

ケーススタディ



スマート

MicrochipのMPLAB® X IDEは、拡張可能で高度な設定が可能なソフトウェアツールであり、組み込み設計に必要な検索、設定、開発、デバッグおよび認定作業を支援する強力なツールが組み込まれています。



コネクテッド

Microchip AVR-IoT WA開発ボードは、ワイヤレスインターネット接続をAWSクラウドに提供し、スマートピルディスペンサーをWebアプリケーションからリモートでモニタリング・設定できるようにします。



セキュア

MicrochipのAVR-IoT WAボードは、パワフルなATmega4808 AVR®マイクロコントローラ (MCU)、ATECC608A CryptoAuthentication™ セキュアエレメント、各国の電波法に認定済みのATWINC1510 Wi-Fi® ネットワークコントローラを組み合わせています。

バレンシア工科大学のイノベーターがIoT対応スマートピルディスペンサーを開発

バレンシア工科大学 (UPV) は、2019年に創立50周年を迎えました。同校の工学部の起源は1850年代にまでさかのぼりますが、比較的新しい大学であり、そのプログラムの質の高さはますます多くの人に認められています。世界大学学術ランキング (ARWU、通称「上海ランキング」) は、UPVをスペイン国内トップの工科大学と評価しています。34,000名の在校生コミュニティ、3,600名の教授および研究者、1,500名の管理担当者およびサービス担当者が在席するUPVは、バレンシア、アルコイ、ガンディアの各キャンパスでテクノロジー、ビジネス、芸術の次世代リーダーを育成しながら、その知名度を世界に広めています。

同校は、教育の伝統とイノベーションの両方を大切にしながら研究に力を注いでいます。教育と科学研究の両面で、UPVは学生の学業の成功と、ビジネス界でその手法を確立させた研究開発および技術移転プログラムに自信を持っています。



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Makers UPVチームでの 体験学習

Makers UPV組織は、工学部の学生が技術の実践的応用を追求するために同校が用意する多くの機会の1つを提供しています。DIYメーカーとしての倫理を持った工学部の学生のために設立された非営利団体で、特定の研究分野への関心を高めるための高度なツールを使用したりトレーニングを受けたりすることができます。このグループは、実践的なワークショップ、その業績が確立された企業への研修ツアー、技術コンテストへの参加を通じた体験学習を重視しています。Makers UPVのメンバー達は、電子工学から機械工学、設計に至るまでの各分野のプロジェクトを年間を通じて提案し、学際的なチームを形成することで学生の取り組みを支援します。Makers UPVの開発の中には、世界規模のテクノロジーコンテストやハッカソンに参加し、最高の栄誉を得たものもあります。

そのようなプロジェクトの1つが、インテリジェントなビルディスペンサーのプロトタイプの開発でした。アマゾンウェブサービス (AWS) IoT 接続を活用することで医療専門家が投薬量を設定し、その投薬量をモニタリングできるようにしながら、自宅にいる患者に薬を届けることを可能にしました。



人間の平均寿命は世界のほとんどの地域で伸び続けており、高齢者が毎日医薬品を処方され、推奨市販医薬品を処方される割合も伸びています。これは驚くことではありません。歴史家達は、少なくとも3,500年前にはさまざまな錠剤や丸薬が存在していたことを示唆しています。当時は定められた投与量を守り、保管と処方がし易いように、医薬品は蜂蜜または練り粉の玉で包まれていました。1800年代初頭には最初のゼラチンベースの錠剤が手作業で製剤され、そこから開発が進み、機械圧縮された粉末錠剤が普及するに至りました。

その途中のある時点で、進取的な発明家達が現代人の必需品である医薬品を輸送・整理整頓するための薬箱/ピルケースを開発しました。純粋に機能的なデザインのものもあれば、装飾が施されたものもあります。薬箱の素材は木から象牙へ、翡翠から銅へ、錫から金へ、そして最終的にはプラスチックへと進化しました。

今日では、一般的なピルケースは、日曜日から土曜日までの日々の投薬量を収納するために個々の仕切りを付けており、あらゆる店の隅で目にします。服用者は週に一度は各日の分のコンテナに医薬品を補充することを求められます。近年では、より精巧なデジタルピルケースが販売されており、ネットワーク接続と音響アラームを追加することで、患者が薬の服用を忘れないように助けています。

人口が高齢化するのに合わせて、あらゆる種類のピルケースのフォームファクタが市場成長を遂げるでしょう。高齢者に押し付けられる錠剤の量は膨大で、その数は一見して驚くべきものです。しかし、今日の薬物を常用する文化の長期的・短期的影響は、特に高齢化コミュニティに関連するため、いくつかの議論的となっています。

ヘルスケア調査会社のIQVIAが2021年に発表したレポートによると、送り状値段レベルを基準にした世界の医薬品市場は、2025年までに3~6%の年平均成長率(CAGR)で成長し、約1.6兆ドルの規模に達すると予想されます。

患者の毎日の投薬に関する調査は国によって異なりますが、調査結果を見ると、年齢層ごとに増加が予想されることが分かります。アメリカン・ナース誌が、65歳以上の男性の44%と女性の57%が1週間に5種類以上の非処方薬または処方薬を服用していると示唆してから10年が経過しました¹。この年齢層のうち12%は1週間に10種類以上の非処方薬または処方薬を服用しているという、やや衝撃的な結果が明らかになっています。カイザー・ファミリー財団(KFF)が提供する米国のデータから、2019年の調査ノートで高齢者人口の明らかな増加が報告されています。4種類以上の処方薬を服用していると報告した人は、65歳以上が半数以上(54%)、50~64歳が3分の1(32%)、そして30~49歳が約10人に1人(13%)いました²。

ポリファーマシーとは、一般的には複数の病気のある1人の患者が複数の薬剤を服用している状態を指します。



拡大する脅威: ポリファーマシー

ここ10年間で、ポリファーマシーという用語自体に普遍的な定義は無くとも、増大する問題を改善すべきであると叫ばれています。ポリファーマシーとは、一般的には複数の病気のある1人の患者が複数の薬剤を服用している状態を指します。専門家達の間ではポリファーマシーを定義する同時処方数について意見が一致していませんが、複数の医療機関が処方を行っている、患者の完全な服用状況が不明確になることがよくあります。

呼吸器系の問題、2型糖尿病、および既往の冠動脈疾患を有する患者が、さらなる合併症や二次冠動脈イベントの長期的な発症リスクを軽減するために、6~9種類の医薬品を服用していることは珍しくありません。事実、そうした患者を対象に国が定める治療ガイドラインを厳守すると、最低でも6つの同時処方薬が処方されます。ポリファーマシーは相互による悪い副作用が生じたときに問題になります。

US Pharmacist誌³

高齢者は加齢に伴う代謝の変化と医薬品が処方される臨床環境が切り離されていることが多いため、薬物有害反応 (ADR) のリスクが高くなります。2020年に起きたCOVID-19パンデミックの影響を受けて、病院の臨床医、医師、遠隔医療従事者、プライマリケア医師、産業医、老人ホームの専門スタッフ、薬剤師、在宅介護の専門スタッフ、家庭内の介護者など、さまざまな医療分野の介助者が新たな水準を明確化しました。彼らはロックダウン期間中に医薬品のモニタリングと処方がいかに難しいかを実感したのです。インターネット利用による最安値の医薬品宅配が増えたことで、さらに服用状況の把握が困難になりました。

より厄介だと思われるのは、「処方カスケード」という概念です。これは、薬による有害事象を新たな病状として誤認してしまい、さらに別の処方が行われ、新たな副作用や意図しない薬物相互作用が生じる可能性があるというものです。

ポリファーマシーがもたらす複雑な諸症状は、患者が一貫した投薬処方箋を守っていない場合にさらに悪化するおそれがあります。



在宅医療および遠隔医療ソリューションに対する需要がますます高まっているため、錠剤および医薬品のスマート処方がこれまで以上に重要になっています。Amazonが提供するWebサービスへのスマートかつコネクテッド型の安全なアクセスを実現するためのMicrochip製AVR-IoT WAボードと、Microchipの8ビット ATmega2560 MCUがベースのArduino Mega 2560ボードの両方を使用することで、電気、ファームウェア、メカニカルデザインに優れたものとなりました。

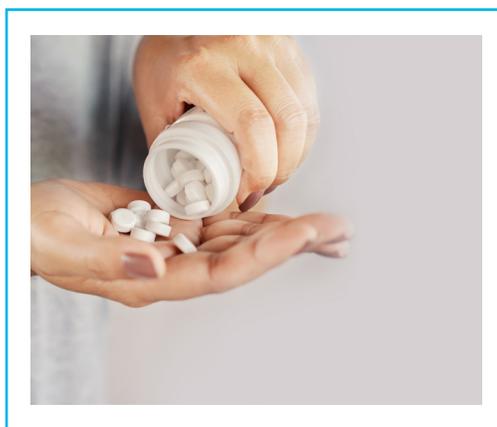
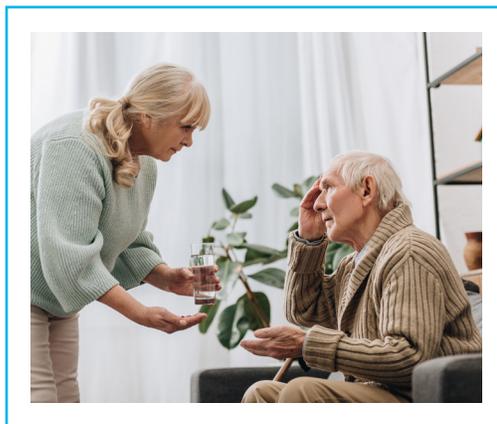
審査員からの意見

2020年のスマート医療設計の課題

課題

最新の錠剤管理システムは、従来のピルケースを超えて進化し、時間指定の調剤メカニズム、アラート機能、およびレポート機能と記録機能を備えたモバイルアプリへのインターフェースを備えています。しかし、最も洗練された消費者向けの錠剤ディスペンサーがあるとしても、患者やその家族が事前に手作業でピルケースに補充する必要があります。このような半自動ディスペンサーは、ユーザーに高度な判断を要求しすぎる場合があります。多くの場合、そのユーザーは健康上の制約があってプロセスを正確に管理することができない人たちです。これらの電子制御式の錠剤ディスペンサー製品の一部には錠剤の自動投薬機能がありますが、医療従事者の持つ信頼性や投与量のコントロールはほとんど行われていません。

個人、特に高齢者の錠剤管理プロセスの完全自動化には、新しい設計パラダイムの導入が必要です。





ソリューション

Mireia Flores, Isabel Fernández Palou, Javier Poveda, Pablo Fernández Silva, Jaime Labordaら5名からなるMakers UPVチームは、よりスマートな錠剤調剤システムの開発という課題に対処するために編成されました。

彼らは最大4種類の錠剤ベースの医薬品を1日あたり1回または複数回で調合できる、消費者向けのプロトタイプを開発することにしました。彼らが作成したオープンアーキテクチャとコードは、より大容量の設計の構築を検討する人向けに提供されます。これまで市場投入されたものの、そのビジョンを達成できなかった消費者向け製品を調査した結果、スマートピルシステムには次の機能を含める必要があることが分かりました。

- 1. 処方量の遠隔制御:** コネクテッド対応アーキテクチャを使用することで、医師はスマート錠剤ディスペンサーごとに錠剤の処方箋を設定し、錠剤ごとに1日あたり最大3つの服用オプションを選択できます。この機能を使えば、医療機関は患者に負担をかけることなく必要に応じていつでも投与量をリモートで変更できるようになります。
- 2. 大画面タッチスクリーンと操作しやすいインターフェース:** 7インチのタッチ機能付きTFT液晶ディスプレイをデザインに採用し、認知症患者、アルツハイマー病患者または慢性的な視力障害や聴覚障害者の操作にも対処しました。大画面で入力できるので、患者はディスペンサーを快適に補充することができ、適切なタイミングで錠剤を服用するための音声および視覚的な合図とリマインダーを受け取ることができます。
- 3. スマート選別メカニズム:** Makers UPVチームは、市販の3Dプリントツール、Parallax製モーター、超音波センサーソリューションを駆使して作成された革新的な一連のチューブと錠剤容器を活用しながら、錠剤をマシンにストックするプロセスに自分達の電気工学と機械工学のスキルを応用しました。その結果、ユーザーが複数

の錠剤を補充し正確な用量をユニットに入れる必要がなくなりました。スマートメカニズムが働き、ディスペンサー内の錠剤を分類して分配し、適切なタイミングで必要な用量を供給する仕組みになっています。センサーにより、個々の錠剤が各用量を守り患者が取り出したことを判定します。

- 4. クラウド接続対応:** スマートピルディスペンサーの使用には、Webアプリケーション経由でのリモートモニタリングと設定を可能にするために、AWSクラウドへのインターネット接続が必要です。
- 5. リアルタイム確認、通知、報告:** チームは、錠剤の服用を報告したり、何らかの理由で服用が守られていない場合に介護者に通知したりするモバイルアプリを開発しました。

スマートピルディスペンサーとそれを操作するスマートピルWebアプリは、Microchipや他のクラス最高のプロバイダーのコアソリューションを使用して開発されました。

Microchip AVR-IoT WA開発ボードは、ワイヤレスインターネット接続をAWSクラウドに提供し、スマートピルディスペンサーをWebアプリケーションからリモートでモニタリング・設定できるようにします。AVR-IoT WAボードは、パワフルなATmega4808 AVR[®]マイクロコントローラ (MCU)、ATECC608A CryptoAuthentication[™]セキュアエレメント、および組み込みアプリケーションをAWSに接続するための最もシンプルで効果的な方法を提供する完全認定済みATWINC1510 Wi-Fi[®] ネットワークコントローラを組み合わせたものです。

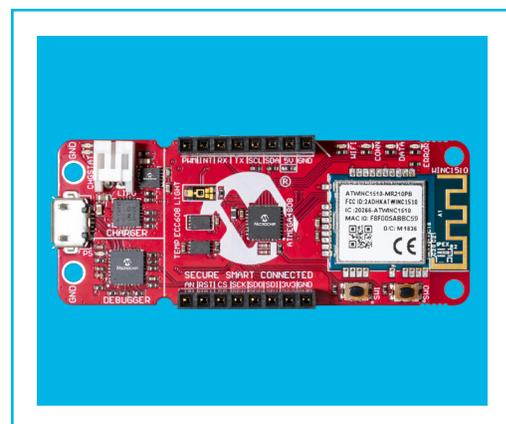
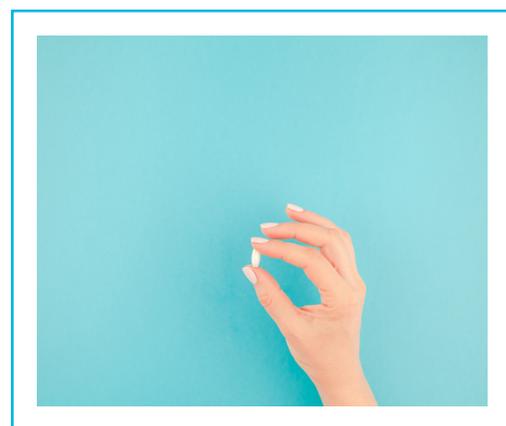
Arduino[®] Mega2560マイクロコントローラボードは、MicrochipのATmega2560 MCUをベースにしており、54個のデジタル入力/出力ピン (うち15個はパルス幅変調器 (PWM) 出力として使用可能)、16個のアナログ入力、4個のUART ハードウェアシリアルポート、16MHz水晶発振器、USB接続、電源ジャック、インサーキット シリアルプログラミング (ICSP) ヘッダー、およびリセットボタンが付いています。また、MCUのサポートに必要なものが全て揃っています。

AWS IoTマネージド クラウド プラットフォームを利用することで、コネクテッドデバイスがクラウドアプリケーションやその他のデバイスと簡単・安全に通信できます。

AWS DynamoDBは、規模を問わず一貫した1桁ミリ秒のレイテンシを必要とするすべてのアプリケーション向けの、高速かつ柔軟なNoSQLデータベースサービスです。

AWS Lambdaはイベントに応答してユーザーコードを実行し、コンピューティングリソースを自動的に管理するコンピューティングサービスです。

MicrochipのMPLAB[®] X Integrated Development Environment (IDE) は、拡張可能で高度な設定が可能なソフトウェアツールであり、当社のMCUおよびデジタルシグナルコントローラのほとんどに対する組み込み設計に必要な検索、設定、開発、デバッグおよび認定作業を支援する強力なツールが組み込まれています。MPLAB X IDEは、ソフトウェアおよびツールのMPLAB開発エコシステムとシームレスに連携し、それらの多くは完全に無料です。



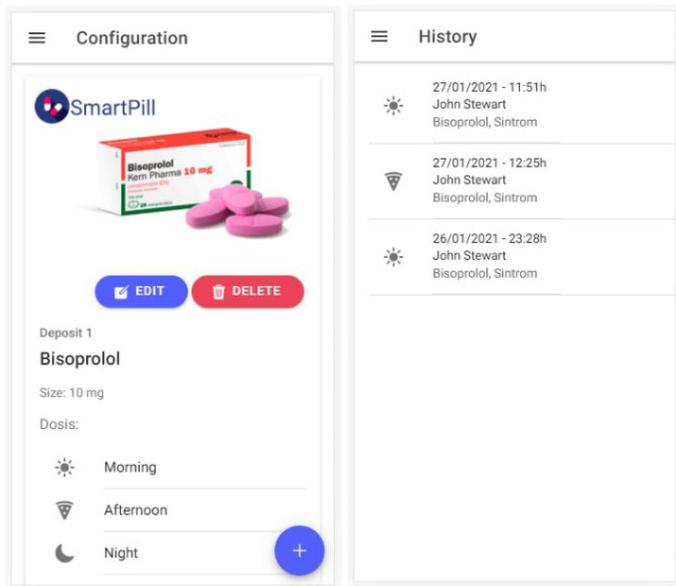
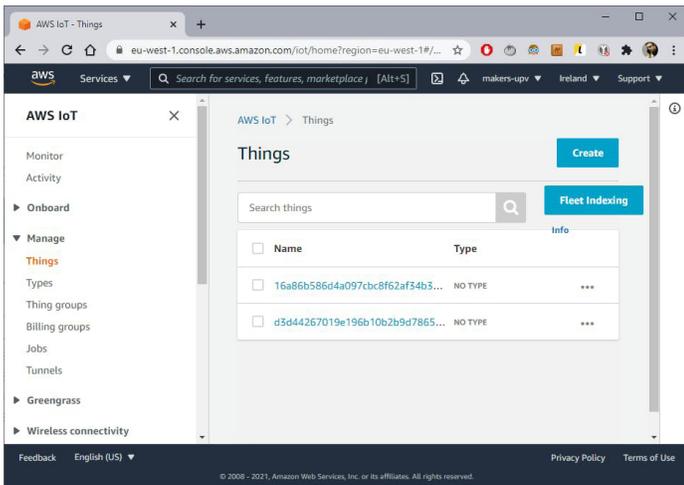
結果

Makers UPVチームはMicrochipのAVR-IoT WA開発ボードを用いたWi-Fi経由でのAWS IoTマネージドクラウドプラットフォームへのダイレクト接続を活用しました。チームはセキュアエレメント内に資格情報と証明書を追加することが、セキュリティ上プラスになると気がきました。MicrochipのMPLAB X IDEソフトウェアおよびソフトウェア開発キット (SDK) が作業環境の文書化に貢献し、ほんの数か月間で完全なプロトタイプソリューションを開発するうえで役に立ちました。

AVR-IoTボードはMessage Queuing Telemetry Transport (MQTT) プロトコルによりAWS IoT Coreに接続されます。これにより、クラウドエコシステムとハードウェア間の双方向接続が可能になりました。この通信は、ディスペンサー宛の調剤メッセージと、ディスペンサーからクラウドへの確認イベントの送信に使用されます。

このフロントエンドWebアプリケーションはIonic Angular NodeJSフレームワークを使用して開発され、それらの静的ファイルはAWS S3ストレージサービスにアップロードされます。Webアプリケーションのバックエンドは、LAMBDA関数を呼び出すAWS APIゲートウェイで開発されたHTTP API Restサービスです。この関数は、錠剤の設定と服用記録を保存するDynamoDBデータベースと通信します。

適切な時刻に調剤イベントをトリガーするために、AWS EventBridgeがスケジューラとして使用されます。このイベントは、各服用量に必要な錠剤をデータベースで検索するLAMBDA関数をトリガーし、この情報をIoT Coreを介してスマートピルディスペンサーに送信します。





Makers UPVのもう1つのサクセスストーリー

バレンシア工科大学の歴代の学生が取り入れてきた技術賞贈呈の伝統を受け継ぎ、Makers UPVスマートビルディスペンサーは、2021年のHackster.ioの「スマート医療デザインチャレンジ」部門の最優秀総合エントリーとして表彰されました。Microchip社はチームの創意工夫に敬意を表します。

1 高齢者のポリファーマシーを防止する。アメリカン・ナース誌2010年10月11日 www.myamericannurse.com/preventing-polypharmacy-in-older-adults/
アクセス日: 2021年5月10日

2 Kirzinger, Ashley; Neuman, Tricia; Cubanski, Juliette; Brodie, Mollyann.データノート: 処方薬と高齢者KFF.2019年8月9日 <https://www.kff.org/health-reform/issue-brief/data-note-prescription-drugs-and-older-adults>
<http://www.myamericannurse.com/preventing-polypharmacy-in-older-adults/>
アクセス日: 2021年5月10日

3 Manouchehr Saljoughian, PharmD, PhD.高齢患者のポリファーマシーと服薬アドヒアランスUS Pharmacist誌2019年7月18日 www.uspharmacist.com/article/polypharmacy-and-drug-adherence-in-elderly-patients
アクセス日: 2021年5月10日

Microchip Technology Inc. | 2355 W. Chandler Blvd. | Chandler AZ, 85224-6199 | microchip.com