

RFID リーダと方位センサを搭載したパッシブ RF タグを用いた インタラクティブ VR コンテンツの開発

篠原雅貴^{†1} 柴原直也^{†1} 佐伯典貢^{†2} 野口正寿^{†2} 岩井将行^{†1}
東京電機大学^{†1} 株式会社 TAKAYA^{†2}

1. はじめに

近年、電子マネーや社員証などの無線通信による非接触型のリアルタイムな情報読取り技術である RFID (Radio Frequency Identifier) が普及している。本研究では、RFID タグを介して実空間の情報 (物体の位置、方向など) を、仮想空間上に再現するシステムを開発した。本システムを利用するユーザーは Google Cardboard v2 とスマートフォンを用いて仮想空間への没入感を得ることができ、仮想空間内を自由に移動することが可能である。これによって仮想空間内におけるインタラクティブなコンテンツの提供が可能になった。本システムを開発するにあたり、株式会社タカヤが開発した RFID リーダとセンサ内蔵無電池 RF (Radio Frequency) タグとゲームエンジンを搭載した統合開発環境 Unity を利用して実現した。本稿では、実空間と仮想空間を連携した VR コンテンツの開発を行った。

2. 関連研究

2.1 提案手法概要

本研究の提案手法は、RFID リーダ上に配置したセンサ内蔵無電池 RF タグを読取り、配置したタグの ID と紐付けられている 3D モデルを読み込み、タグの位置情報と方位情報を用いてその 3D モデルをディスプレイ上表示するシステムである。本システムを Google Cardboard v2 などの HMD 上で閲覧可能にするため、スマートフォンアプリとして出力した。したがって、ユーザーはタグを自由に配置し、その情報を仮想空間上で閲覧可能である。

2.2 関連研究

RFID を利用したコンテンツ提供の研究事例として、ソミギョンらはミュージアムにおける鑑賞者の鑑賞方向センシングを行っている[1]。本研究は、ミュージアム館内に設置されているアンテナで RFID の読取りを行い、館内の展示物に対する閲覧人数の検出精度検証実験を行っている。また、北田らは RFID を利用した科学館向けエンタテイメントシステムを開発した[2]。本イベントは、科学館の企画展のシステムで利用され、ユーザーが所有する RFID タグ

を利用して、イベントに必要なデータの入出力を行っている。RFID タグの利用によってインタラクティブなシステムの開発が可能になった。また、RFID を利用して屋内空間を検知し、ユーザーの補助を行うシステムを Amemiya らが開発をしている[3]。VR を応用した研究事例として、本田らはネットワーク上に仮想オフィスを構築し、仮想オフィスに出勤するシステム Valentine を開発[4]し、ユーザーの集中度に応じたアウェアネスの提供環境を実現している。McGlenn らは、スマートビルディングを VR 上に実現しシミュレート、評価、カテゴリ化する Simulated Context (SimCon)の開発を行った[5]。VR を教育に応用した例として、Loftin, R らが物理演算のシミュレート環境を仮想化し、それを没入して閲覧するシステムを開発している[6]。RFID や VR を用いたコンテンツの提供やユーザーを補助するシステム開発事例は増加しているが、HMD(Head Mouted Display)を応用した事例はまだ少ない。本研究では、HMD を用いて仮想空間に没入したユーザーがその空間内でインタラクティブな活動を行うことが可能なシステムを開発した。

3. マトリックス RFID を用いたシステム構成と提案手法

3.1 マトリックス RFID リーダとパッシブ RF タグ

我々は、4×4 マス状のマトリックス RFID リーダ (以降、RFID リーダ) とセンサ内蔵型無電池パッシブ RF タグ (以降、RF タグ) を開発した。RFID リーダは複数の RF タグの位置情報、センサ情報の読み取りが可能で、RF タグには、加速度センサ、デジタル方位センサが搭載されている。また、RFID リーダから電源が供給されるため無電池である。したがって、軽量かつ低コストで開発が可能である。RF タグから取得可能な情報一覧を表 1、RFID リーダを図 1、RF タグを図 2 に示す。

表 1 RF タグから取得可能な情報一覧

センサ	取得情報	型
方位センサ	北を 0° とした度数	float
加速度センサ	X 軸, Y 軸, Z 軸	float
	UDID	string

Development of Virtual Space Interactive System Using Passive RFID Board Capable of Direction-Detection

^{†1} Tokyo Denki University

^{†2} Takaya Ltd.

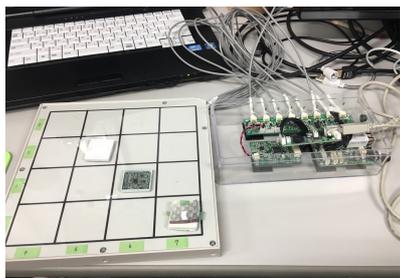


図1 4×4マトリックスRFIDリーダ



図2 センサ内蔵無電池パッシブRFタグ

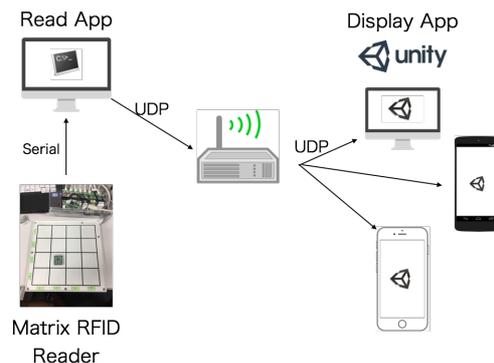


図3 システム概要図



図4 表示アプリケーションを用いたデモ

3.2 マトリックスRFIDリーダを用いたシステム概要

本システムはRFタグ読み取り用のアプリケーション(以降, 読み取りアプリケーション)とタグ情報表示用アプリケーション(以降, 表示アプリケーション)の2つのアプリケーションで構成されている。読み取りアプリケーションを動作させる手順は, RFIDリーダとWindows OSが搭載されたコンピュータをUSB接続しRFIDリーダに電源を供給した状態で, コンピュータ上で読み取り用アプリケーションを起動する。USBを用いてRFIDリーダとシリアル通信をすることでRFタグ情報の読み取りを行っている。タグ情報読み取り後, 読み取りアプリケーションはタグ情報をUDPで配信する。表示アプリケーションは読み取りアプリケーションからのソケット通信応答待ちをし, 受信次第タグ情報のUDIDに関連付けられたモデル情報を読み込み, 受信したタグの位置情報の位置に3Dモデルを表示する。読み取りアプリケーションは, UDPでRFタグ情報を送信するため同一ネットワーク内における表示アプリケーションを起動している端末(PCまたはスマートフォン)に対してRFタグの情報の送信が可能である。本システムのシステム概要図を図3に, 表示アプリケーションを用いたデモ図を図4に示す。

4. マトリックスRFIDリーダを用いたインタラクティブVRコンテンツ開発

本システムを用いて, 仮想空間内において3次元的な音楽の体験可能なコンテンツを開発した。RFタグのUDID情報を楽器の3Dモデル情報に関連させ, 各3D楽器モデルからその楽器の単体の音を出力する。したがって, 仮想空間内でのユーザーの位置情報によって音の聞こえ方が変化する。例えば, ピアノに近づくるとピアノの音量が大きく聞こえ, 遠ざかると小さく聞こえる。仮想空間内の3次元的な音楽体験デモ図を図5に示す。



図5 仮想空間内の3次元的な音楽体験デモ

2016年7月8日, 東京電機大学大学院生による研究・大学院生生活紹介イベントにてポスター発表と本コンテンツのアンケート調査を行った。ポスター発表の様子を図6に, アンケート結果を表2に示す。



図 6 ポスター発表の様子

表 2 大学院生生活紹介イベントでのアンケート結果

アンケート内容	アンケート結果
実際に音楽ライブを聴いているような臨場感はありましたか？（5段階評価）	3.25
感想（任意回答）	簡単に VR を体験できることに感動した。 音の遠近がフィードバックで返ってくるのがすごい。 タグの位置を変更してから反映されるまで遅い。 VR 酔いをしてしまった。
本システムは他分野に応用するならどういったコンテンツが作成できそうですか？（任意回答）	恐竜や古代生物などの現実に見ることができない生物を表示する。

本システムの課題点として、タグ情報の読取りから表示するまで遅延が挙げられた。RF タグの数に対して同期までの時間の表を図 7 に示す。

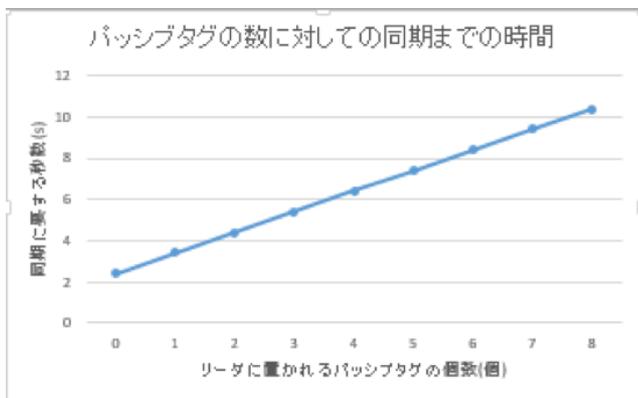


図 7 RF タグの数に対して同期までの時間

5. 単一の RF タグを読み取る RFID リーダを用いたコンテンツの開発

5.1 システム概要

本研究で、単一の RF タグを読み取る RFID リーダを用いたコンテンツを開発した。本コンテンツは、フィギュアに RF タグを埋め込み、その RF タグを、RFID リーダを用いて読み込む。RF タグの UDID とフィギュアの 3D モデルを関連付け、タグ情報読み取り時にその 3D モデルを表示する。また、RF タグの方位情報から実空間のフィギュアと、仮想空間（ディスプレイ上）に表示されるフィギュアの 3D モデルの方向が同期して表示される。単一の RF タグを読み取る RFID リーダを用いることによって、RF タグ情報の読み取りから 3D モデル表示速度が向上した。また、本システムはスタンドアロンで動作するため、ネットワークの遅延の問題も解消された。システム概要図を図 8 に、本コンテンツを図 9 に示す。

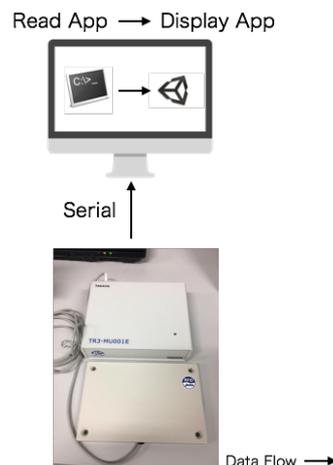


図 8 システム概要図



図 9 実空間のフィギュアと 3D モデルが連動する様子

5.2 システム実装

本システムは Visual Studio C# で実装した RF タグ読み取りアプリケーションからタグ情報表示用 Unity アプリケーションへ RF タグ情報を伝搬するため、.NET のソケット通

信を用いて実装を行った。タグ情報読み取りアプリケーションはタグ情報読み取り時に、ローカル IP アドレスの任意のポートにタグ情報を配信する。表示アプリケーションは、任意のポートの受信待ちを行い、タグ情報受診時に 3D モデルに対して情報を反映する。これによって、異なるアプリケーション間の情報の伝搬を可能にしている。本研究で使用した IP アドレスとポート情報を表 3 に示す。

表 3 IP アドレスとポート情報

アプリケーション	IP アドレス	ポート
読み取り	127.0.0.1	50000 (送信)
表示	127.0.0.1	50000 (受信)

5.3 表示速度調査実験

単一の RF タグを読み取る RFID ボードを用いた RF タグの読み取りから 3D モデル表示をする遅延時間の測定実験を実施した。RF タグを 100 回読み取り、各回の情報を表示アプリケーションに伝搬する時間の平均を表 4 に示す。実験結果として、マトリックス RFID リーダの 1 つの読み取り時間の約 10 分の 1 となった。

表 4 単一の RF タグを読み取る RFID リーダを用いた RF タグ情報を伝播する時間

RF タグ情報読み取り時間の平均(sec)
0.2546 (sec)

5.4 デモ展示発表

本コンテンツは、2016 年 9 月 15 日～16 日に開催された東京ゲームショー 2016 のビジネスデイにてデモ展示を行った。

6. おわりに

本研究では、提案手法を用いたコンテンツの開発を行った。今後の発展として、知育、教育分野への適用をしたコンテンツ開発が考えられる。

参考文献

- [1] 本田新九郎, 富岡展也, 木村尚亮, 大沢隆治, 岡田謙一, and 松下温, “作業者の集中度に応じた在宅勤務環境の提供 - 仮想オフィスシステム Valentine”, 情報処理学会論文誌, vol. 39, no. 10, pp 1472-1483, May. 1998
- [2] ソ ミギョン, 苗村健, “ミュージアムにおける名札を用いた鑑賞者の鑑賞方向センシングの基礎検討”, 一般社団法人 電子情報通信学会, 信学技報, pp23-pp28, June. 2012.
- [3] 北田大樹, 和田孝志, and 白井暁彦, “RFID とプロジェクションマッピングを活用した科学館向けエンタテイメント VR システム”, 2012.
- [4] Tomohiro Amemiya, Jun Yamashita, Koichi Hirota, and Michitaka Hirose, “Virtual Leading Blocks for the Deaf-Blind: A Real-Time

Way-Finder by Verbal-Nonverbal Hybrid Interface and High-Density RFID Tag Space”, IEEE Virtual Reality, pp-165-172, March. 2004.

- [5] McGlenn, Kris, et al. “SimCon: A Tool to Support Rapid Evaluation of Smart Building Application Design using Context Simulation and Virtual Reality”, J. UCS 16.15, 2010.
- [6] Loftin, R. B., Engleberg, M., & Benedetti, R. “Applying virtual reality in education: A prototypical virtual physics laboratory” In Virtual Reality, 1993. Proceedings, IEEE 1993 Symposium on Research Frontiers, pp. 67-74, 1993.