

스크류 회전 혼합기 기반 스마트 샤워 시스템 설계

김신혁*, 김진우*, 김예진**, 이광형*

*서일대학교 Ai게임융합학과

**서일대학교 혁신지원사업본부
dreamace@seoil.ac.kr

Design of a Smart Shower System Based on a Screw Rotary Mixer

김신혁*, 김진우*, Ye-Jin Kim**, Kwang-Hyoung Lee*

*Dept. of Ai-Game Convergence, Seoil University

**Dept. of Innovation Center, Seoil University

요약

현대 주거 환경에서 샤워 시 수온의 급격한 변화, 특히 찬물이 먼저 분사되는 현상은 사용자에게 불쾌감을 유발하고 에너지 및 물의 낭비로 이어진다. 이러한 문제를 해결하기 위한 기존의 스마트 샤워 시스템은 리서클레이션 펌프나 전자 제어 기반의 고가 장비에 의존하고 있어, 일반 가정에 보급되기에는 구조적·경제적 제약이 크다.

본 연구에서는 간단한 기계적 구조를 통해 수온의 초기 불균형 문제를 완화할 수 있는 스크류 회전 혼합기 기반 수온 안정화 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 샤워기 유입부에 설치되는 나선형 스크류 블레이드를 이용하여 찬물과 온수를 물리적으로 혼합하고, 혼합된 수온을 빠르게 평균화하여 사용자에게 보다 안정적인 출수 환경을 제공한다. 또한, 선택적으로 온도 센서 및 전동 밸브를 결합함으로써 스마트 기능 확장도 가능하다.

해당 시스템은 설치가 간편하고 유지 비용이 낮으며, 기계적 작동만으로도 실질적인 사용자 경험 개선 효과를 기대할 수 있다. 향후에는 혼합 효율성, 수온 반응 시간, 사용자 체감 온도에 대한 실험을 통해 정량적 성능 검증이 필요하며, 이를 통해 상용화 가능성을 보다 명확히 할 수 있을 것이다.

1. 서론

현대의 주거 환경에서 샤워는 단순한 위생 활동을 넘어 일상 속 휴식과 쾌적함을 제공하는 중요한 요소로 자리 잡고 있다. 특히 겨울철에는 온수 사용의 빈도가 높아지며, 샤워 시 물의 온도가 적정 수준에 도달하기 전까지 찬물이 먼저 분사되는 현상은 사용자에게 강한 불쾌감을 유발한다. 이러한 초기 온도 지연은 개인의 심리적 스트레스뿐만 아니라 물의 낭비를 초래하며, 지속적인 에너지 효율 저하로도 이어질 수 있다.

기존의 온수 지연 문제를 해결하기 위해 다양한 기술들이 상용화되어 왔다. 대표적으로 리서클레이션 펌프를 활용한 온수 순환 시스템이나, 디지털 기반의 스마트 샤워 컨트롤러가 있다. 이들은 샤워기에서 일정 온도의 물이 나올 때까지 물을 되돌리거나 자동으로 출수를 제어하는 방식으로, 사용자에게 적정 수온이 확보된 상태에서 샤워를 시작할 수 있도록 돕는다. 하지만 이러한

방식은 비교적 높은 설치 비용과 배관 구조의 변경을 요구하며, 일반 가정에서는 적용이 어려운 한계가 있다.

본 연구에서는 이러한 기존 시스템의 한계를 극복하면서, 기존 주거 환경에 쉽게 적용할 수 있는 대안적 방식으로, 스크류 회전 혼합기를 활용한 수온 안정화 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 찬물과 온수가 동시에 유입되는 초기 구간에서 수압 또는 간단한 동력원에 의해 회전하는 스크류 혼합기를 통해 두 유입수를 물리적으로 강제 혼합함으로써, 초기 수온을 보다 빠르게 중간값으로 안정화하는 방식이다. 이를 통해 별도의 온수 대기 시간 없이 사용자에게 보다 안정적인 수온 환경을 제공할 수 있으며, 설치와 운용 측면에서도 간단하고 비용 효율적인 솔루션으로 기능할 수 있을 것으로 기대된다.

2. 관련연구

샤워 시 수온 불안정 문제는 사용자의 만족도를 저하시

키는 주요 원인 중 하나로 지적되어 왔다. 이에 따라 수온 제어와 온수 공급을 개선하기 위한 다양한 기술적 접근이 제시되어 왔다. 기존 상용 기술 중 가장 일반적으로 사용되는 방식은 리서클레이션 펌프(Recirculation Pump)를 활용한 온수 순환 시스템이다. 이 방식은 온수가 배관을 통해 지속적으로 순환되도록 하여, 사용자 단말기(예: 샤워기) 근처에 항상 따뜻한 물이 대기할 수 있도록 한다. 대표적인 사례로는 Kohler의 DTV+ 시스템이나 Moen의 U by Moen 같은 디지털 스마트 샤워 시스템이 있다. 이들은 자동 온도 조절, 리모트 제어, 온도 도달 알림 기능 등을 제공하여 사용자 경험을 개선하고자 한다[1,2].

이와 같은 디지털 기반의 스마트 샤워 시스템은 사용자 편의성과 온도 정밀도 면에서는 우수하지만, 일반 가정에서 사용하기에는 설치 복잡성, 높은 초기 비용, 구조 변경의 필요성 등의 제약이 존재한다. 특히 기존 주거 환경에서는 배관을 재구성하거나 별도의 리턴 파이프라인을 설치하는 것이 어려워 적용이 제한적이다[3]. 한편, 기존 연구들 중에서는 샤워기의 수온 조절을 물리적인 방식으로 구현하려는 시도도 존재한다. 대표적으로 온도 감지식 써모스탯 밸브(Thermostatic Mixing Valve)는 유입되는 찬물과 온수의 비율을 조절하여 목표 수온에 도달하도록 설계되어 있다. 하지만 이 방식은 혼합 속도가 느리며, 초기 온수 지연 문제를 근본적으로 해결하지는 못한다는 한계가 있다[4].

이에 반해 본 연구에서는 스크류 혼합 메커니즘을 도입하여 찬물과 더운물을 입수 직후 강제 혼합함으로써, 전자제어나 리턴 배관 없이도 수온을 빠르게 평균화할 수 있는 방법을 제안한다. 이는 기계적/물리적 방식을 통해 사용자 초기 수온 불편을 개선할 수 있는 비용 효율적이고 설치가 간편한 대안으로서의 가능성을 갖는다.

3. 제안시스템 설계

3.1 시스템 개요

제안하는 시스템은 찬물과 더운물이 유입되는 구간에 스크류 회전 혼합기를 설치하여, 초기 출수 온도를 빠르게 평균화시키는 방식이다. 이를 통해 사용자는 샤워를 시작할 때 불쾌한 찬물에 노출되는 경험을 줄일 수 있으며, 전체 온수 도달 시간도 단축된다. 시스템은 스크류 혼합부, 온도 감지부(선택적), 역류 방지부로 구성된다.

3.2 시스템 개요

(1) 구조 및 재질

혼합기는 내부에 나선형 스크류 날개를 배치한 원통형 관 형태로 설계된다. 재질은 스테인리스 또는 고내열성 폴리카보네이트로 구성하여 위생성과 내구성을 확보한다. 내부 스크류는 고정식 또는 회전식으로 나뉘며, 회전식의 경우 수압에 의해 자동 회전하도록 한다.

(2) 작동 원리

찬물과 온수가 동시에 유입되면, 혼합부에서 강한 와류(Vortex)를 유도하여 유체 간의 열전달 및 혼합이 빠르게 일어나도록 설계되었다.

물의 흐름은 스크류를 따라 나선형 이동경로를 가지며, 경로를 따라 자연스럽게 열균등화가 일어난다.

수압식 회전 날개의 경우, 일정 유속 이상일 때 회전이 개시되도록 임계 유량 조건을 설계할 수 있다.

3.3 온도센서 및 제어기능

혼합부의 출수 지점 혹은 샤워기 헤드 부근에 NTC 센서 또는 디지털 온도 센서를 부착하여 실시간 온도 측정이 가능하도록 한다.

측정된 온도는 사용자에게 LED 색상, 디스플레이 또는 스마트폰 앱을 통해 제공될 수 있으며,

설정 온도에 도달하지 않은 경우 출수를 일시적으로 차단하는 전동 밸브 시스템과 연동이 가능하다.

전자 제어가 포함될 경우, 저전력 모듈(예: ESP32 + 온도센서)을 활용하여 스마트 샤워기 구성으로 확장할 수 있다.

3.4 역류방지 밸브 및 유량 안정화

찬물과 온수 라인이 만나는 지점에서는 체크 밸브 또는 역류 방지 밸브를 구성하여, 한쪽 라인의 수압 불균형으로 인한 역류를 방지한다.

유량의 편차에 따라 혼합 성능이 떨어지지 않도록 혼합기의 길이, 날개 밀도, 각도를 최적화할 수 있다.

3.5 설치 및 운용방식

본 장치는 기존 샤워기의 혼합밸브 이후 구간, 또는 샤워기 헤드와 호스 사이에 설치할 수 있도록 유니버설 규격으로 설계한다.

전동식 모델의 경우 AA 배터리 기반 또는 USB-C 충전식 모듈로 작동할 수 있으며, 비전동식 모델은 완전 수동 혼합 방식으로 유지비용이 없다.

유지관리를 고려하여 혼합부 분리 세척이 가능하도록 설계되며, 내부에 필터를 추가하여 이물질 차단 기능도

통합 가능하다.

4. 기대효과 및 결론

본 연구에서 제안한 스크류 회전 혼합기를 기반으로 한 수온 안정화 시스템은 기존의 전자제어나 리서클레이션 펌프 없이도 초기 샤워 시 수온의 급격한 변화를 완화할 수 있는 기계적 대안이다. 본 시스템은 간단한 구조와 작동 원리를 기반으로 하여, 설치가 쉽고 비용 효율성이 높으며, 전기에 대한 의존성 없이도 실질적인 사용자 편의성 향상을 기대할 수 있다는 점에서 실용성이 크다.

특히, 스크류 혼합기의 와류 기반 물리 혼합 메커니즘은 단기간 내에 찬물과 온수를 효율적으로 혼합함으로써 초기 출수 시 발생하는 불쾌한 찬물 분사를 줄여준다. 이러한 기계적 방식은 사용자에게 보다 일관된 수온 경험을 제공하며, 어린이, 노약자 등 수온 변화에 민감한 사용자층에게도 안전한 사용 환경을 제공할 수 있다.

또한, 선택적으로 온도 센서와 전동 밸브를 결합할 경우, 보다 정밀한 출수 제어와 스마트 기능 확장이 가능하다는 점에서 향후 다양한 제품군으로의 응용 가능성도 크다. 전자제어 기능 없이도 기본적인 수온 안정화를 제공하는 수동형 모델과, IoT 연동이 가능한 스마트 확장형 모델로 제품 라인업을 구분할 수 있어 시장 접근성 또한 높다.

향후 연구에서는 본 설계안의 시제품 제작 및 실험을 통해 혼합 효율성, 반응 시간, 사용자 체감 온도 안정성 등을 정량적으로 분석하는 과정이 필요하다. 또한, 다양한 유량 및 수온 조건에서의 작동 신뢰성 검증을 통해, 상용화를 위한 기술적 기반을 확보하는 것이 향후 과제로 제시된다.

참고문헌

- [1] Moen. (2020). U by Moen Smart Shower System. Retrieved from <https://www.moen.com/smart-home/smart-shower>
- [2] Kohler Co. (2021). DTV+ Digital Showering System. Retrieved from <https://www.us.kohler.com/us/dtv>
- [3] Ploennigs, J., Velazquez, J. E., & Cáceres, C. (2015). Reducing energy consumption in smart homes using self-learning control strategies. *Energy and Buildings*, 87, 199-208.

<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.11.057>

- [4] Zhang, X., Li, J., & Wang, Y. (2016). Development and evaluation of thermostatic mixing valve with high control accuracy. *Procedia Engineering*, 146, 395-402.

<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.388>