

M20250331_03_Rice

ライス大学、小型無線医療用インプラントをサイバー脅威から保護するための新しいセキュリティプロトコルを開発

Kaiyuan Yang は、ハッカーに強いスマートインプラントで時代を先取りした。

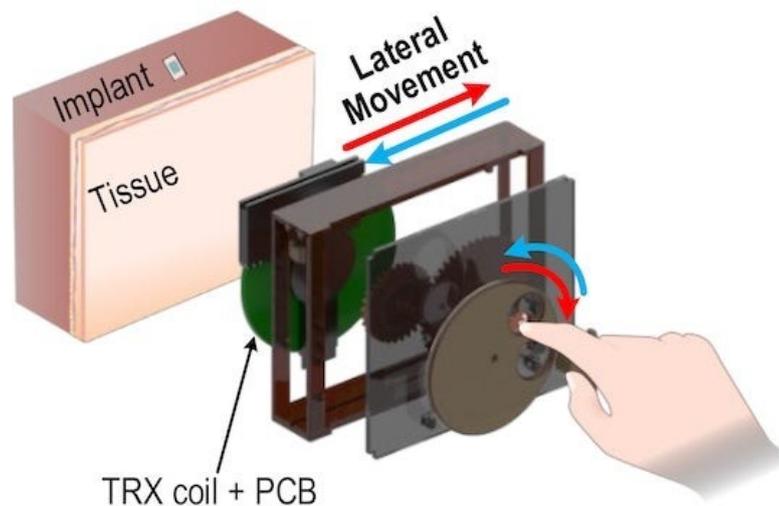


図 一貫した横方向の変位を直感的に導入するために、デザインにはダイヤルパッドのような機械的な構造が含まれていた。パッドを異なる角度で回転させると、TX コイルが異なる距離で横方向に移動し、インプラントの整流器出力で電圧が変化する。(画像提供:Kaiyuan Yang/Rice University)

発作をコントロールするために設計された脳インプラントがハイジャックされる。ペースメーカーはフェイク信号を受信し、リズムを乱す。ハッカーがインスリンポンプに侵入し、致命的な過剰摂取をした。これらのシナリオは SF スリラーのワンシーンのように聞こえるが、医療技術がスマートでワイヤレス接続されたインプラントに移行するにつれて、このようなサイバーヘルスの脅威は実際に懸念されている。

スマートバイオエレクトロニクスインプラントは、医療に革命をもたら

す見込みがあり、医師が治療を監視および調整するためのリモートアクセスを提供する。しかし、これらのデバイスが高度になるにつれて、脆弱性も高まる。スマートフォンや銀行口座と同様に、医療用インプラントもサイバー犯罪者の標的になる可能性がある。また、それが起こったとき、その結果は生命を脅かす可能性がある。

ライス大学では、電気・コンピュータエンジニアの Kaiyuan Yang が、これらの脅威に先手を打つために、医療イノベーションの暗黒面から患者を守るハッカー耐性のあるインプラントを開発している。

「生物医学技術が進歩するにつれて、セキュリティの重要性はますます重要になっている。大きな手術や投薬計画なしで病気を治療できる、米粒ほどの大きさの小さな電池不要の医療用インプラントを想像してみてください」と、ライス大学のエンジニア、セキュアでインテリジェントなマイクロシステム(SIMS)ラボを運営する Kaiyuan Yang は話している。

「このようなインプラントは、ワイヤレスで駆動され、ウェアラブルハブを介してインターネットに接続され、テンカンかや治療抵抗性うつ病などの慢性疾患を抱える人々の自律性と生活の質に大きな違いをもたらす可能性がある」と、ライス大学の電気およびコンピュータ工学の准教授 Yang は話している。

高度なワイヤレス埋め込み型技術により、医師は患者の健康状態を監視し、遠隔で治療を調整できるようになり、現場での検査や治療の必要性がなくなる。とは言え、Yang は、この可能性には深刻なリスクが伴うと警告している。ハッカーが通信を傍受したり、パスワードを盗んだり、偽のコマンドを送信したりして、患者の安全を脅かす可能性がある。

米国電気電子学会(IEEE)のフラッグシップ会議、国際固体回路会議(ISSCC)で発表された最近の研究で、Yang と同氏のチームは、ワイヤレスでバッテリー不要の超小型インプラントに対する初の認証プロトコルを発表した。これにより、これらのデバイスの保護を維持しながら緊急アクセスが可能になった。磁気電気データグラム・トランスポート・レイヤ・セキュリティ(ME-DTLS)として知られるこのプロトコルは、ワイヤレス電力伝送の癖を利用し、バッテリーなしで医療用インプラントに外部から電力を供給することを可能にする。通常、外部電源(この場合は患者が装着する外部ハブ)がわずかにズレると、インプラントが受ける電力量は変動する。

「横方向または左右の動きは、通常、これらのシステムの欠陥と見なされる信号のズレを引き起こすが、患者を完全に認識した上で特定の動きにバイナリ値を送信することで、それをセキュリティ機能に変えた」(Yang)。

例えば、短い動きを「1」、長い動きを「0」としてコード化することで、ユーザは外部ハブを特定の方法で動かすだけで、安全なアクセスパターンを入力することができる。このパターンベースの入力は、パスワードを使用した後に PIN を入力したり、電話のロックを解除するためのパターンを描いたりするのと同じように、2 番目の認証要素として機能する。ME-DTLS の 2 要素認証の全体的なユーザエクスペリエンスは、今日の銀行口座にログインするプロセスとよく似ている。ユーザはログイン資格情報を入力し、一時的なパスコードが記載された SMS を待ってから、このパスコードを入力してログインする。

このイノベーションは、医療サイバーセキュリティにおける 2 つの主要な問題を解決する。まず、リモートで偽造できない物理的な確認手順を要求することにより、パスワードの盗難から保護する。次に、緊急対応者が事前に共有された資格情報を必要とせずにデバイスにアクセスできるようにする。したがって、患者が意識不

明であるか、パスワードを提供できない場合、インプラントは近距離でのみ検出できる一時的な認証信号を送信する。

「これにより、近くに許可されたデバイスのみがインプラントにアクセスできるようになる。緊急時には、インプラントはレスポндаや医師が描いたパターンによってレスポндаや医師を確認し、インターネット接続がない場合でもアクセスを許可する」(Yang)。

Yang と同氏のチームが開発したソリューションは、ワイヤレス給電システムの本質的な機能を活用することで、かさばるセンサの追加など、埋め込み型技術の他のセキュリティ対策の欠点を回避する。

研究チームは、ボランティアとともにパターン入力法をテストし、98.72%の確率でパターンを正しく認識することを確認した。つまり、チームのソリューションが信頼性が高く、使いやすいことを証明した。また、チームは、インプラントがデータを安全かつ効果的に送り返すための、迅速で低電力の方法を開発した。

「われわれの知る限りでは、ワイヤレス電力伝送の自然な欠陥を利用してインプラントに安全な情報を送信し、小型化されたインプラントで安全な 2 要素認証を可能にしたのは、われわれが初めてである。他の医療機器と比較して、われわれの設計はセキュリティ、効率、信頼性の最適なバランスを提供する」(Yang)。

患者にとって、これは、医療用インプラントが安全で、最も重要なときにアクセス可能になる未来を意味し、医師、介護者、救急隊員など、適切な人だけが自分の体内のテクノロジーを制御できるシンプルで直感的な方法を提供する可能性がある。

Yang と同氏のチームは、2 月 16～20 日までサンフランシスコで開催された ISSCC で研究成果を発表した。IEEE のウェブサイトによる

と、この会議で Yang は、「革新的で先見の明のある技術研究を探求する」若手研究者を表彰する IEEE Solid-State Circuits Society New Frontier Award を受賞した。今年、Yang のチームは、会議で発表し、その成果が認められたライスの教員と学生のより大きな代表団の一部だった。

研究チームは、磁気電気(ME)電力とデータ転送に基づく最先端のミリメートルスケールのインプラントで、セキュリティスキームの実現可能性を実証した。