M2의 유도전동기가 회전을 하고 둥굴이기 시간도 1-9초로 설정할 수 있다. 둥굴이기 중에도 유압펌프 M1과 DOWN SOL은 반드시 작동해야한다.

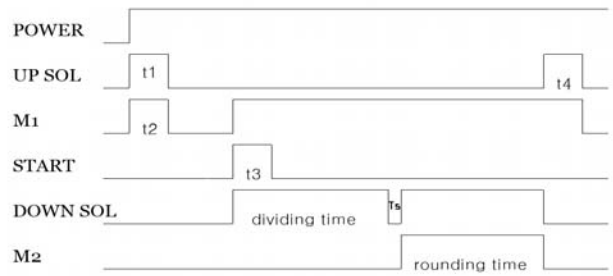


그림 3. 타임 차트
Fig. 3. Time Chart.

이와 같이 밀반죽의 분할과 둥굴이기가 끝나면 UP SOL이 작동하여 분할기가 위쪽으로 위치하고 위치가 끝날 때까지 유압펌프 M1 작동한다.



그림 4. 작동 순서도
Fig. 4. Operating Sequence Diagram.

그림 4는 작동순서도이며 36개 분량의 밀반죽을 덩어리를 밀반죽 가이드 관을 사용하고, 그림 9는 그림 2.의 분할설계도로 제작된 분할 판이고 분할 판 밑에 밀반죽 가이드를 장착한다. 양손으로 START버튼을 작동시키면, 유압실린더가 분할 판이 아래로 내려와 밀반죽을 골고루 펴준다. 그림 3의 타임 차트에서 DOWN SOL을 의미한다. DOWN SOL의 Ts 오프 타임은 분할 판 사이의 분할 칼날이 순간 잘라 36개로 분할하는 역할을 한다. 그리고 설정된 시간동안 유도전동기가 회전하여 둥굴이기를 한다, 둥굴이기가 끝나면 유압실린더가 상승하고 완성된 제품이 그림 10처럼 36개의 분할과 둥굴이기가 완성된 것이다.

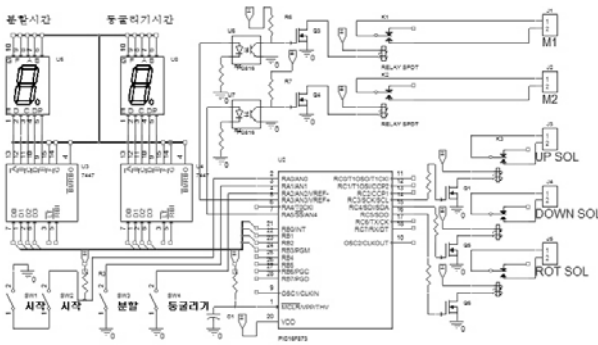


그림 5. 제어 회로도
Fig. 5. Control Circuit Diagram.

그림 5의 제어회로를 보면 PIC계열의 PIC16F873 마이크로프로세서를 사용하였고, 안전을 고려하여 분할과 둥글이기를 작동하기 위한 시작버튼은 스위치 2개를 직렬로 연결하여 왼손 오른손으로 동시에 눌러야 작동하도록 설계하였다. 밀반죽의 분할시간과 둥글이기 시간은 7-Segment FND로 설정하고 시간을 표시한다. 유압 펌프 M1과 유도전동기 M2는 마그네트 스위치의 가동 코일을 작동하여 마그네트 스위치가 유압펌프와 유도전동기를 작동한다. 유압 펌프의 에너지의 사용은 솔레노이드를 이용하여 유압의 방향을 결정하도록 하였다. 그림 6은 제어용 PCB 의 사진이다.

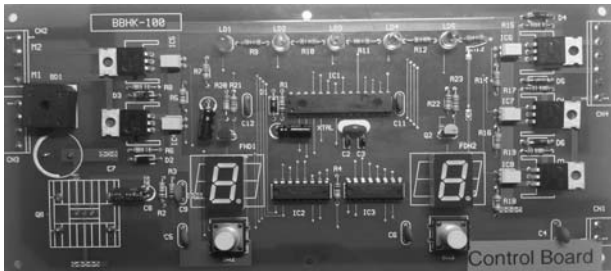


그림 6. 제어 PCB
Fig. 6. Control PCB.

III. 결 과

분할기에 사용될 빵의 제조는 기본 식빵을 만드는 방법으로 배합 비는 표 1에 있는 배합으로 하였고, 이와 같이 직접 반죽 법(AACC method 10-10A)으로 제조하였다. 밀반죽재료의 계량은 전자저울(CAS,AD-05)을 사용하였고, 큰 변수가 생길 수 있는 적은 양의 재료는 소수점까지 계량되는 전자저울을 사용하였다.^[10]

표 1. 단 반죽 빵의 배합
Table1. Formula of Sweet Dough bread.

Ingredients	g
Strong flour	1000
Margarine	120
Sugar	100
Salt	18
Non-fat dry milk	20
Yeast	30
Egg	50
S-500	8
Milk	275
Water	275

실험은 낫개의 중량을 40 g 으로 실험 하였다. 전체의 분할 개수는 36개와 A와 B트랙의 개당의 분할영역 면적은 28.26mm²이고 C트랙의 개당의 분할영역 면적은 28.25 mm²으로 36개의 단위면적은 대략 같다. 따라서 36개의 설정 무게인 40 g에 수량인 36을 곱해서 도합 1440mm²의 밀반죽의 덩어리를 그림 7 분할과 둥글이기용 가이드 이고 그림 8처럼 분할과 둥글이기 판에 올려놓는다.

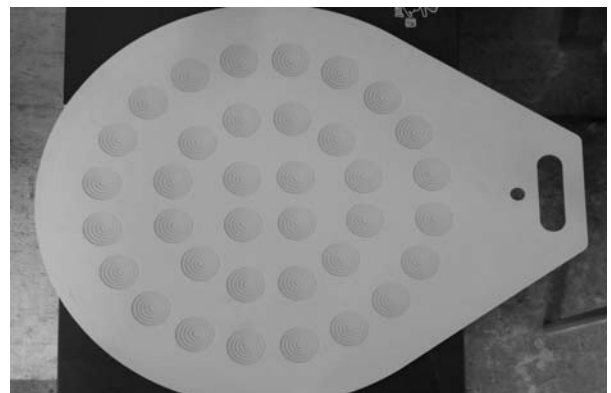


그림 7. 분할과 둥글이기 가이드
Fig. 7. Guide for Division and Rounding.



그림 8. 36개의 전체 무게
Fig. 8. 36 Total Weight.

밀반죽 분할과 둥글이기 실험은 제어판에서 설정된 누름과 동시에 분할시간은 8초와 둥글이기 시간은 5초 설정하여 동작하고 실험하였다.



그림 9. 분할 판
Fig. 9. Division and Rounding Split Plate.

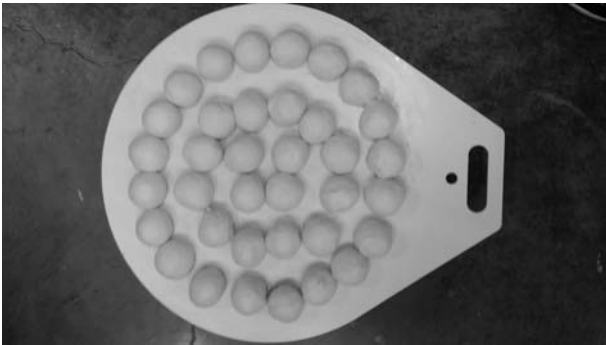


그림 10. 분할과 둥글이기가 완성된 시료
Fig. 10. Divided and Round Finished Sample.

그림 10은 6개 분할과 둥글이기가 작동하여 완성된 사진이고 가이드 판에 3의 밀반죽의 36개 분할과 둥글이기가 완성된 그림이다.



그림 11. 개당 무게
Fig. 11. One Piece of Weight.

이들의 각각 무게의 측정하기 위해 그림 11과 같이 36개의 시료를 측정하였다.

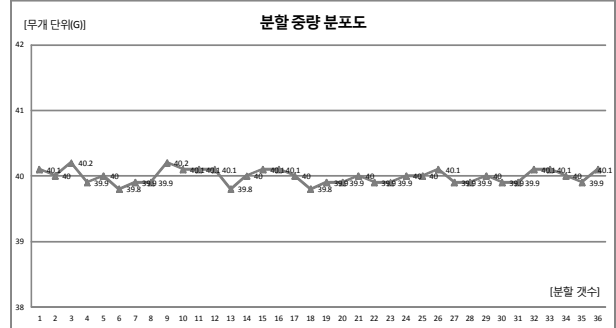


그림 12. 분할 중량 분포도
Fig. 12. Divided Weight Distribution Diagram.

제과 제빵의 종류에 따라 밀반죽의 무게는 다르다. 실험은 40 g으로 실험 하였지만 날개의 무게에 따라 누름과 동시에 분할시간을 설정하면 다양한 종류의 무게 설정이 가능하다. 또한 둥글이기 시간설정은 밀반죽의 점성에 따라 설정하도록 되어 있다.

실험에서 그림 12의 분할 중량 분포도를 살펴보면 최고 40.2 g과 최소 39.8 g 의 ± 0.2 g 의 정밀도를 얻었으면 전체 작업시간은 설정된 누름과 동시에 분할시간은 8초와 둥글이기 시간은 5초로 13초에 36개가 완성되어 개당 0.36초의 매우 빠른 시간으로 일률적인 제품을 완성 할 수 있다.

IV. 결 론

제과제빵분야와 밀반죽 관련 등의 부가가치가 높은 사업에 관심을 갖고 뛰어 들고 있지만 기술자들의 높은 인건비와 인력관리의 어려움은 베이커리 산업의 성장에 저해요소가 되고 있다. 그러므로 단순하지만 개당 0.36초로 빠르고 40 g ± 0.2 g 의 정밀도 작업하는 밀반죽의 분할과 둥글리기 시스템 설계와 실험을 통한 고찰로 좋은 성과를 나타냈다.

제과제빵분야와 밀반죽 관련하여 밀반죽의 분할과 둥글리기 시스템 기기의 개발은 인력난 해소에 도움을 줄 수 있는 방법이고 대량생산을 하는 제과 제빵 공장은 인력 감축이 가능할 것으로 본다. 추후 연구되어야 할 내용으로 반복 작업을 통해 밀반죽의 발효상태와 개당 무게에 따른 최적의 설정시간을 적용하는 것이다.

REFERENCES

- [1] Development of Baking Technology and Analysis of Domestic and International Bakery Market and Trends. Food Science and Industry 45(4), 2012.
- [2] Monthly bakery no.3 = no.380, pp. 103-107, 2000.
- [3] 8. Park EK(2005). Window bakery & franchise bakery selection attribute analysis. MS Thesis. Graduate school of Tourism, Kyonggi niversity
- [4] 2. Objective measurement of characteristics of white pan bread using a commercial korean wheat flour. Korean Journal of Food and Cookery Science v.18 no.2, pp. 206-210, 2002.
- [5] AMERICAN INSTITUTE OF BAKING. Applied Baking Technology Course4, pp. 3-6, 2001.
- [6] www.ncs.go.kr baking(National Competency Standards) 2016.
- [7] Monthly Bakery 1999, 11 172p
- [8] NAM SANG-YEOP, KIM JONG-HYEOK, KWON YUN-JOUNG, LEE HYO-YEONG "PHLego plus USING SIMULATIO" SANGHAKTTANG, 2009.
- [9] Chung-woo Lee, Byung-shul Suh, "(LQ-PID) Controller Design for Speed Control of Induction Motor" IEIE, Vol. 41-SC, No. 3, 2004.
- [10] Quality Characteristics of White Pan Bread with Mulberry Extracts Journal of the East Asian Society of Dietary Life v.18 no.5, 2008.

— 저 자 소 개 —



권 윤 중(평생회원)-교신저자
 1984년 단국대학교 전자공학과 학사 졸업.
 2001년 한국항공대학교 정보통신공학과 공학석사.
 2006년 한국항공대학교 정보통신공학과 공학박사.
 1984년~1986년 KAIST 시스템공학센터 연구원.
 1987년~1990년 경일엔지니어링 기술연구소 연구소장.
 1991년~2011년 미화전자개발 대표.
 2011년~2017년 현재 세명대학교 전자공학과 교수.
 <주관심분야: 의용전자, 응용전자기기, IoT>



이 승 범(정회원)
 2004년 용인대학교 식품영양학 학사 졸업.
 2008년 경희대학교 조리외식경영학 석사.
 2011년 제과 기능장 취득.
 2013년 경희대학교 조리외식경영학 박사 수료.
 2012년~2017년 현재 세명대학교 호텔관광학과 교수.
 <주관심분야: 건강기능성식품, 조리외식경영>



남 상 엽(평생회원)
 2002년 단국대학교 전자공학과 공학 박사.
 1987년~1992년 삼성종합기술원 정보시스템연구소 주임연구원.

1992년~1998년 (주)모토로라 반도체통신 기술연구소 차장.
 1998년~2016년 현재 국제대학교 IT계열 교수.
 <주관심분야: 임베디드시스템, USN/RFID, 지능형로봇, 홈네트워크, 의용전자기기>