

Windtherm: 温度制御された風を送出する HMD 装着デバイス

鈴木将敏[†] 松浦昭洋[†]

概要: 本稿では、仮想現実体験において、視聴覚情報に加え温度制御された風をユーザの顔に送出し、多重的な感覚刺激により仮想空間の深い実在感を実現することを目的とした、ヘッドマウントディスプレイに装着して使用する温度制御可能な風送出デバイス Windtherm を提案する。

1. はじめに

ヘッドマウントディスプレイ (HMD)、インタフェース、センサデバイス等の技術革新や人のマルチモーダルな感覚処理の研究等により、高い没入感・臨場感のある仮想現実 (VR)、複合現実 (MR) の実現が可能となりつつある。特に近年、視聴覚情報に加え、触覚、味覚、嗅覚等の他の感覚器への刺激も利用し、没入感や実在感 (Sense of Presence) を向上させる研究が進んでいる。大気の温度や風等の触覚的な刺激が人の環境認識に影響を与えることも示されており [1][2]、仮想体験においても、それら様々な感覚への刺激は有望と考えられる。HMD を用いた VR の枠組みにおいて温度や風を利用した研究は行われており、例えば文献 [3] では、CAVE 内に 6 つの赤外線ランプ 8 つのファンを配置し、温度と風による触覚情報の提示が行われている。[4] では HMD の下部に取り付けたファンで室温の風を送出すると同時に、首に貼り付けたペルチェ素子により温感・冷感を与え、砂漠や雪山の視聴覚情報と共に暑さ・寒さと風を提示するシステムが構築され、さらに本システムに匂いの情報提示も同期させ四季の環境を体感する VR システムが構築された [5]。しかし、筆者らの知る限り、仮想世界の条件に合わせ温度が制御された風を送出可能な、HMD に装着可能な小型デバイスは開発されていない。

そこで本研究では、温度制御された風を作り送出する Wind Module とその動きや温度を制御する Control Module を有する、HMD 下部に装着するリアルタイム温度制御可能な風送出デバイス Windtherm (図 1) を開発したので報告する。

2. システム構成

本システムは、風の温度と送るタイミングを制御可能な風送出デバイス Windtherm, HMD, VR アプリケーションにより構成されている。以下、それぞれの要素について説明する。



図 1 Windtherm (HTC VIVE に装着)

2.1 風送出デバイス Windtherm

風送出デバイスは、温度制御された風を送出する Wind Module と、ファンや Wind Module の動きを制御するモータと空気の温度制御を行う Control Module からなる。

Wind Module の構成図を図 2 に示す。Wind Module は、温度の上下動を実現するためのペルチェ素子とヒートシンク、温度のリアルタイム制御を行うための温度センサ、風を送出する DC ファン、Wind Module を左右に運動させるサーボモータ、風が直接顔に当たる不快感を軽減するピンポン玉からなる。Control Module は Arduino Nano と制御回路からなり、送風のための DC ファンの制御と温度センサからユーザの面前の空気の温度を取得し PWM 制御を行う。

Wind Module, Control Module は、PC 上で実装された VR アプリケーション内の映像や音と同期して動作し、風の温度制御、風の送風、Wind Module の回転運動等が行われる。全体の処理のフローを図 3 に示す。

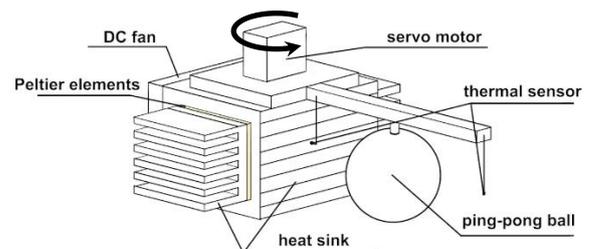


図 2 Wind Module の構成図

[†] 東京電機大学

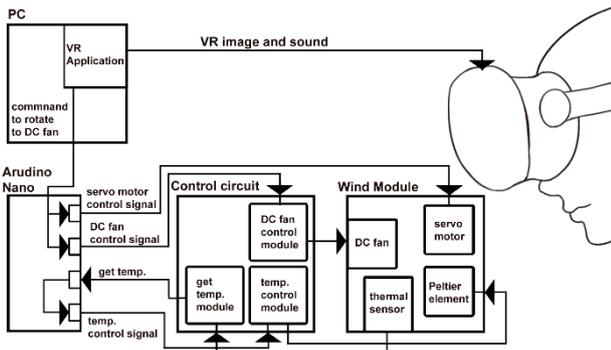


図 3 Windtherm における処理のフロー

2.2 VR アプリケーション

仮想空間内の映像や音を取り扱うためゲームエンジンの Unreal Engine4 (以下, UE4) を採用した. 開発環境は, Windows10, UE4 独自開発スクリプト Blueprint を用い, HMD として HTC-Vive を利用した.

VR アプリケーションを構成する仮想空間内の視聴覚情報として, 光の遮断された洞窟の中で焚き火や風がたなびくものを構築した. その映像例を図 4 に示す. さらに現在, 風送出デバイス Windtherm を用いて温度制御された風をユーザーに送ることが, 温度の体感や仮想空間内での実在感にどのような影響を与えるかについて検証を行っている.



図 4 VR アプリケーションにおける焚き木の映像

3. 製作した Windtherm

2 章で説明した Windtherm に関して, 実際に製作した Wind Module と Control Module を図 5 に示す. Wind Module の重量は 277.3g である. 両モジュールの基本的な動作確認は完了しており, 温度制御に関しては, PWM 制御により, ユーザーの面前の空気の温度を 30, 35, 40℃等に安定化することも図 6 のように確認している.

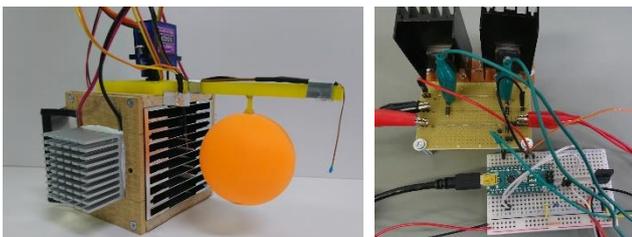


図 5 製作した Wind Module と Control Module

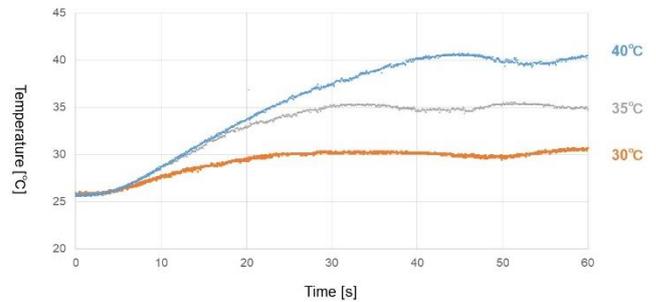


図 6 PWM 制御による温度の安定化

最後に, 実ユーザーが Windtherm を装着し, 仮想空間内の視聴覚情報と温かい風を提示されている図 7 を示す.



図 7 Windtherm 体験中の様子

4. まとめ

温度制御された風を送出する HMD 装着デバイス Windtherm を提案した. 今後, 仮想空間における温度の体感, 実在感に Windtherm による風が与える影響を検証する.

謝辞 本研究は JSPS 科研費 16K00507 の助成を受けて行った.

参考文献

- [1] Ahmed, K. S., Comfort in Urban Spaces: Defining the Boundaries of Outdoor Thermal Comfort for the Tropical Urban Environments. *Energy and Buildings*. 2003, vol.35, no. 1, p. 103-110.
- [2] Andrade, H., Alcoforado, M.-J., and Oliveira, S.. Perception of Temperature and Wind by Users of Public Outdoor Spaces: Relationships with Weather Parameters and Personal Characteristics. *International Journal of Biometeorology*. 2001, vol. 55, no. 5, p. 665-680.
- [3] Hülsmann, F., Fröhlich, J., Mattar, N., and Wachsmuth, I. Wind and Warmth in Virtual Reality: Implementation and Evaluation. *Proceedings of the 2014 Virtual Reality International Conference*. ACM, 2014, 24, 8 pages.
- [4] Ranasinghe, N., Jain, P., Karwita, S., Tolley, D., and Do, E. Y.-L.. Ambiotherm: Enhancing Sense of Presence in Virtual Reality by Simulating Real-World Environmental Conditions. *Proceedings of the 2017 SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. ACM, 2017, p. 1731-1742.
- [5] Ranasinghe, N., Jain, P., Tram, N. T. N., Koh, K. C. R., Tolley, D., Karwita, S., Ya, L. L.-, Liangkun, Y., Shamaiah, K., Tung, C. E. W., Yen, C. C., and Do, E. Y.-L.. Season Traveller: Multisensory Narration for Enhancing the Virtual Reality Experiences. *Proceedings of the 2018 SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. ACM, 2018, 577, 13 pages.