

4절 링크를 이용한 프렌치 도어의 간섭 방지 설계

이진규^{1*}, 윤재득¹, 정용호²

¹부산대학교 기계공학부

²부산대학교 기계공학부/정밀정형 및 금형가공 연구소

Interference-free French door design using four-bar linkage mechanism

Jin-Gyu Lee^{1*}, Jae-Deuk Yun¹ and Yoong-Ho Jung²

¹School of Mechanical Engineering, Pusan National University

²ERC/NSDM, School of Mechanical Engineering, Pusan National University

요 약 최근의 냉장고 등에 채택되고 있는 프렌치 도어는 2개의 도어를 사용하지만, 내부에 칸막이가 없어 내부 공간을 효율적으로 사용할 수 있는 장점이 있다. 그러나 프렌치 도어는 2개의 도어와 몸체와의 밀폐를 위해 부착된 개스킷이 서로 간섭을 일으키기 때문에 개스킷의 마모로 인해 밀폐성능에 치명적인 영향을 미치고 도어의 개폐력이 증가되는 문제점이 있다. 본 연구에서는 프렌치 도어의 개폐를 위해 4절 링크기구의 동작을 이용한 개폐 메커니즘을 개발하였다. 또한, 개발된 4절 링크기구를 설계 및 제작한 후 실제 냉장고에 적용하여 간섭이 발생하지 않음을 검증하였고, 개방력도 저감됨을 확인하였다. 본 연구에서 제안된 메커니즘은 냉장고뿐만 아니라 프렌치 도어를 채택하는 다른 가전제품이나 산업제품에도 적용될 수 있다.

Abstract The French doors have the advantage that they can use inner space more efficiently due to without of partition between two rooms. However, when they are used for refrigerators, the door gaskets for sealing may cause interference of themselves during opening and closing, which causes fatal effect on sealing by worn out of the gaskets as well as increases door opening force. This research proposes a new mechanism for the French doors using the parallelogram motion of 4-bar linkage mechanism, which does not make any interference between gaskets. We manufactured the French doors of proposed mechanism to verify that they do not cause any interference during opening and closing, as well as opening force is decreased. The use of our developed mechanism is not limited to refrigerators, but can be extended to other industrial products with the French doors.

Key Words : Four-bar linkage, Kinematics, Interference, Refrigerator

1. 서론

생활수준 향상과 더불어 가정용 대형 냉장고에 대한 선호도가 높아지고 있으며 근래에는 좌측에 냉동실을, 우측에 냉장실을 갖춘 양문형(side by side door) 냉장고가 애용되고 있다. 그리고 최근에 서구에서 인기가 높은 3문형(three-door type) 냉장고도 국내에서 많이 판매되고 있는 추세이다. 3문형 냉장고는 상부에 위치한 냉동실에 좌

우 2개의 도어(door)가 있고, 하부에 위치한 냉동실에 1개의 도어가 있는 구조를 가진다. 최근의 3문형 냉장고는 사용 효율을 극대화하기 위하여 냉장실 공간에 좌우 경계부가 없는 프렌치 도어(French door) 형식[1]을 사용한다. 즉 한 공간의 개폐를 위해 두 개의 도어를 이용하는 구조이다.

냉장고에 사용되는 프렌치 도어는 일반 제품에 사용되는 도어와는 달리, 도어를 닫았을 때 내부의 냉기가 외부

본 연구는 LG전자(주)의 냉장고 사업부의 지원으로 수행 되었으며 관계자들에게 감사드립니다.

*교신저자 : 이진규(wlsrb02@pusan.ac.kr)

접수일 11년 04월 05일

수정일 (1차 11년 05월 01일, 2차 11년 05월 10일)

게재확정일 11년 05월 12일

로 빠져나가지 않도록 완전히 밀폐되어야 한다. 이를 위해 도어와 몸체 사이가 밀폐되어야 할 뿐만 아니라, 도어와 도어 사이에도 완전한 밀폐를 보장하여야 한다. 밀폐를 위해서는 일반적으로 PVC 재질의 개스킷(gasket)[2]을 사용하는데, 프렌치 도어와 같이 도어와 도어 사이에 밀폐를 위해 개스킷을 사용하는 경우 도어를 개방할 때 개스킷 간에 간섭이 발생하게 된다. 이로 인해 개폐력이 증가하며, 개스킷의 마모로 인해 장시간의 사용 후에는 개스킷이 탈거되어 밀폐 성능이 저하되는 치명적인 문제가 발생된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 양쪽 도어가 만나는 부위의 안쪽에 세로 방향으로 긴 필러(pillar) 타입의 보조 구조물을 사용하여 내부를 완전히 밀폐시키는 방법과[3] 도어의 힌지(hinge) 부위에 캠(cam) 메커니즘을 이용하여 양쪽도어가 닫힐 때 간섭이 방지되면서 밀폐시키는 방법[4]이 시도되었다. 그러나 첫 번째의 필러를 이용하는 방법은 도어에 부착된 필러가 도어를 닫을 때 본체에 부착된 가이드 홈을 따라가면서 회전하도록 구성되어 있다. 따라서 필러가 동작할 때 마찰 소음이 발생할 뿐만 아니라 도어를 닫을 때 필러가 도어에 부착된 개스킷과 부딪히는 소음을 발생시키고 외관이 깔끔하지 않은 문제점이 있다. 힌지 부에 캠 메커니즘을 이용하는 두 번째 방법은 3장 개스킷 간의 간섭을 저감시키는 효과는 있지만 캠 메커니즘 장치가 다소 복잡한 구조로 되어 있으며 이미 특허로 보호되고 있다.

따라서 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 4절 링크 기구(four-bar linkage mechanism)가 가지고 있는 기구학적 특성[5]을 이용한 새로운 방법을 제안하고자 한다.

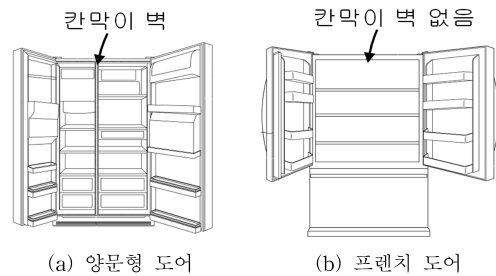
2. 프렌치 도어의 간섭

2.1 프렌치 도어의 간섭 문제

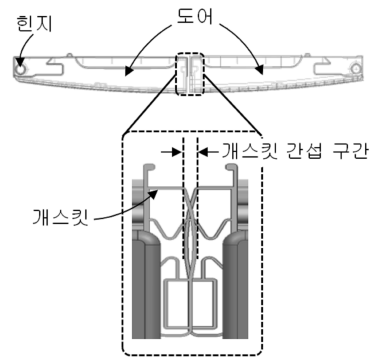
기존의 양문형 냉장고는 그림 1(a)와 같이 냉동실과 냉장실의 경계를 지어주는 칸막이 벽을 가지고 있다. 따라서 각각의 도어가 닫힐 때, 각 도어의 가장자리에 있는 개스킷이 냉장고의 몸체와 칸막이 벽에 밀착하여 외부와 내부의 공기 유동을 완전히 차단하게 된다. 그러나 그림 1(b)와 같은 프렌치 도어의 경우, 양문형 냉장고와는 달리 냉동실과 냉장실을 나누는 칸막이가 없다. 따라서 양쪽 도어가 닫혔을 때 두 도어 사이로 냉기가 유출되지 않도록 하기 위해 그림 2와 같이 두 도어의 사이에도 개스킷을 부착하여 밀폐시켜야 한다. 그림 2는 프렌치 냉장고 도어를 위에서 바라본 모습이다.

그런데 그림 2와 같이 양쪽 도어 사이에 개스킷을 부

착하면 냉기를 밀폐시킬 수 있으나, 양쪽 개스킷이 서로 밀착하고 있기 때문에 도어를 개방 할 때 양쪽 도어의 개스킷이 서로 간섭을 일으킨다. 이러한 간섭은 앞에서 기술한 바와 같이 개스킷의 급격한 마모를 야기 시켜 장기간 사용할 때에는 개스킷이 손상되어 냉기가 유출될 수도 있고 개스킷 자체가 탈거 될 수도 있다. 뿐만 아니라 개스킷 사이의 마찰로 인하여 도어의 개폐력이 증가하는 원인이 되기도 한다. 따라서 이러한 간섭이 발생하지 않도록 하기 위한 개방 메커니즘이 고안되어야 한다.



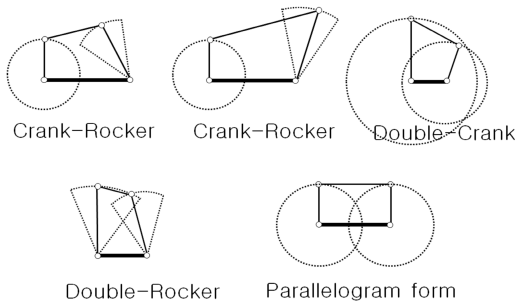
[그림 1] 냉장고 도어 타입



[그림 2] 개스킷 간의 간섭

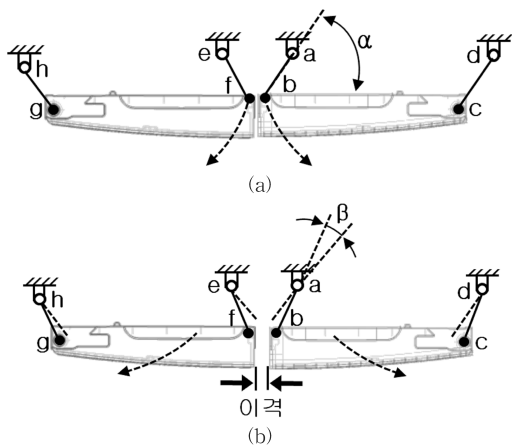
2.2 4절 링크의 병진이동

본 연구에서는 프렌치 도어의 간섭문제를 해결하기 위해 4절 링크 기구를 이용하고자 한다. 4절 링크기구는 핀(pin) 혹은 미끄럼 조인트(sliding joint)로 연결된 링크 기구 중에서 링크 간의 상대 운동을 허용하는 가장 간단한 연결 장치이다. 네 개의 핀 조인트만으로 구성된 경우 Grashof's law[6]에 따라 그림 3과 같이 다양한 기구학적 동작을 얻을 수 있다. 본 논문에서는 4절 평행 기구(Parallelogram form)의 움직임을 이용하여 프렌치도어가 개방을 시작할 때 서로 간섭을 일으키지 않는 동작을 구현하고자 한다.



[그림 3] 4절 링크 메커니즘

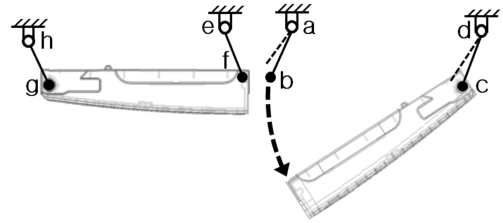
즉 그림 4(a)와 같이 4절 평행 기구 메커니즘을 프렌치 도어에 적용하면, 우측 도어의 경우 a-b-c-d는 4절 평행기구 메커니즘을 구성한다. 따라서 좌·우측 각각의 도어는 핀 조인트(a,d 및 e,h)를 중심으로 화살표 방향으로 이동하게 되므로 좌·우측 각각의 도어는 서로 간섭을 일으키지 않고 개방 동작을 시작하게 된다. 이때 우측도어의 경우 링크 a-b가 도어와 이루는 각도 α 는 0° 보다 충분히 커야 하는데 좌·우측 도어가 서로 이격되면서 냉장고 몸체로부터 분리되기 위해서는 45° 정도가 적당할 것이다. 4절 링크 메커니즘에 의해 좌·우측 도어가 서로 이격되는 그림 4(b)의 동작을 본 논문에서는 ‘병진이동’이라고 칭하겠다. 그림 4(b)는 4절 링크의 병진이동으로 인해 도어가 화살표 방향으로 서로 이격된 모습을 나타낸다.



[그림 4] 최초 도어 개방 할 때 평행 이동 동작

그런데 프렌치 냉장고 도어의 경우, 앞의 그림 4(b)와 같이 β 각도만큼 병진운동으로 좌·우측 도어가 서로 이격되면서 개방동작을 시작한 이후, 완전한 개방을 위해서는 우측 도어의 경우 그림 5와 같이 힌지c를 중심으로 회

전 할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 앞의 병진이동 후 도어의 몸체가 링크 a-b로부터 분리될 수 있어야 하며, 핀c는 병진이동 후 순수한 회전 동작만을 수행할 수 있는 별도의 메커니즘이 구현되어야 한다.



[그림 5] 평행 이동 후 회전 운동

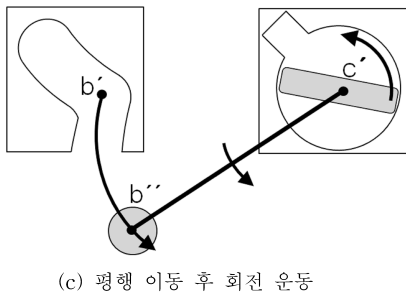
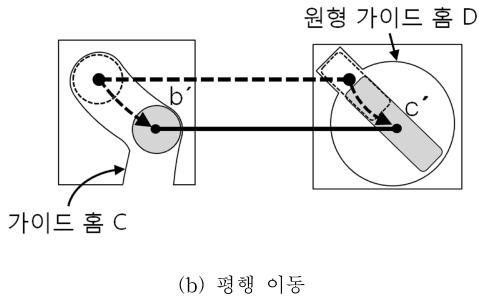
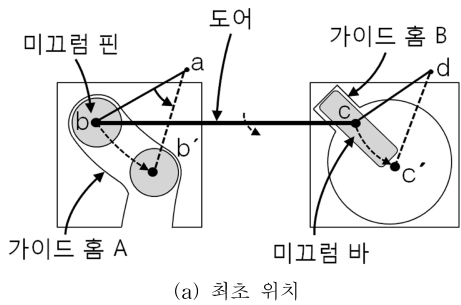
3. 간섭 방지 메커니즘의 상세 설계

3.1 메커니즘 개요

앞의 그림 5와 같이 4절 링크 a-b-c-d가 β 각도 만큼 병진운동을 수행한 이후, 링크 b-c에 해당하는 냉장고의 도어가 핀c를 중심으로 회전 하여야 완전한 개방이 구현될 수 있다. 이를 위해 본 연구에서는 링크 b-c에 해당하는 도어가 병진 운동 후 링크 a-b로부터 분리될 수 있는 메커니즘과, 핀c가 병진운동 후 순수한 회전 운동을 수행할 수 있는 그림 6과 같은 메커니즘을 제안하였다[7]. 그림 6은 프렌치 도어 중 우측 도어의 경우를 도시하였다.

제안된 메커니즘은 그림 6(a)에서와 같이 도어에 해당하는 링크 b-c에 미끄럼 핀과 미끄럼 바가 부착되어 있다. 가이드 홈A는, 링크 b-c가 핀a와 핀d를 중심으로 병진운동을 할 때 미끄럼 핀이 b-b'의 궤적을 따라 이동할 때 생성되는 포락의 윤곽이다. 마찬가지로 가이드 홈B는, 링크 c-d가 핀d를 중심으로 회전할 때 미끄럼 바가 c-c'의 궤적을 따라 이동할 때 생성되는 포락의 윤곽이다. 즉 가이드 홈A와 B는, 링크 a-b와 링크 c-d를 대신하며 냉장고 도어에 해당하는 링크 b-c의 병진 운동을 유도한다. 따라서 4절 링크기구의 링크 b-c가 병진운동을 수행하면 링크 b-c는 그림 6(b)와 같이 b'-c'의 상태로 되는데, 이 상태는 양쪽의 도어들이 마찰을 일으키지 않고 서로 이격되어 살짝 개방된 상태이다.

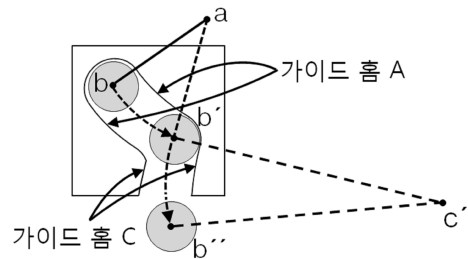
이후 도어가 완전히 개방되기 위해 링크 b-c에 부착된 미끄럼 바가 원형 가이드 홈D 내에서 회전 동작을 수행하고, 미끄럼 핀은 가이드 홈C를 따라 b-b''의 궤적을 따라 이동을 계속하여 도어의 몸체로부터 분리되면 링크 b-c는 그림 6(c)와 같이 순수한 회전 동작을 수행 하여 도어가 완전히 개방될 수 있다.



[그림 6] 제안하는 도어 개폐 방법

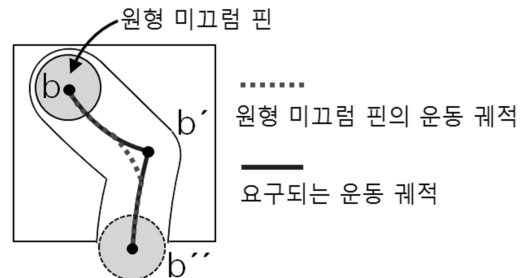
3.2 가이드 홈 및 미끄럼 핀의 설계

앞 절에서 설명한 병진운동 후 회전 동작을 수행하기 위해, 각각의 부품들은 정확한 형상으로 설계 되어야 한다. 먼저 미끄럼 핀의 형상은 그림 6(a)와 같이 가이드 홈을 따라 충돌 없이 이동이 용이하도록 원형의 형상이 좋을 것이다. 한편 가이드 홈A는, 그림 7과 같이 미끄럼 핀이 가상의 링크 a-b의 회전에 따라 점b가 b'로 이동할 때 생성되는 포락의 윤곽이 되어야 하며, 가이드 홈C는 링크 a-b가 a점을 중심으로 회전한 이후, 링크 b'-c'가 c'를 중심으로 회전하는 동안 미끄럼 핀이 b'-b''의 궤적을 따라 이동할 때 생성되는 포락의 윤곽이 되어야 한다. 또한 병진 운동과 회전운동이 부드럽게 연결된 동작으로 수행되기 위해 가이드 홈A와 가이드 홈C는 부드럽게 연결되어야 한다.

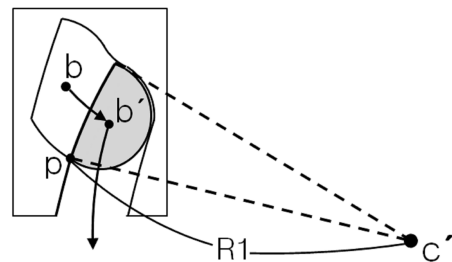


[그림 7] 가이드 핀 운동 궤적

그런데 그림 7과 같이 미끄럼 핀의 운동 궤적을 따라 가이드 홈A와 가이드 홈C를 생성하였을 때 실제 미끄럼 핀의 운동궤적은 아래의 그림 8의 점선과 같이 이동하므로 요구되는 운동 궤적을 따라 이동하지 않는다. 이러한 현상은 궤적 b-b'와 궤적 b'-b''의 방향 벡터가 b'점에서 연속하지 않기 때문에 발생한다. 만약 미끄럼 핀이 요구되는 실선의 궤적을 따르지 않으면 미끄럼 바와 미끄럼 핀의 동작이 완전하지 못하여 그림 6(b)와 같은 상태가 되지 못한다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해, 미끄럼 핀의 형상을 그림9와 같이 반달모양으로 수정하였다. 즉 p-c'를 반경(R1)으로 미끄럼 핀의 좌측 형상과 가이드 홈C의 윤곽을 생성하면 미끄럼 핀은 정확히 요구되는 경로로 작동한다.



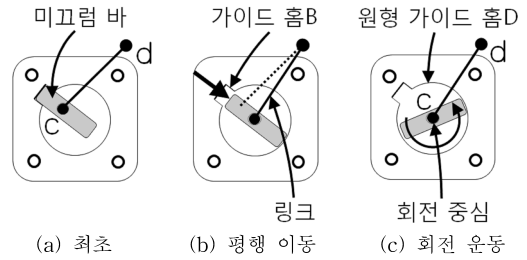
[그림 8] 요구되는 가이드 핀 궤적



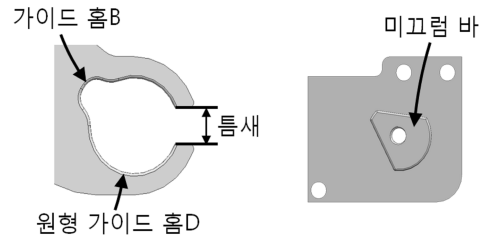
[그림 9] 수정된 가이드 핀 궤적

3.3 힌지 부의 설계

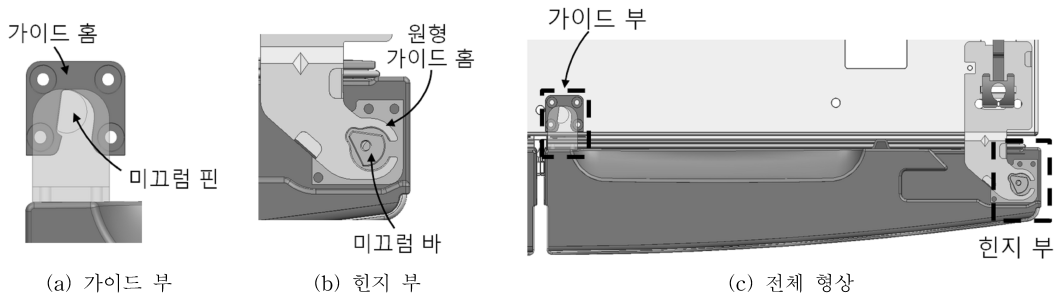
프렌치 도어에 4절 링크기구 메커니즘을 적용하여 병진운동 후 순수한 회전 동작이 이루어지기 위해서는 그림 10과 같은 힌지(hinge) 부의 구성이 필요하다. 그림 10(a)는 도어가 완전히 닫혀 있을 때의 힌지 부를 나타내며, 그 후 그림 10(b)와 같이 도어가 개방되기 시작 할 때 도어에 부착된 미끄럼 바가 화살표 방향으로 병진이동하게 된다. 그 다음, 도어는 그림 10(c)와 같이 미끄럼 바가 조인트c를 중심으로 원형 가이드 홈D를 따라 순수한 회전운동을 하면서 도어는 완전히 개방된다. 실제로 도어의 개폐 동작을 수행 할 때, 병진동작과 회전동작이 부드럽게 연결되도록 하기 위해 본 연구에서는 그림 11과 같이 가이드 홈B와 원형 가이드 홈D가 만나는 모서리를 라운딩 처리하였다. 또한 미끄럼 바가 그림 10과 같이 사각형의 형상일 경우, 회전동작을 할 때 기존의 힌지 부가 가지고 있는 원형 가이드 홈D의 틈새로 미끄럼 바가 빠져 나갈 수 있으므로 이를 방지하기 위해 그림 11과 같이 미끄럼 바를 부채꼴 형상으로 설계하였다.



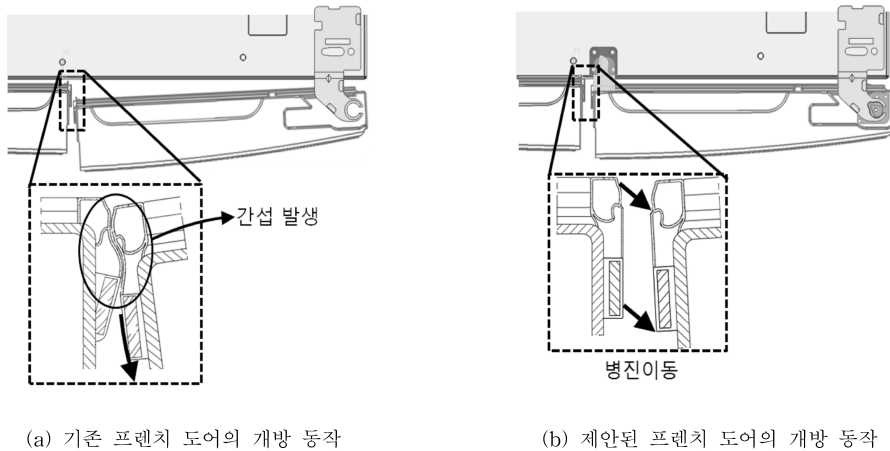
[그림 10] 힌지 부 메커니즘



[그림 11] 수정된 힌지 부



[그림 12] 4절 링크 메커니즘 모델링



[그림 13] 기존의 프렌치 도어와 제안한 프렌치 도어 개방 메커니즘의 비교

4. 설계 및 적용

4.1 부품 모델링 및 동작 비교

4절 링크를 이용하여 병진운동 후 회전운동을 구현하기 위해 앞 소절에서 제시한 가이드 홈, 미끄럼 핀, 원형 가이드 홈, 미끄럼 바의 설계방법에 따라 각각의 부품을 상용 CAD 소프트웨어를 사용하여 모델링 하였다. 그림 12(a)는 가이드 부를 구성하고 있는 가이드 홈과 미끄럼 핀을 나타내며, 그림 12(b)는 힌지 부를 구성하는 원형 가이드 홈과 미끄럼 바를 나타내며, 그림 12(c)는 가이드 부와 힌지 부를 실제 프렌치 도어에 조립한 전체 형상을 나타내었다. 그리고 본 논문에서 제안한 프렌치 도어의 개방동작과 기존의 프렌치 도어의 개방 동작을 그림 13에 비교하였다. 즉 그림 13(a)와 같이 기존의 프렌치 도어는 화살표 방향으로 개방을 시작할 때 개스킷 간에 간섭이 발생한다. 그러나 그림 13(b)와 같이 본 논문에서 제안한 4절 링크 메커니즘을 적용한 방법은 도어를 개방할 때 최초 병진운동으로 양쪽 개스킷이 서로 이격된 이후 회전운동을 하기 때문에 개스킷 간의 간섭이 발생하지 않는다.

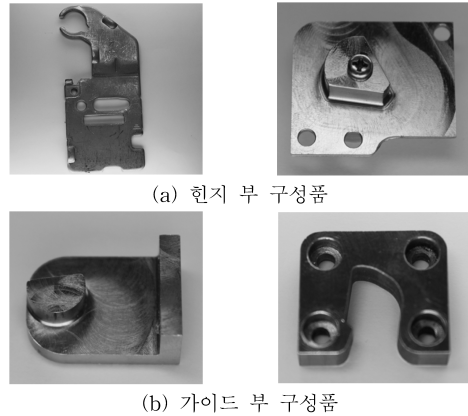
4.2 부품 제작 및 조립

본 연구에서 제안한 메커니즘의 실제 작동성을 확인하기 위해 앞의 소절에서 설계한 모델을 근거로 힌지 부와 가이드 부를 구성하는 부품들을 제작하고, 프렌치도어를 채택하고 있는 실제 냉장고에 적용하였다. 각 부품들은 기존의 힌지에 사용된 부품과 동일한 재질인 냉간 압연강판으로 그림 14와 같이 힌지 부와 가이드 부를 제작하였고, 그림 15와 같이 프렌치 도어를 사용하는 기존의 냉장고 몸체와 도어의 상단에 각 부품을 조립하였다. 즉 그림 15(a)는 조립된 전체 형상을 나타내며, 그림 15(b)는 냉장고 몸체의 상단에 부착된 가이드 홈과 도어의 상단에 부착된 미끄럼 핀을 나타내며, 그림 15(c)는 기계 가공한 원형 가이드 홈을 가진 냉장고 상부 힌지와 도어의 힌지 축에 장착된 미끄럼 바의 형상을 보이고 있다.

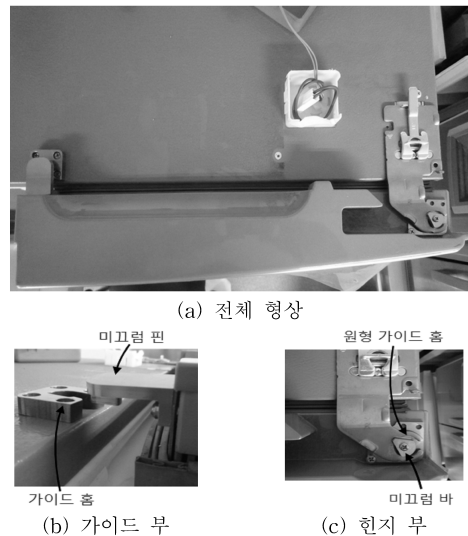
4.3 작동성 및 개방력 평가

본 연구에서 제안한 4절 링크기구를 이용한 메커니즘을 앞의 그림 15와 같이 실제 냉장고에 적용 하였을 때 양쪽 개스킷의 간섭이 발생하지 않고 부드러운 개폐 동작을 수행함을 확인 할 수 있었다. 또한 기존의 프렌치 도어와 본 연구에서 제안한 4절 링크를 적용한 프렌치 도어의 개방력을 측정하여 비교한 결과를 그림 16에 나타내었다. 도어 개방력 측정 방법은 도어 손잡이에 Digital Force Gauges를 연결하여 개방력을 측정하였다. 기존의

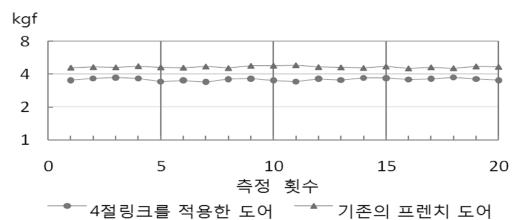
프렌치 도어의 개방력은 평균 4.7kgf 인데 비해 본 연구에서 제안한 4절 링크를 적용한 도어의 평균 개방력은 3.6kgf로서, 개방력이 약 23% 저감되는 효과가 나타남을 확인 하였다.



[그림 14] 가공된 힌지 부와 가이드 부 구성품



[그림 15] 실제 프렌치 도어 냉장고에 4절 링크 메커니즘 적용



[그림 16] 도어 개방력 비교

5. 결론

냉장고에 주로 사용되는 프렌치 도어는, 도어를 닫았을 때 내부의 냉기가 외부로 빠져나가지 않도록 하기 위해 도어와 몸체 사이뿐만 아니라 도어와 도어 사이에도 개스킷을 사용한다. 그런데 도어와 도어 사이의 개스킷은 도어를 개폐할 때 서로 간섭을 일으켜서 개스킷의 마모와 개폐력을 증가시키는 악영향을 미친다. 서로 간섭을 일으키는 개스킷이 장시간 사용되면, 개스킷이 손상되거나 탈거되어 냉기가 유출되는 치명적인 결함을 야기시킨다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 4절 링크 메커니즘을 이용한 새로운 개방 메커니즘을 설계하고 제안하였다.

제안된 방법은 4절 링크 기구의 동작을 응용하여 두 개의 프렌치 도어가 개방을 시작할 때 서로 이격되게 함으로써, 도어의 개방 동작의 초기에 발생하는 개스킷 간의 간섭을 완전히 제거하였다. 또한, 프렌치 도어가 서로 이격되는 병진 동작 이후 완전한 회전 운동까지 연속된 동작을 수행하기 위한 4절 링크의 가이드 핀의 형상을 제안하였다.

제안된 프렌치 도어의 개방 메커니즘은 개스킷 간의 간섭을 완전히 제거하였고, 또한 이로 인해 도어의 개폐력을 20% 이상 감소시키는 부가적인 효과도 거둘 수 있었다. 따라서 본 연구에서 제안된 메커니즘은 국내 가전 업계에 뿐만 아니라 프렌치 도어가 많이 사용되는 서구로 수출되는 냉장고에 확대 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] 권경환, “프렌치 도어형 냉장고”, 대한민국 특허 출원번호 10-2005-0042525, 2005.
- [2] 신퇴성 평가기준 RS M 0027, “냉장고용 PVC 가스켓”, 기술표준원, 2006
- [3] 김성재, “플렌치도어 타입 냉장고의 냉장실도어 실링장치”, 대한민국 특허 출원번호 10-2004-0114177, 2004.
- [4] Yooshikawa Takashi, Fujibayashi Itsuo, Yoshi -mura Hiroshi, “Cam Mechanism And Door Opening/Closing Mechanism”, Application Number PCT/JP02/01985, 2002.
- [5] John J. Uicker, Jr, Gordon R. Pennock, Joseph E. Shigley, “Theory of Machines And Mechanisms”, ITC, 2007.
- [6] Barker, C. R, “A Complete Classification of Planar Four-bar Linkages”, Mechanism and Machine

Theory, pp, 535-554, 1985.

- [7] 정용호, 윤재득, “여닫이문 개폐장치”, 대한민국 특허 출원번호 10-2009-0035597, 2009.

이진규(Jin-Gyu Lee)

[정회원]



- 2009년 2월 : 동아대학교 기계공학전공 (공학 학사)
- 2011년 03월 ~ 현재 : 부산대학교 대학원 석사과정

<관심분야>

CAD/CAM, 기구학

윤재득(Jea-Deuk Yun)

[정회원]



- 2007년 2월 : 부산대학교 기계공학전공 (공학 학사)
- 2009년 8월 : 부산대학교 기계공학전공 (공학 석사)
- 2011년 03월 ~ 현재 : 부산대학교 대학원 박사과정

<관심분야>

5-Axis high-speed machining, Computational Geometry

정용호(Yoong-Ho Jung)

[정회원]



- 1983년 2월 : 부산대학교 기계공학 전공 (공학 학사)
- 1990년 2월 : 서울대학교 기계설계 전공 (공학 석사)
- 1993년 2월 : 서울대학교 CAD/CAM 전공 (공학 박사)
- 1993년 ~ 1996년 : 삼성항공(주) 수석연구원

- 1996년 ~ 현재 : 부산대학교 기계공학부 교수

<관심분야>

Geometric Modeling, 5-axis High-speed Machining, Assembly Modeling, Mesh generation