

身体近傍の電子機器に電力を供給するための ベルト型ウェアラブル無線給電システム

2018SC081 清水宥貴

指導教員：野田聡人

1 はじめに

1.1 WPT を利用した研究の動向

私たちは現在ウェアラブルデバイスやモバイル機器といったバッテリーを搭載した電子機器を使用するとともにクレジットカードや Suica といった外部から無線で電気の供給を受けることでその電子的な役割を果たすバッテリーレスの電子機器も日常的に使用している。特にバッテリーレスの電子機器は軽く、薄く、小型に造形することが可能である。そのようなバッテリーレスのデバイスを用いた研究として、バッテリーレスのセンサを大量に服に埋め込んだり肌に貼ってセンシングを行ったり、情報のやり取りを行うことが今後の研究の方向性として示されている [1]。

しかし、衣服内などの身体表面近傍に大量の電子デバイスを分散してセンシングや情報のやり取りを行うため、それらに電力を供給するためのバッテリーを人が身につけている必要があり、また、その電力を各デバイスに分配しなければならない。

1.2 目標

本研究が目標とするのは日常的に身体近傍に位置し、重量や柔軟さに対する要求が高くない、そのような場所をバッテリーの据え置き場所とすること、また、衣服上の特定の場所に電力を送るシステムの作成である。これによって衣服の柔軟性や装着感を損ねることなく身体近傍に位置する電子機器に給電を行うことができ、また、衣服上の特定の場所にセンサを付けてセンシングするといったことやモバイル機器の給電を行うことが可能になる。

1.3 提案手法

本発表で提案するバッテリーの設置場所はベルト内部である。もともとベルトの装着は季節や服装のフォーマル/カジュアルを問わず広く使用されており、その機能からして柔軟さや軽さに対する要求が高くない。このようなベルトをウェアラブルな電源の組込み先の有望な候補ととらえた。

電力の分配は二つのフレキシブルなコイルとケーブルで構成されたリピーターを使用する。ベルト内蔵の Tx コイルから出力された電力を衣服に組み込んだフレキシブルなリピーターを介して目標の電子機器に電力を伝送する。

2 バッテリー内蔵ベルト

ベルトにはコイル、インバータモジュール、複数のコネクタを組み込んでおき、そこにリチウムポリマー電池をコ

ネクタにつなげ、ベルトの中に入れておく構造になっている (図 1)。ベルトのバックル側端部付近にフレキシブルコイルとインバータを配置している。そこからベルトの他端に向かってバッテリーが一行に配置されており、3 直列 4 並列となるように配線されている。



図 1: ベルト内のコンポーネント配置。

本研究で試作したベルトの体積に占める LiPo バッテリーの体積の割合は 26% であるが、将来、湾曲するバッテリーを用いてベルトの体積の 100% をバッテリーのエネルギーを蓄えることに使用できたと仮定すると、ベルトに蓄えられる LiPo バッテリーの容量は約 60 Wh である。

3 リピーターを介したベルトからの電力分配

本研究のベルト型ウェアラブル無線給電システムでは、ベルト内の送電コイルからモバイル機器の受電コイルまでのギャップが大きく結合が弱い状態において、ズボンに仕込めるようなフレキシブルな中継器 (リピーター) となる、互いに有線接続された二つのコイルを使うことで電力伝送効率の向上を図る。

L_{Tx} と L_{Rx} を磁界共鳴式で結合した系 (系 1) と L_{Tx} と L_{Rx} をフレキシブルリピーターによって結合する系 (系 2) での電力伝送効率を計測し、リピーターを用いる方法の優位性を示す。系 1 の回路図を図 2a, 系 2 の回路図を図 2b, 回路中の各パラメータの定義と値を表 1, 測定システムを図 3 に示す。電力伝送効率 η は、Tx 側の LC 直列回路に投入された電力に対する Rx の負荷で消費される電力の比として、1 式のように定義する。使用する周波数として 100 kHz を狙い値として回路を設計した [2]。

$$\eta = \frac{V_3^2/R_2}{(V_1 - V_2)I_1} \quad (1)$$

系 1 と系 2 における、Tx-Rx 間の伝送距離と効率 η の関係を図 4 に示す。横軸には Tx コイルと Rx コイルの中心間の距離をとり、縦軸には式 (1) を % 表示にした値をとっている。本研究で試作したリピーターはそのケーブルの性質上、系 2 では 20 cm 地点のみの測定となっている。20 cm 地点での結果を比較すると、系 1 では電力伝送効率

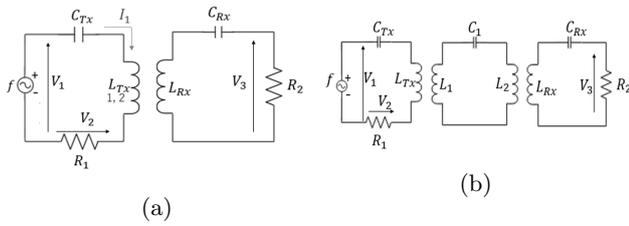


図 2: リピーター有と無の回路図. (a) リピーター無の WPT システム. (b) リピーター有の WPT システム.

表 1: 図 2a, 2b で使用される各パラメータ

Symbol	Parameters	Value
f	Signal source frequency	100 kHz
C_{Tx}	Tx capacitance	220 nF
L_{Tx}	Tx inductance	10.4 μ H
R_1	Shunt resistor	20 Ω
L_{Rx}	Rx inductance	10.4 μ H
C_{Rx}	Rx capacitance	220 nF
R_2	Rx load resistor	5 Ω
L_1	Tx-side inductance of repeater	10.3 μ H
L_2	Rx-side inductance of repeater	10.2 μ H
C_2	Capacitance of repeater	100 nF
V_1	Signal source terminal voltage	
V_2	Voltage across R_1	
V_3	Voltage across R_2	

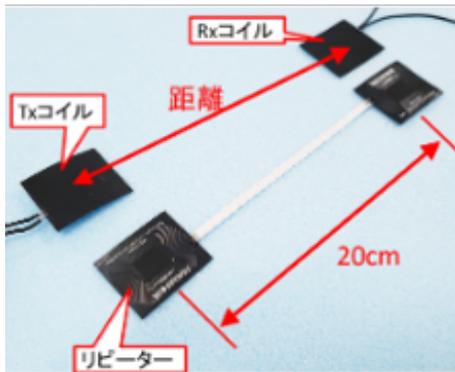


図 3: リピーターを使用した測定システムの概要.

が約 0% であるのに対して, 系 2 では約 56% である. これによりリピーターを使う WPT の有効性が示された.

4 身体近傍においた電子機器への給電

マネキン人形に 2, 3 章で製作したシャツ, ズボン, ベルトを装着させ, シャツとズボンにそれぞれ仕込まれたリピーター付近にコイル付き LED とスマートフォンを近づけると LED が点灯し, スマートフォンがワイヤレス充電中の画面になることで身体表面近傍に置いた電子デバイスに対して WPT が行っていることを確認した (図 5).

5 まとめ

本稿では, 身体近傍に存在するバッテリーを有するモバイル機器やバッテリーレスの電子機器に対して給電を行う

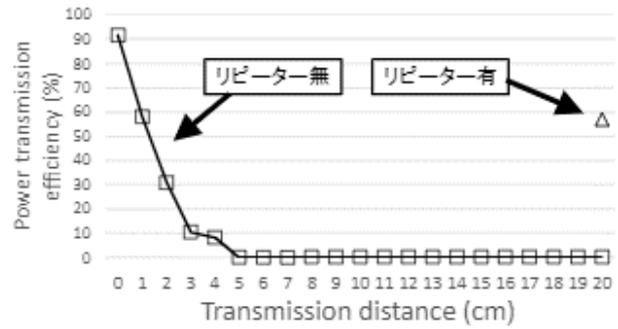


図 4: Tx コイルと Rx コイルのみで WPT を行った時と TX コイルからリピーターを介して RX コイルに WPT を行った時の電力伝送効率の測定結果.

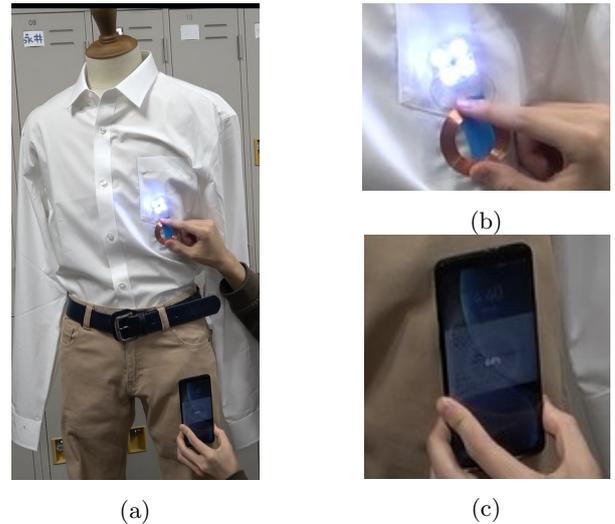


図 5: 動作確認. (a) マネキン人形に 2, 3 章で製作したシャツ, ズボン, ベルトを装着させ, 電子デバイスを近づけた. (b) シャツ胸ポケットに近接した LED への給電. (c) ズボンのポケットに近接したスマートフォンへの給電.

際, 電力の供給源となるバッテリーをベルトに組み込むことで衣服の装着感や重量に違和感を持たせることなくバッテリーを身体に装着することを検討し試作を行った. また, ベルトに内蔵されたバッテリーから電子デバイスに対する WPT において二つのフレキシブルコイルとケーブルで構成されるリピーターを介して WPT を行うことで実用的な電力伝送効率を達成可能であることを示した.

参考文献

- [1] Josiah Hester and Jacob Sorber. The future of sensing is batteryless, intermittent, and awesome. In *Proceedings of the 15th ACM Conference on Embedded Network Sensor Systems*, pages 1–6, 2017.
- [2] SM Series. : Guidance on frequency ranges for operation of non-beam wireless power transmission systems for mobile and portable devices. ITU-R, (2019).