

埋植型 PWM 出力イメージセンサを用いた生体内通信による画像伝送 Intra-body Communication for Image Transmission by Using an Implantable PWM-output Image Sensor

○速水 一、永田 健吾、春田 牧人、竹原 宏明、

野田 俊彦、笹川 清隆、徳田 崇、太田 淳 (奈良先端大)

○Hajime Hayami, Kengo Nagata, Makito Haruta, Hiroaki Takehara,

Toshihiko Noda, Kiyotaka Sasagawa, Takashi Tokuda, Jun Ohta (NAIST)

E-mail: ohta@ms.naist.jp

緒言

生体内に埋植可能な微小サイズの半導体イメージセンサによる生体計測は、生体内のモニタリング手法として期待されている[1]。しかし、外部装置と埋植されたチップを生体の皮膚組織を貫通する信号線により接続する方法は、細菌感染リスクの増大や自由行動下での行動実験の制約につながる。そこで、埋植されたチップを想定した信号伝送技術の開発が求められている。これまでに、無線(RF: Radio frequency)通信技術の応用が試みられてきたが、本研究では、生体自体を信号伝送媒体として利用し、少ない電力で伝送可能な小型の送信回路を用いる生体内通信技術[2]による埋植チップからの情報伝送システムの開発を進めている。今回、小型かつ低消費電力でセンサ信号を生体内通信により伝送するパルス幅変調(PWM: Pulse width modulation)出力イメージセンサを開発し、さらに、生きた動物の生体組織を通して信号伝送を実証したので報告する。

実験方法

生体に埋植したイメージセンサによる生体内通信技術を利用した信号伝送実験について以下に述べる。Fig.1aに示すように、麻酔を施したマウス脳表に PWM 出力イメージセンサを実装した小型デバイスを設置した。Fig.1bに実験で使用したデバイスを示す。PWM 出力イメージセンサと電源である 2 次電池をポリイミド基板で接続し、防水性と生体適合性を確保するためにパレン樹脂をデバイス表面に蒸着した。出力電極は金のバンプで形成し、直径約 100 μm 程度をレーザーによって露出させた。受信電極にはタングステン針を使用し、センサの出力電極から約 2mm の位置に配置した。Fig.1c に本実験での信号伝送方法の概要を示す。センサは画素出力電圧をパルス幅に変換し、矩形波(PWM 信号)として出力する。センサが出力した波形は生体内のインピーダンスにより低周波成分を中心に減衰される。高周波成分として通過したパルスの立ち上がりとし、受信回路によって増幅され、閾値を設定してピークを検出することで元の PWM 波形に復元される。

実験結果

受信電極から得られた波形と増幅回路を通して復元された波形を Fig.2 に示す。図より、センサから出力された PWM 信号は生体内で減衰されるものの、受信電極まで伝送されていることが確認できた。さらに、受信回路内の増幅器による元の PWM 波形への復元が確認できた。

結言

小型・低消費電力・省配線で駆動する PWM 出力方式のイメージセンサを生きたマウス頭部へ埋め込み、画素情報である PWM 信号の伝送に成功した。

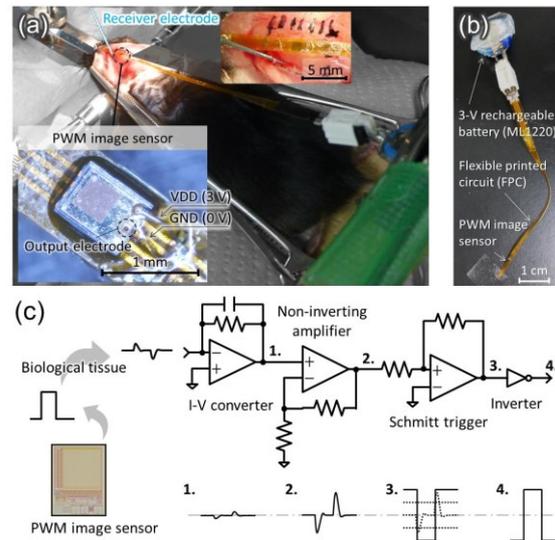


Fig.1 Experimental set up of signal transmission by intra-body communication. (a) Photograph of an anesthetized mouse and close-up photograph of a PWM image sensor. (b) Photograph of an implantable imaging device connected with a small battery. (c) Schematics of signal transmission through a living tissue and a receiver circuit for reconstruction of the PWM waveform. The spikes are amplified with an I-V converter and a non-inverting amplifier. A Schmitt trigger and an inverter reconstruct block pulses from detected edge pulses.

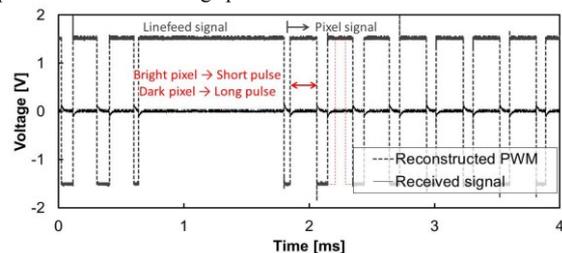


Fig.2 Experimental results of signal transmission through a mouse brain. The PWM signal (dot-line) which is modulated by light-intensity in each pixel was reconstructed from the received signal (solid-line) by the receiver circuit.

謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金 (26249051, 15K01289, 15K21164) および立石科学技術振興財団により助成された。また、本研究は、東京大学大規模集積システム設計教育研究センター(VDEC)を通し、日本ケイデンス株式会社の協力により実施した。

参考文献

- [1] Jun Ohta et al., "Implantable CMOS Biomedical Devices," *Sensors*, **9(11)**, 9073-9093(2009).
- [2] Thomas G. Zimmerman, "Personal Area Networks: Near-Field intrabody communication," *IBM System J.*, **35(3, 4)**, 609-617(1996).