

<http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2022.8.2.53>

JCCT 2022-3-8

사용 편의성 향상을 위한 선풍기의 효율적 회전구간 선정

User-friendly adjustable table fan with selective rotation angles

김상현*

Sang-Hyun Kim*

요약 일반적인 가정용 선풍기는 단 하나의 좌우 회전 구간을 갖기 때문에 회전 각도를 조절할 수 없어 불필요한 영역까지 바람이 가거나 바람이 필요한 공간에 바람이 가지 않는 구간이 발생한다. 본 논문에서는 에너지 낭비를 줄이면서 필요한 공간에 선택적으로 바람을 보낼 수 있도록 회전 구간을 효율적으로 조절하는 방법을 제시하고자 한다. 정지 풍향각 측정 실험을 통해 최소 회전 각도를 구하였으며 최적의 회전 단계수를 선정하기 위해 바람이 도달하는 공간을 적절히 분할하였다. 이를 통해 선풍기가 45°의 최소 회전 각도와 3단계의 회전 구간을 가지면서 각 단계마다 정지 풍향각의 2배씩 회전 각도가 증가할 때 바람이 효율적으로 분배되는 것을 확인하였다. 따라서 본 논문에서 제시한 선택적 회전 구간 조절 방법은 선풍기 구조에 큰 변형 없이 에너지 낭비를 최소화 할 수 있을 것으로 사료된다.

주요어 : 가정용 선풍기, 정지 풍향각, 선택적 회전 각도, 회전 단계

Abstract Since a general household fan has only one left/right turning stage, the rotation angle cannot be adjusted leading to cases whether the wind reaches to an unnecessary area or vice versa. In this paper, we propose a method to efficiently control the turning section to selectively send wind to a necessary space while reducing energy waste. The minimum rotation angle was obtained by experimentally measured the stationary wind direction angle of the fan, and the optimal number of turning stages was selected by appropriately dividing the space where the wind reaches. Through this, it was confirmed that if the fan has a minimum rotation angle of 45°, a turning section of 3 stages and its rotation angle is increased by twice the stationary wind direction angle at each stage, the wind is distributed efficiently. Therefore, it is considered that the selective turning stage control proposed in this paper can minimize energy waste without significant change of the fan structure.

Key words : Household Fan, Stationary Wind Direction Angle, Selective Rotation Angle, Turning Stage

1. 서론

90년대 초부터 개발된 선풍기는 공정 기술의 발달과 플라스틱 소재의 보편화 및 소득 증대로 점차 대중화되었으며 지금은 가정이나 식당과 같은 장소에서 쉽게

찾아볼 수 있을 정도로 우리의 삶 속에서 빼놓을 수 없는 생활필수품으로 자리 잡았다[1]. 특히 급속하게 확산되어온 ICT 기술 개발과 융합을 통한 생활가전의 높은 보급률로 인해 개인공간의 냉방기기 설치가 늘어나고 있으며 에너지 절약 차원에서 개별 냉방 시 에어컨과

*정회원, 한성대학교 기계시스템공학과 (제1저자, 교신저자)
접수일: 2022년 1월 11일, 수정완료일: 2022년 3월 1일
게재확정일: 2022년 3월 8일

Received: January 11, 2022 / Revised: March 1, 2022

Accepted: March 8, 2022

*Corresponding Author: shkim@hansung.ac.kr

Dept. of Mechanical Systems Eng., Hansung Univ, Korea

선풍기의 동시 사용이 권장되고 있다[2][3].

대부분의 가정용 선풍기는 모터와 날개, 가드, 스탠드로 구성되어 있으며 기본적인 구조가 크게 다르지 않아 다른 전자제품의 발전에 비해 제품의 차별화 및 발전 속도가 상대적으로 느렸다[4]. 하지만 최근 소비자들의 생활수준이 향상됨에 따라 가전제품에 대한 트렌드도 변화되었으며 이에 선풍기의 기능 개선 요구도 점차 증대되고 있다. 물론 초기 버튼이나 다이얼 방식의 기계식 조작 형태에서 리모컨 조작의 전자식 형태로 발전하여 사용자의 편의성이 향상되었지만 근본적인 제품의 기능 개선은 아니므로 기존 선풍기를 더욱 편리하게 사용할 수 있는 추가적인 연구가 필수적이다.

사용자가 가장 많이 사용하는 선풍기 기능은 바람세기 조절, 타이머, 좌우 회전 등이 있다. 통상적으로 바람세기 조절 기능은 미풍, 약풍, 강풍으로 나뉘어 있고 타이머 기능은 0 ~ 8시간 안에서 선풍기 작동 시간을 설정할 수 있으므로 사용자가 필요시 바람 세기나 작동 시간을 선택할 수 있다. 하지만 좌우 회전 기능은 단 하나의 회전 구간을 갖기 때문에 회전 각도를 조절할 수 없어 불필요한 영역까지 바람이 가거나 바람이 필요한 공간에 바람이 가지 않는 상황이 발생한다. 예를 들어 좁은 방에서 두 사람이 선풍기 회전 기능을 사용하는 경우 바람이 두 사람을 넘어간 영역까지 도달하게 되고 넓은 식당에서 사람들이 분산된 경우 기존 회전 구간으로는 바람이 닿지 않는 구간이 발생하므로 전력 낭비도 있고 효율적이지 못하다.

최근 선풍기에 센서를 달아 선풍기가 스스로 사람의 위치를 확인해 바람 방향을 바꾸거나 추가 모터를 회전부에 부착하여 회전 각도를 제어하는 방법이 제시되었다[5][6]. 하지만 센서를 통해 인체를 감지하여 사람이 있는 방향으로만 바람을 보내는 방법은 실내에서 가끔 자리를 이동하는 1인 사용자에게는 유용하지만 여러 명이 분산되어 위치할 경우에는 적합하지 않다. 또한 모터를 추가하는 방법은 회전 각도를 조절할 수 있어 동시에 여러 명에게 바람을 보낼 수 있지만 분산된 정도에 따라 무수히 많은 회전 구간이 필요하므로 각 단계를 제어하는 전자시스템 장치가 복잡하고 발열이나 소음 및 진동으로 인해 선풍기와 같이 대중적인 제품에 사용하기엔 무리가 있다.

따라서 본 연구에서는 사람의 부재 유무에 상관없이 일정한 각도로만 회전하는 기존 가정용 선풍기의 문제점을

해결하면서 복잡한 제어장치 없이 최소한의 회전 단계로 필요한 공간에 바람을 보낼 수 있는 효율적 회전 구간 선정 방법을 제시하고자 한다. 먼저 바람이 도달되는 영역을 확인하기 위해 실험을 통해 정지 시 선풍기에서 나오는 바람의 각도를 측정하였으며 이를 통해 바람이 필요한 공간을 효율적으로 분할하기 위한 최소 회전 각도를 선정하였다. 또한, 사용자가 상황에 맞게 선풍기 좌우 회전 범위를 선택적으로 조절할 수 있는 최소한의 회전 단계수를 구하였으며 사용자의 신체를 고려한 공간 분석을 통해 에너지 낭비가 최소로 발생됨을 확인하였다.

II. 이론적 배경

1. 회전 방법 선정

본 논문에서 제시하는 회전 구간 조절은 선풍기의 구조에 큰 변형 없이 사용자가 필요한 공간에만 선택적으로 바람을 보낼 수 있도록 선풍기 회전 범위를 설정하는 것이 목표다. 일반적으로 회전 각도를 조절하는 방법은 연속적인 방법과 불연속적인 방법이 있다. 연속적인 방법은 이론적으로 회전 각도에 대한 제한이 없으며 어떤 범위라도 회전이 가능하다. 예를 들어 선풍기를 기준으로 두 사람이 붙어 있거나 떨어져 있어도 선풍기의 회전 각도를 사람 간 거리와 동일하게 설정할 수 있다. 사람이 어디에 위치해도 선풍기가 회전하는 각도를 필요한 만큼만 설정할 수 있기 때문에 버려지는 바람이 없게 되어 효율이 증대된다. 그러나 사용자의 위치와 분산된 정도에 따라 무수히 많은 단계의 회전 구간이 필요하므로 각 단계를 제어하기 위한 추가 전자시스템 설치 및 많은 구조변형이 요구된다.

불연속적인 방법은 기존 선풍기의 좌우 회전 기능처럼 다수의 회전 단계를 미리 설정해 회전 각도를 제어하는 것이다. 이 방법은 각 회전 단계마다 정해진 각도만큼만 회전되므로 연속적인 방법보다 효율은 낮지만 구조변형은 크지 않다. 따라서 선풍기에서 나오는 바람의 각도를 통해 공간을 적절히 분할하고 회전 시 각 단계별로 서로 겹치지 않는 영역을 찾게 되면 적은 회전 단계수로도 효율을 증대시킬 수 있다고 판단되므로 본 논문에서는 불연속적인 방법을 사용한다.

최적의 회전 단계 및 회전 각도를 선정하기 위해 먼저 선풍기에서 나오는 바람 모습을 확인하였다. 그림 1(a)는

선풍기가 정지하고 있을 때 바람이 나오는 모습을 가지적으로 표현한 것이다[7]. 처음 일정 구간 직진하던 선풍기 바람은 공기 중의 분자들과 충돌하면서 회전하며 일정한 각도로 퍼져나간다. 이러한 현상을 그림 1(b)에 도식적으로 나타내었다. 선풍기에서 바람이 나오는 방향을 기준으로 옆으로 벌어진 각도를 r 로 표현하면, 회전하지 않는 선풍기에서 나오는 바람의 각도인 정지 풍향각 a 는 선풍기 정면의 좌우측 각도를 고려할 경우 $2r$ 의 값이 된다.

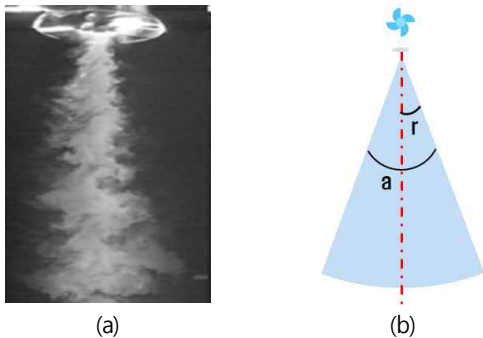


그림 1. 정지 시 선풍기에서 나오는 바람 모습 (a) 실험 결과 (b) 정지 풍향각
 Figure 1. Stationary wind flow of the commercial table fan (a) flow visualization result (b) schematic drawing for the stationary wind direction angle

2. 효율적 회전 구간 선정

사용자가 상황에 따라 선풍기 바람을 선택적으로 조절하기 위한 효율적 회전 단계수는 최소 회전 각도와 회전 단계가 변화할 때마다 넓어지는 회전 범위를 얼마만큼 설정하는지에 따라 결정된다. 최소 회전 각도가 너무 작으면 지나치게 많은 회전 단계가 요구되고 각 단계마다 겹치는 영역이 발생한다. 또한 단계 별 회전 각도 차이가 너무 크면 불필요한 공간까지 바람이 도달하는 기존 선풍기와 동일한 문제점을 가지게 된다. 따라서 적절한 공간분할을 통해 단계 별 회전 시 바람이 겹치거나 지나치지 않는 최적의 최소 회전 각도를 선정해야 한다.

일반적으로 선풍기의 회전 기능은 사용자 위치가 정지 시의 바람 도달 범위를 벗어날 때 사용되며 최적의 최소 회전 각도는 정지 풍향각과 관계가 있다. 따라서 그림2와 같이 사용자가 정지 풍향각을 벗어난 곳에 위치할 때 임의의 회전 각도에 따라 바람이 도달하는 영역을 표현하였다. 그림 2(a)는 특정 회전 단계에서 늘어난 바람의 범위가 정지 풍향각을 벗어나지 못한 상황을

나타낸다. 회전으로 인해 사용자에게 바람이 도달하지만 최대 회전 시의 바람 범위가 정지 풍향각과 겹치는 부분이 발생한다. 그림 2(b)는 최대 회전 시 선풍기 바람 범위가 정지 풍향각을 넘어선 경우를 표현한 것으로 사이 영역에 사람이 있었다면 바람이 사람을 지나치게 된다. 물론 좌우로 회전하면서 사이 영역에도 바람은 도달되지만 불필요한 영역까지 많은 바람이 미치므로 기존 선풍기처럼 비효율적이다.

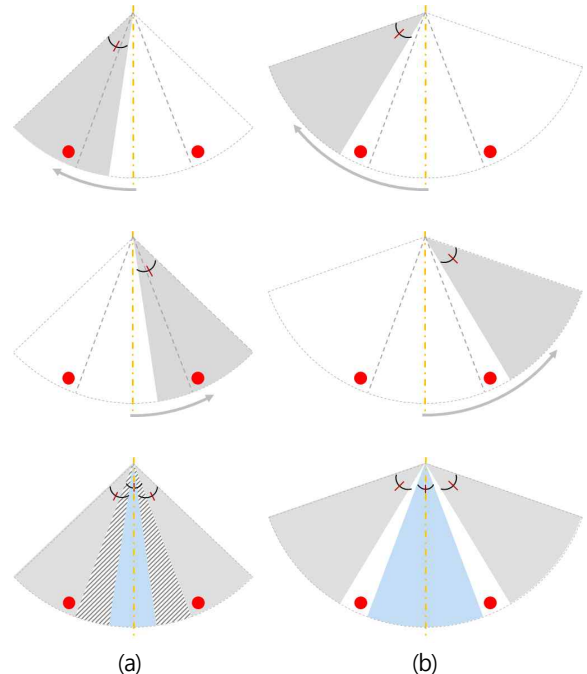


그림 2. 회전 각도에 따른 바람 영역 (a) 중첩 (b) 과회전
 Figure 2. Wind area according to the rotation angle (a) overlapped turning (b) excessively turning

그림 3은 선풍기가 회전할 때 증가되는 바람의 범위가 정지 풍향각과 일치하는 경우를 표현한 것이다. 선풍기가 특정 회전 구간에서 최대로 회전된 순간의 바람이 도달된 영역이 정지 상태의 바람 영역과 겹치거나 지나치는 구간이 발생하지 않는다. 따라서 선풍기 회전 시의 바람 범위와 정지 풍향각이 일치하도록 회전 각도를 분할하고 회전 단계가 변화할 때마다 넓어지는 회전 범위가 정지 풍향각 a 의 2배 만큼 커질 때가 가장 효율적이라는 것을 알 수 있다.

그림 3에서 특정 회전 단계에서 바람이 도달하는 최대 범위는 그 단계에서의 선풍기 최대 회전 각도보다 정지 풍향각 만큼 크다. 따라서 회전 단계마다 선풍기의 최대 회전 각도는 0 (정지), $2a$, $4a$, $8a$ 순으로 늘어나며 이때의 바람 도달 범위는 선풍기 최대 회전 각도에

좌우측으로 a만큼 늘어나게 된다. 하지만 선풍기의 회전 구동부는 이론적으로 180° 회전이 가능하지만 회전을 담당하는 구동부가 모터와 전선으로 연결되어 있어 지나친 회전은 고정된 전선의 내구성에 문제가 된다. 또한 회전 시 구동부와 다른 부품들과 간섭이 발생할 수 있으므로 대부분의 상업용 선풍기 최대 회전 각도는 180° 미만으로 설정되어 있다. 따라서 효율적 회전 구간 선택을 위한 선풍기 회전 각도 범위도 180° 미만을 만족해야 한다.

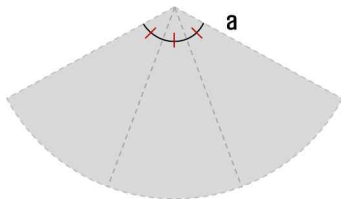


그림 3. 효율적인 선풍기 최적의 회전 각도
Figure 3. Optimal rotation angle for the efficient turning

III. 결과 도출

1. 정지 풍향각 선정

위에서 언급한 것처럼 사용자가 상황에 따라 선택적으로 회전 각도를 조절하기 위한 최소 회전 각도 및 회전 단계수는 정지 상태에서의 바람 범위인 정지 풍향각과 관계가 있으며 이 값은 그림 4와 같이 실험 조건을 이용하여 구하였다. 선풍기를 고정시켜 놓은 상태에서 일정한 거리(y)마다 바람이 얼마나 퍼져 나가는지(x)를 측정하고 그것을 통해 선풍기가 내뿜는 바람의 각도(r)를 추정하려고 한다.

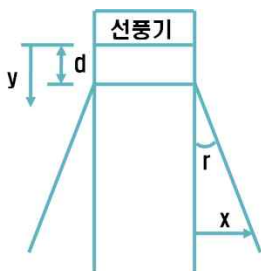


그림 4. 정지 풍향각 측정을 위한 모식도
Figure 4. Schematic diagram to measure the stationary wind direction angle

일반적으로 선풍기 바람은 처음 일정 구간(d)은 직진해서 나오므로 선풍기에서 바람이 나오는 방향을 기준으로

옆으로 벌어진 각도는 $r = \tan^{-1}[x/(y-d)]$ 를 이용해서 구한다. 바람 세기에 따라 바람이 도달하는 수평 거리가 차이가 있으므로 미풍, 약풍, 강풍일 때를 각각 측정하였으며 바람이 직진하는 구간(0~1000mm)을 고려하여 1000~5000mm까지 500mm 간격으로 3번의 실험을 통해 측정된 수평 거리 평균값으로 비교하였다.

그림 5에 선풍기와 떨어진 수직 거리에 따른 바람이 퍼져나가는 위치 측정 결과를 나타내었다. 측정 결과를 보면 바람의 세기가 강하고 선풍기로부터의 거리가 가까울수록 바람이 퍼져나간 거리는 작아지며 세기가 약하고 거리가 멀수록 수평거리는 커진다. 측정 결과를 이용하여 바람 세기에 따라 선풍기 바람이 퍼져나가는 각도를 직선으로 표시하였다. 어느 정도의 오차는 존재하지만 예상과 같이 약풍일 때 보다 강풍일 때의 각도가 작아지는 것을 알 수 있다.

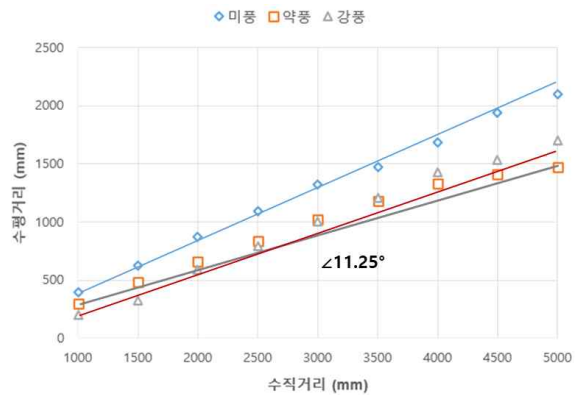


그림 5. 정지 풍향각 실험 결과
Figure 5. Experiment result of the stationary wind direction angle

대부분 선풍기 사용자들은 1인 사용 시 선풍기를 고정시킨 상태에서 미풍이나 약풍과 같은 약한 바람으로 가능한 근접해서 사용하지만 여러 사람이 분산된 경우에는 보다 강한 바람 세기로 멀리 떨어진 위치에서 회전시켜 사용한다. 또한 정지 풍향각을 최대값으로 선정할 경우 다른 각도일 때 바람을 쐬지 않는 영역이 발생하지만 최소값으로 선택하게 되면 모든 영역에서 바람을 지나치는 영역이 발생하지 않게 되므로 실험 결과 값 중 최소값인 11.25°를 고려하였다. 따라서 최적의 회전 각도를 위한 정지 풍향각(a=2r)은 22.5°, 회전 단계가 변화할 때마다 넓어지는 최소 회전 범위($\theta=2a$)는 45°가 된다.

2. 선풍기 효율을 고려한 회전구간 단계 선정

그림 6(a)는 효율적인 회전 범위를 고려한 선풍기의 최소 회전 각도를 나타낸다. 실제 선풍기는 고정 시 선풍기 정면의 중심축(중심선)을 기준으로 좌우로 22.5°씩 회전하게 되며 이 때 바람이 도달하는 영역은 그림 6(b)와 같이 정지 풍향각(2r)을 포함한다. 위 정지 풍향각 실험을 통해 정지 상태에서 선풍기 바람은 정면을 중심으로 11.25°씩 좌우로 퍼져나가므로 45°의 최소 회전 단계에서 선풍기가 좌우 22.5°의 최대 각도로 회전 시 증가되는 바람 도달 영역이 정지 풍향각과 겹치거나 지나치지 않는 것을 확인하였다. 이를 통해 선풍기 중심축의 회전 각도는 45°, 90°, 135°, 180°의 4단계로 나눌 수 있으며, 정지 풍향각을 포함하면 단계별 바람이 도달하는 범위는 67.5°, 112.5°, 157.5°, 202.5°가 된다.

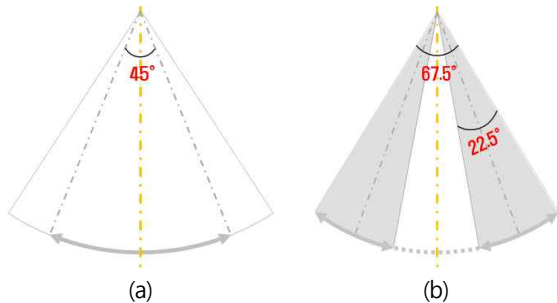


그림 6. (a) 효율적 회전을 위한 선풍기 최소 회전 각도 (b) 바람 도달 범위

Figure 6. (a) minimum rotation angle for the efficient turning (b) area where the wind reaches at the minimum rotation angle

하지만 선풍기가 사용되는 실내 공간은 대부분 직사각형 형태이고 선풍기는 벽면에 위치하여 내부로 바람을 보내므로 180° 회전 각도에서는 필요한 범위 이상으로 바람이 불게 되어 효율성이 낮아진다. 따라서 선풍기의 회전 각도가 180°가 되는 구간을 제외하는 것이 효율성 측면에서 바람직하다. 물론 선풍기가 최대 135°만큼만 회전하게 되면 바람은 157.5°의 각도로 퍼져나가므로 회전 중심 축 기준 양 쪽으로 각각 11.25°씩 바람이 닿지 않는 구간이 발생할 수 있다.

그러나 평균적인 거실이나 방에서 11.25°가 차지하는 공간은 성인 1명이 차지하는 공간보다 상대적으로 작아서 구석에 있는 사람도 충분히 바람을 즐길 수 있다. 또한, 실험에서 계산된 정지 풍향각 22.5°는 바람의 세기가 강풍일 때이고, 실험결과 값 중에서도 각도가 가장 작은 값이다. 따라서 바람의 세기를 고려한 평균 정지 풍향각은

22.5°보다 커지게 되므로 실제 바람이 닿지 않는 구간은 중심 축 기준 11.25°보다 작아질 것이다. 따라서 회전 범위를 더 넓히지 않더라도 모든 영역에서 바람을 쐬 수 있을 것으로 판단되므로 효율성을 위한 선풍기의 최소 회전 구간을 45°, 90° 및 135°의 3단계로 설정하였다.

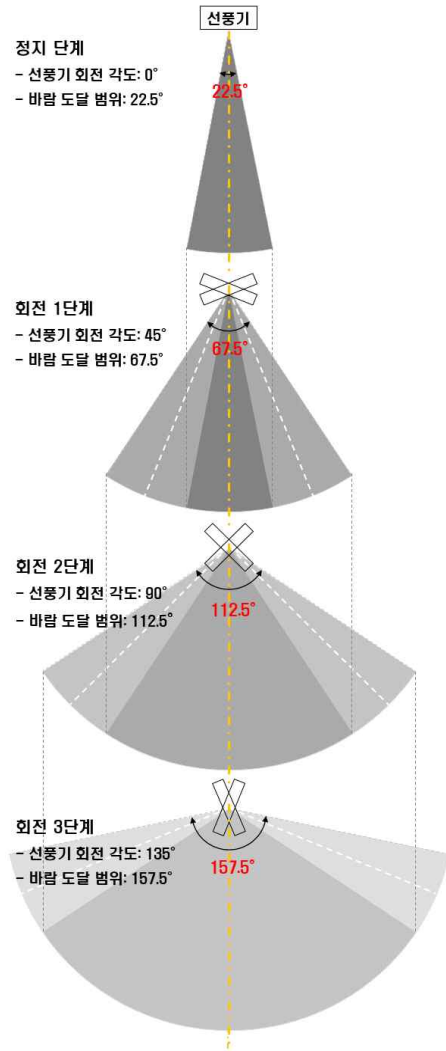


그림 7. 각 회전 단계별 바람 도달 범위
 Figure 7. Area where the wind reaches at each turning stage

그림 7은 각 회전 단계별 바람이 도달하는 영역을 나타낸다. 정지 상태에서 선풍기는 정면을 향하고 있으며 바람은 중심축 기준 좌우로 11.25°씩 퍼져 나간다. 또한 각 회전 단계가 변화할 때마다 선풍기 회전각도 및 바람이 도달되는 영역이 정지 풍향각 만큼 좌우로 증가되므로 이전 단계의 바람 도달 범위와 겹치거나 지나치는 영역 없이 바람이 효율적으로 도달되는 것을 확인하였다.

IV. 결 론

일반적인 가정용 선풍기는 회전 기능을 가지고 있지만 회전 각도가 하나로 고정되어 있기 때문에 필요한 공간에만 선택적으로 바람을 보낼 수 없어서 전력 낭비도 있고 효율적이지 못하다. 또한 회전 각도를 연속적으로 제어하기 위해 선풍기 회전부에 센서나 모터를 추가 장착하는 방법은 사람 간 거리에 따라 바람 방향 및 회전 각도 조절이 가능하지만 사용자의 위치와 분산된 정도에 따라 무수히 많은 단계의 회전 구간이 필요하므로 각 단계를 제어하는 장치가 복잡하고 발열이나 소음 및 진동과 같은 추가 문제를 발생시킨다.

따라서 본 논문에서는 복잡한 제어장치 없이 최소한의 회전 단계로 필요한 공간에 효율적으로 바람을 보낼 수 있는 회전 구간 선정 방법을 제시하였다. 먼저 선풍기 바람이 도달하는 범위를 확인하기 위해 정지 상태에서 바람이 나오는 각도인 정지 풍향각을 실험을 통해 측정하였다. 정지 풍향각은 바람의 세기에 따라 달라지지만 최소값인 22.5°로 선정하였다. 회전 단계수는 회전 각도를 어떻게 분할하는가와 관계가 있으며 회전 단계가 변화할 때마다 넓어지는 회전 범위가 정지 풍향각의 2배 만큼 커질 때가 가장 효율적이라는 것을 알 수 있었다. 따라서 선풍기가 사용되는 실내 공간 및 사용자의 신체를 고려한 분석을 통해 최소 회전 구간을 45°, 90° 및 135°의 3단계로 설정하였다. 이때 선풍기 바람이 닿는 범위는 각각 67.5°, 112.5°, 157.5°가 되며 에너지 낭비 없이 사용자가 상황에 맞게 선풍기 좌우 회전 범위를 선택적으로 조절할 수 있다.

본 논문에서 제시한 회전 단계 선정 방법은 불연속적인 최소 회전 단계를 미리 설정한 후 회전 각도를 제어하는 것이다. 현재 시중에 나와 있는 선풍기는 모두 회전구동부에 위치한 4절 링크에 의해 좌우 회전이 이루어지며 각 링크의 길이가 고정되어 있어서 하나의 회전 구간만 가지게 된다. 따라서 랙 앤 피니언이나 가이드 레일과 같이 사용자의 필요에 따라 링크 길이를 조절할 수 있는 가변형 링크 기구를 이용하면 추가 전자 시스템을 사용하지 않으면서 최소한의 구조변형으로도 구현할 수 있을 것으로 판단된다.

References

- [1] M.-G., Heo, "Technical Trend of Motor and Electric Fan," J. of Korean Electronics, Vol. 5, No. 11, pp. 18-21, 1985.
- [2] S.H. Moon, "A Study on ICT Conversion and Change of Industrial Society," J. of the Convergence on Culture Technology (JCCT), Vol. 7, No. 4, pp. 653-658, 2021. doi: 10.17703/JCCT.2021.7.4.653
- [3] H. Kim and K.D. Ryu, "Design development of Small-sized household appliances using electric fan - Focused on Smart home service for single household," J. of Industrial Design Studies, Vol. 14, No. 1, pp. 25-32, 2020.
- [4] J.H. Hwang, "A Study on Electric Fan Design for Usability Enhancement - Mainly with propose concept design," J. of Digital Design, Vol. 13, No. 3, pp. 203-212, 2013.
- [5] W.R. Cho, J.H. Lee and D.Y. Oh, "Artificial Intelligence Smart Fan That Follows People's Position," Proceedings of the Korea Information Processing Society Conference, Vol. 24, No. 2, pp. 820-823, 2017.
- [6] C.R. Sanghani, "Modification of Oscillating Mechanism of Table Fan for Throwing Air 360°," International J. of Mechatronics and Automation, Vol. 3, No. 1, pp. 10-13, 2016.
- [7] J. Kim, S.H. Kang and W. J. Kim, "Study on Wind Characteristics of Electric Fan via the Case Study of a Dual-Structured Wing Fan", Transactions of Korean Society of Mechanical Engineering B, Vol. 44, No. 8, pp. 503-509, 2020. doi: 10.3795/KSME-B.2020.44.8.503

※ 이 논문은 한성대학교 교내학술연구비 지원 과제임.

This research was financially supported by Hansung University.