

# XÂY DỰNG GIAO THỨC TRUYỀN NHẬN ĐẢM BẢO DỰA TRÊN GÓI TIN PHẢN HỒI ỨNG DỤNG TRONG HỆ THỐNG BÁN ĐIỆN TRẢ TRƯỚC TRONG TRUYỀN THÔNG TRÊN LƯỚI ĐIỆN

BUILDING RELIABLE PROTOCOL BASED ON RESPONSE PACKET IN PREPAID ELECTRICITY SYSTEM USING POWER LINE COMMUNICATION

Võ Minh Huân<sup>1\*</sup>, Đặng Đức Lâm<sup>2</sup>

## TÓM TẮT

Môi trường truyền thông trên lưới điện (Power line communication) là môi trường truyền dẫn tổn tại rất nhiều nguồn nhiễu. Những ứng dụng đòi hỏi việc truyền tin cậy cần có giao thức bảo vệ gói tin truyền chắc chắn để đảm bảo gói tin được tới người nhận. Bài báo này trình bày giao thức truyền tin có phản hồi để xác minh việc truyền tin thành công ứng dụng trong việc xây dựng hệ thống bán điện trả trước. Nhóm tác giả dùng giao thức truyền tin cậy này và xây dựng phần mềm nạp tiền điện trả trước trên website và smartphone, lắp đặt hoàn thành bộ xử lý dữ liệu tập trung DCU (Data Concentrator Unit) và bộ điều khiển đóng cắt SCU (Switch Control Unit) để xây dựng hệ thống bán điện trả trước. Kết quả thực nghiệm chỉ ra bộ DCU đã thực hiện kết nối và lấy dữ liệu từ Server qua dịch vụ GPRS và điều khiển quá trình đóng/cắt từ xa bộ SCU qua đường truyền PLC với tỉ lệ truyền dẫn thành công tới 93%. Giải pháp đề xuất hợp lý với chi phí triển khai hệ thống là thấp nhất, phù hợp với điều kiện thực tế tại điều kiện Việt Nam so với các hệ thống đang được triển khai sử dụng công tơ thẻ trả trước.

**Từ khóa:** Công tơ điện tử; Mua điện trả trước; Truyền thông tin trên lưới điện PLC; Giao thức truyền dẫn tin cậy, nhiễu xung; Bộ xử lý dữ liệu tập trung DCU.

## ABSTRACT

Power line communication is harsh and noisy transmission medium which significantly deteriorate the transmission performance. The applications requiring reliable transmission needs to give a protected data protocol across impulsive noise to ensure packet transferred to receiver. The paper proposed a reliable protocol based on response packet in prepaid electricity system. The author uses proposed protocol to construct softwares on website and smartphone. The authors have completed the installation of the Data Concentrator Unit (DCU) and the Switch Control Unit. Experimental results show that the DCU connects and gets data from the server via GPRS service, sends and control remotely turning on/off process of the Switch Control Unit via PLC with the successful transmission rate up to 93%. The proposed solution is feasible with very low cost and suitable for Vietnam condition compared to system using prepaid electricity meter.

**Keywords:** Prepaid electricity system; Smart meter; Power Line Communication - PLC; reliable Transmission protocol; Impulse noise; Data Concentrator Unit - DCU.

<sup>1</sup>Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM

<sup>2</sup>Học viên cao học Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM

\*Email: huanvm@hcmute.edu.vn

Ngày nhận bài: 20/10/2017

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 01/12/2017

Ngày chấp nhận đăng: 26/02/2018

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Môi trường truyền trên lưới điện (Power Line Communication) bị ảnh hưởng rất nhiều của nhiễu xung [1-2]. Điều này làm ảnh hưởng lớn tới năng suất truyền dẫn. Nhiều loại mã sửa lỗi như mã Reed Solomon, Turbo được dùng để sửa các lỗi này trong truyền thông tin. Tuy nhiên, thách thức của những hệ thống PLC là những phương pháp sửa lỗi cũng không đảm bảo được một quá trình truyền dữ liệu tin cậy bởi vì những mã này không đưa ra được sự bảo vệ dữ liệu qua một môi trường nhiễu khá lớn [3]. Để đảm bảo việc nhận gói tin trên đường truyền mà những ứng dụng đòi hỏi độ tin cậy cao trong quá trình truyền. Nhiều bài báo đã đề xuất nhiều giải pháp đưa ra nhằm đảm bảo việc truyền nhận thành công. Ví dụ như, giải pháp đưa ra bằng cách gửi số lượng lớn những gói tin giống nhau [4]. Bởi việc gửi tràn ngập những gói tin giống nhau, gói tin gửi bị mất này có thể được thay thế bởi gói tin gửi lặp lại khác [4]. Thông thường, lượng gói tin lặp lại này được gửi với số lượng cố định 10 gói tin đi tới bên thu [4]. Khi gửi xong một trong 10 gói tin tương tự này, bộ phát sẽ trì hoãn một khoảng thời gian cố định đủ để bộ thu xử lý gửi tin đang tới trước khi nhận gói tin kế tiếp. Với giao thức truyền nhận này, bộ thu có thể nhận lặp lại cùng một nội dung tới 10 lần, khi đó bên thu sẽ loại bỏ các gói tin trùng lặp. Kỹ thuật truyền này không chắc chắn việc truyền nhận thành công, không đảm bảo kiểm soát được lỗi gói tin truyền xảy ra. Hơn nữa với thời gian chờ đợi xử lý gói tin đến cố định sẽ không hiệu quả khi các gói tin có thể bị tắc nghẽn hoặc tới sớm hơn dự tính ban đầu. Một giải pháp khác đề xuất gần đây bởi đưa ra giao thức "yêu cầu - gửi" nhằm đảm bảo rằng khi gửi đi, nếu bên thu nhận được gói tin yêu cầu sẽ gửi phản hồi lại dữ liệu từ

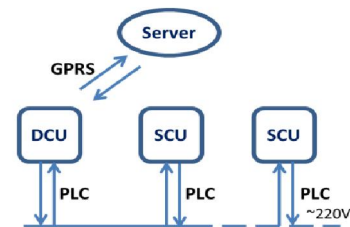
đó xác minh quá trình truyền thành công [5]. Tuy nhiên, với giao thức đề xuất này gói tin nếu gửi đi bị sai hoặc đợi một khoảng thời gian không nhận gói tin phản hồi, quá trình truyền sẽ được thiết lập lại với một gói tin mới. Ở đó, dữ liệu sẽ được cập nhật lại, theo tình trạng hoạt động của hệ thống và bỏ qua gói tin bị mất trước. Điều này không phù hợp trong ứng dụng đòi hỏi độ tin cậy cao, khi mỗi gói tin mang một thông tin nhất định cần phải thực hiện việc truyền lại gói tin mất này trong các ứng dụng cần xác thực thông tin và lưu trữ dữ liệu gửi. Trong bài báo này, nhóm tác giả đưa ra giải pháp khác bằng cách sử dụng gói tin phản hồi ACK từ client để đảm bảo quá trình truyền nhận diễn ra tin cậy, nếu gói tin bị mất, hệ thống sẽ thực hiện việc gửi lại để gửi tới bên thu tất cả gói tin phát. Thời gian chờ đợi xử lý gói tin kế tiếp có thể linh động hơn bởi biết chắc chắn khi nào gói tin đến hoặc bị tắc nghẽn bởi sự phản hồi về của tín hiệu gói tin phản hồi ACK. Bởi dùng giao thức phản hồi ACK, tình trạng gói tin gửi đi sẽ biết có tới đích hay không và tránh việc gửi lặp lại nhiều lần gây tắc nghẽn không cần thiết trên đường truyền thông tin.

Bài báo này trình bày ý tưởng xây dựng giao thức truyền tin cậy để phục vụ quá trình truyền dữ liệu đảm bảo trong hệ thống bán điện trả trước hoàn toàn mới, bằng cách vận dụng cơ sở hạ tầng hiện tại, khai thác tính năng đọc chỉ số điện từ xa của công tơ điện tử đang sử dụng ở các công ty điện lực và xây dựng thêm chức năng đóng cắt từ xa. Bằng cách truyền dẫn thông tin trên đường dây điện có sẵn, nhóm tác giả đã xây dựng phần mềm nạp tiền điện trả trước trên website và smartphone, lắp đặt hoàn thành bộ xử lý dữ liệu tập trung DCU (Data Concentrator Unit) và bộ điều khiển đóng cắt SCU (Switch Control Unit), kết quả thực nghiệm bộ DCU đã thực hiện kết nối nhận lệnh điều khiển đóng/cắt điện từ Server qua dịch vụ GPRS giao thức HTTP và điều khiển đóng/cắt đối với bộ SCU qua đường truyền PLC giao tiếp UART.

Biểu giá bán điện sinh hoạt hình thức trả trước đã được Chính phủ ban hành từ năm 2011 [6], tuy nhiên đã hơn 06 năm kể từ khi ban hành, đến nay chưa khách hàng nào của ngành điện được mua điện với hình thức trả trước. Tại các nước phát triển, việc thanh toán chi phí năng lượng trả trước đã được triển khai. Người sử dụng dễ dàng mua các thẻ tại các cửa hàng và nạp các mã số trên thẻ vào công tơ đọc thẻ hoặc nhắn tin để thanh toán tiền điện và gas. Hệ thống bán điện trả trước tại các nước phát triển hiện nay đang sử dụng công tơ thẻ trả trước [7], chi phí đầu tư công tơ thẻ trả trước và hạ tầng tương thích là thách thức lớn với ngành điện Việt Nam. Việc thực hiện giải pháp của bài báo này, vận dụng các công tơ điện tử có tính năng đọc chỉ số điện từ xa đang được sử dụng, chỉ số điện năng trả trước được nạp và lưu tập trung trên máy chủ Server của các công ty điện lực, thực hiện ngừng cấp điện bằng điều khiển từ xa bởi một giao thức truyền có phản hồi về giúp quá trình truyền được tin cậy và tối ưu hệ thống khi hết chỉ số điện trả trước. Giải pháp đưa ra hoàn toàn khả thi với chi phí triển khai hệ thống rất thấp và đó cũng chính là ưu điểm của giải pháp.

## 2. THIẾT KẾ HỆ THỐNG

Hệ thống bán điện trả trước gồm máy chủ chứa cơ sở dữ liệu về thông tin khách hàng và chỉ số điện đã trả trước, các phần cứng thực hiện điều khiển đóng cắt điện như hình 1. Hoạt động của hệ thống như sau: Khách hàng sử dụng điện mua thẻ Điện trả trước (dạng thẻ cào), nhập mã số khách hàng và dãy số bí mật trên thẻ vào chương trình trên website hoặc ứng dụng trên smartphone. Máy chủ sẽ ghi nhận mã khách hàng, số tiền mua điện trả trước và tính ra chỉ số điện trả trước. Chương trình sẽ thực hiện điều khiển đóng cắt điện đối với mã khách hàng khi chỉ số điện sử dụng bằng chỉ số điện trả trước.



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý hoạt động hệ thống

### 2.1. Cơ sở dữ liệu

Hiện nay, các công ty điện lực đang sử dụng công tơ điện tử được tích hợp thêm modem PLC để đọc chỉ số điện từ xa. Chỉ số điện liên tục được cập nhật trên cơ sở dữ liệu, tùy thuộc vào thời gian thiết lập mà công tơ truyền chỉ số điện về cơ sở dữ liệu. Hình 2 là dữ liệu về chỉ số điện được thu thập từ công tơ điện tử với chu kỳ gửi là 60 phút.

Mã DDO	Biểu Tổng	Biểu 1	Biểu 2	Biểu 3	Giao kWh	Nhận kWh	Ngày	Giờ
156459	1836	1055	333	448	15	395	08/12/2016	00:00
156459	1844	1055	333	456	15	396.5	08/12/2016	01:00
156459	1852	1055	333	464	15	398.5	08/12/2016	02:00
156459	1860	1055	333	472	15	400	08/12/2016	03:00
156459	1868	1055	333	480	15	401.5	08/12/2016	04:00
156459	1876	1063	333	480	15	403	08/12/2016	05:00
156459	1884	1071	333	480	15	405	08/12/2016	06:00
156459	1892.5	1079.5	333	480	15	406.5	08/12/2016	07:00

Hình 2. Dữ liệu chỉ số điện gửi từ công tơ

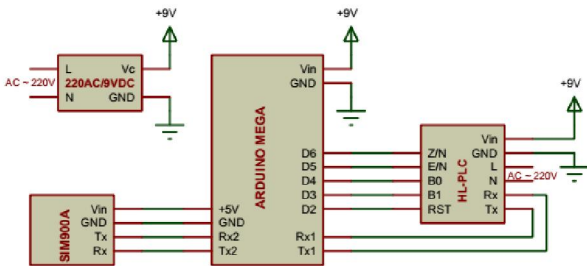
Trong đó, mã DDO: mã điểm đo được gán cho mỗi công tơ và khách hàng. Biểu 1, Biểu 2, Biểu 3: tương ứng với thời gian sử dụng trong ngày (bình thường, cao điểm, thấp điểm), biểu này áp dụng cho các khách hàng mua điện theo thời gian. Chương trình này chỉ quan tâm biểu tổng.

Tận dụng tính năng đọc chỉ số điện từ xa của công tơ điện tử và cơ sở dữ liệu Oracle hiện có tại các công ty điện lực. Hệ thống bán điện trả trước cần tạo thêm bảng lưu trữ dữ liệu chứa thông tin khách hàng, mã điểm đo và chỉ số điện trả trước. Chương trình tự tiến hành so sánh chỉ số điện được cập nhật về và chỉ số điện trả trước để thực hiện điều khiển đóng cắt điện. Tác giả đã tạo website và ứng dụng trên smart phone để thực hiện nội dung này.

### 2.2. Bộ xử lý dữ liệu tập trung (DCU)

Với chức năng kết nối internet lấy và cập nhật dữ liệu lên máy chủ Server đồng thời gửi nhận dữ liệu trên đường

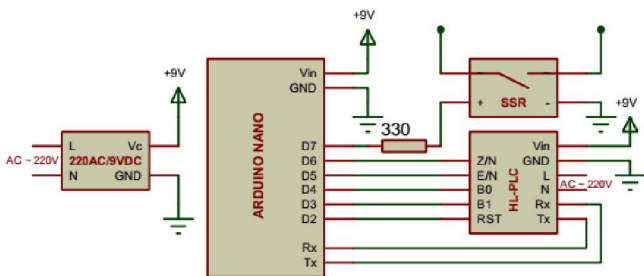
dây tải điện, do đó, một bộ DCU (hình 3) cần có một module SIM để kết nối internet, một module PLC để truyền tín hiệu qua đường dây tải điện, một ARDUINO có tối thiểu 2 cổng Serial để giao tiếp với 2 module trên.



Hình 3. Sơ đồ nguyên lý bộ DCU

**2.3. Bộ điều khiển đóng cắt (SCU)**

Với chức năng truyền nhận dữ liệu trên đường dây tải điện, thực hiện đóng cắt điện, do đó, bộ SCU điều khiển đóng cắt gồm module PLC, ARDUINO có 1 cổng Serial và 1 RELAY như trong hình 4.



Hình 4. Bộ Điều khiển đóng cắt (SCU)

**2.4. Cấu trúc khung truyền**

Khung truyền dữ liệu có cấu trúc gồm bốn trường, trường byte Start, trường địa chỉ, trường dữ liệu và trường Stop:

<b>Start byte</b>	Address byte	Data byte	Stop byte
-------------------	--------------	-----------	-----------

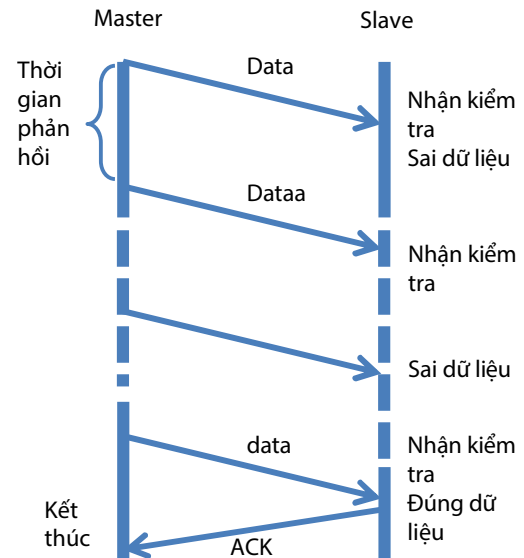
Hình 5. Cấu trúc frame truyền dữ liệu

Một gói truyền gồm có 16 byte. Định dạng frame như hình 5. Byte đầu tiên là byte bắt đầu chỉ ra sự bắt đầu của dữ liệu gửi. Các client bắt đầu nhận dữ liệu sau khi nhận biết được byte bắt đầu này. Chữ S trong bảng mã ASCII được chọn như là byte bắt đầu. Ký tự này sẽ không xảy ra trong các byte khác của gói tin. Vì vậy, client sẽ nhận được byte này khác với các byte dữ liệu khác và phân biệt được bắt đầu dữ liệu. Một cách tương tự byte stop dùng ký tự E trong bảng mã ASCII để kết thúc gói tin. Byte địa chỉ gồm 13 byte định danh khách hàng mà EVN hiện đang sử dụng để nhận dạng khách hàng. Byte địa chỉ này tùy theo nhà cung cấp có thể giảm xuống phụ thuộc vào theo quy mô của vùng cung cấp dịch vụ. Trường data gồm một byte để điều khiển đóng cắt thiết bị.

Khi dữ liệu xuất hiện trên cổng Serial, gặp Start byte chương trình sẽ bắt đầu nhận dữ liệu cho đến khi gặp Stop byte.

**2.5. Giao thức truyền nhận đảm bảo dựa trên phản hồi**

Giao thức truyền nhận đảm bảo sử dụng phản hồi là một giao thức nhằm thông báo xác minh là đã nhận được gói tin gửi. Khi dữ liệu được truyền giữa hai hệ thống thì bên nhận có thể chứng thực đã nhận dữ liệu. Các tin báo nhận được dùng để báo tin cho những mạng không đáng tin cậy ở đó dữ liệu truyền nhận có khả năng gây ra lỗi rất lớn mà nguyên nhân chủ yếu là nhiễu tác động lên đường truyền lưới điện.



Hình 6. Quá trình truyền nhận dữ liệu qua PLC

Sau khi thực hiện gửi, bên gửi sẽ chờ một khoảng thời gian để nhận phản hồi. Nếu không có thông tin phản hồi sẽ thực hiện lại việc gửi. Khi nhận dữ liệu, bên nhận sẽ kiểm tra nếu đúng dữ liệu cần nhận sẽ thực hiện gửi thông tin phản hồi ACK, nếu không sẽ không thực hiện. Quá trình gửi chỉ kết thúc khi bên gửi nhận lại được thông tin phản hồi (hình 6).

Khi master gửi dữ liệu đến slave nếu slave nhận được dữ liệu thì sẽ phản hồi lại tín hiệu ACK. Khi master nhận được tín hiệu ACK từ slave gửi tới, master sẽ tiến hành gửi dữ liệu tiếp theo.

Quá trình gửi nhận có thể xảy ra các lỗi thường gặp như ACK bị sai hoặc ACK bị thất lạc. Khi master nhận được tín hiệu ACK trả về từ slave, master tiến hành lấy tín hiệu ACK đó so sánh với tín hiệu ACK được quy định. Nếu tín hiệu ACK trả về khác với tín hiệu ACK quy định, ACK bị sai. Khi đó master sẽ gửi lại dữ liệu một lần nữa, dữ liệu sẽ tiếp tục gửi lại khi ACK tiếp tục gặp lỗi.

Trong trường hợp ACK bị thất lạc, master gửi dữ liệu đi, master sẽ dùng một khoảng thời gian để chờ slave gửi tín hiệu ACK. Nếu sau khoảng thời gian quy định mà master vẫn chưa nhận được ACK, master sẽ tiến hành gửi lại dữ liệu một lần nữa, dữ liệu sẽ tiếp tục gửi lại khi tiếp tục gặp lỗi.

Bảng 1 là ưu điểm và nhược điểm khi dùng ACK và không dùng ACK.

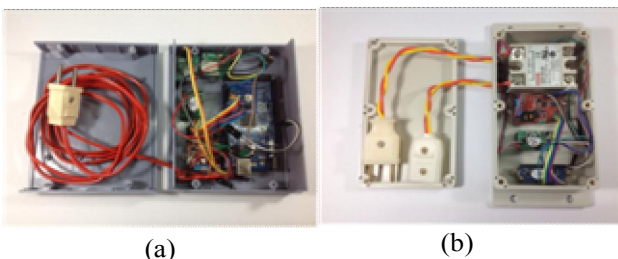
Bảng 1. Ưu điểm và nhược điểm khi dùng ACK và không dùng ACK

Đặc điểm	Dùng phản hồi ACK	Không dùng ACK
Ưu điểm	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kiểm soát được quá trình truyền nhận tin cậy.</li> <li>- Đảm bảo truyền được - nhận được.</li> <li>- Dễ dàng khắc phục sửa lỗi khi gói tin nhận sai</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Giảm hiệu suất kênh truyền khi gửi không thành công</li> <li>- Thiết bị được lập trình đơn giản</li> </ul>
Nhược điểm	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Các tin báo nhận làm giảm năng suất thi hành trên kênh truyền. Nếu mọi dữ liệu đều yêu cầu có tin báo nhận thì một nửa băng thông kênh truyền được dùng cho việc xác thực thông tin nhận.</li> <li>- Lập trình phức tạp hơn khi không dùng ACK</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Không kiểm soát được quá trình truyền nhận</li> <li>- Không đảm bảo truyền nhận được khi thiết lập</li> <li>- Khó phát hiện và khắc phục được lỗi</li> </ul>

### 3. KẾT QUẢ

#### 3.1. Lắp đặt phần cứng

Hình 7 (a) là cấu trúc phần cứng bộ DCU sẽ được lắp đặt tại các trạm biến áp hạ thế, truyền thông tin điều khiển các khách hàng đấu nối vào trạm biến áp hạ thế trong bán kính dưới 1000m. Tiêu chuẩn thiết kế lưới điện của ngành điện là độ sụt áp không quá 5%, do đó bán kính cấp điện lưới điện hạ thế thường không quá 800m. Hiện tại ngành điện đang thực hiện cấy thêm trạm rút ngắn bán kính cấp điện để giảm tổn thất điện năng, bán kính cấp điện hiện nay đa số chỉ từ 500-600m. Mặt khác, hệ thống này dựa vào tính năng đọc chỉ số điện từ xa của công tơ điện tử PLC hiện có, do đó, nếu bán kính quá xa trên 1000m từ trạm hạ thế thì tỷ lệ truyền chỉ số điện thành công cũng rất thấp. Vì vậy thật cần thiết khi tìm giải pháp đối với khách hàng không nên quá xa hơn bán kính 1000m.



Hình 7. (a) Bộ DCU theo sơ đồ nguyên lý trên (b) Bộ SCU theo sơ đồ nguyên lý

Hình 7(b) trình bày bộ SCU sẽ được lắp đặt trên trụ điện, trong hộp đấu dây nhánh rẽ vào nhà khách hàng, sẽ thực hiện đóng cắt điện trước khi vào công tơ.

#### 3.2. Phần mềm

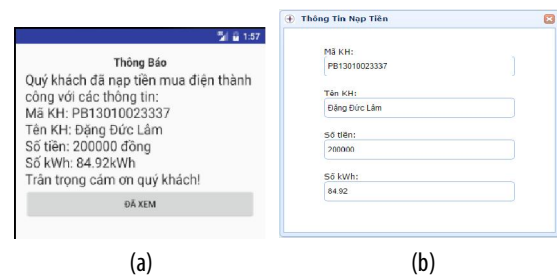
Khách hàng vào trang web của các công ty điện lực hoặc tải ứng dụng của các công ty điện lực trên CH play (điện thoại android) hoặc App store (điện thoại Iphone) chọn mục mua điện trả trước. Nhập mã khách hàng và mã số bí mật trên thẻ cào như hình 8.

Chương trình phần mềm sẽ thực hiện kiểm tra sự phù hợp các thông tin mà khách hàng nhập, trường hợp phát hiện sai sẽ ra thông báo cảnh báo để nghị khách hàng kiểm

tra và nhập lại. Nếu mã khách hàng phù hợp và khách hàng có đăng ký mua điện trả trước, chương trình sẽ giải mã thẻ mua điện để tìm ra số tiền, tính toán ra kWh đã mua và thông tin ra cho khách hàng kiểm tra (hình 9).



Hình 8. (a) Giao diện tổng quan (b) giao diện nạp tiền trên smartphone



Hình 9. Thông báo nạp tiền thành công qua (a) smartphone (b) giao diện web

#### 3.3. Hiệu suất truyền nhận dữ liệu

Để kiểm tra hoạt động của chương trình một cách đơn giản, nhóm tác giả đã dựng Server chạy trên máy chủ Firebase của Google với giao diện web, Bộ SCU điều khiển đóng cắt được gán một mã khách hàng, trang web cho phép nhập mã khách hàng và yêu cầu điều khiển đóng cắt, mỗi thao tác trên trang web dữ liệu sẽ được lưu trữ trên cơ sở dữ liệu của Server tương tự như lúc chương trình hoạt động.



Hình 10. Giao diện trang web thực nghiệm

Với yêu cầu đóng điện khách hàng có mã PB13010005678 như hình 10, bộ DCU đã kết nối vào Server nhận dữ liệu PB130100056781 ( $data = address + data$ , trong đó  $address: PB13010005678$  và  $data: 1$ ), sau đó gửi chuỗi này đến bộ đóng cắt thiết bị (bộ SCU đã được gán  $address$  là mã khách hàng tương ứng sẽ nhận) và nhận về lại chuỗi tương ứng từ nếu bộ đóng cắt thiết bị thực hiện thành công lệnh.

Bộ SCU đã chuyển từ trạng thái cắt sang trạng thái đóng. Thực nghiệm với trạng thái cắt cũng được kết quả tương tự, bộ SCU đã chuyển từ trạng thái đóng sang trạng thái cắt. Như vậy, khi hệ thống bán điện trả trước vận hành,

Server gửi danh sách các khách hàng đã hết chỉ số điện trả trước để cắt điện thì bộ DCU sẽ tự kết nối và nhận lệnh, điều khiển bộ SCU cắt điện như thực nghiệm trên.

Khảo sát hiệu suất truyền nhận dữ liệu giữa DCU và SCU qua đường truyền PLC được thực hiện như sau:

- DCU sẽ gửi một gói tin cho SCU, SCU sẽ kiểm tra và so sánh với mẫu tin đã định sẵn, nếu gói tin đúng sẽ gửi gói tin lại cho DCU, nếu gói tin sai sẽ không làm gì cả và quá trình truyền nhận đó xem như gói tin bị sai ở SCU.
- DCU khi nhận lại gói tin dữ liệu từ SCU sẽ kiểm tra so sánh với gói tin đã gửi. Nếu gói tin dữ liệu là đúng thì cả quá trình truyền nhận đã thành công, nếu gói tin bị sai thì quá trình truyền nhận đó xem như gói tin bị sai DCU.

Mỗi lần thử bộ DCU sẽ gửi 100 gói tin, khoảng cách truyền là 100m trên đường dây điện xoay chiều 1 pha 220V, kết quả 10 lần thử được ghi lại như trong bảng 2.

Bảng 2. Bảng khảo sát hiệu suất truyền qua PLC

Lần thử	Gói tin DCU nhận lại	Gói tin đúng (*)	Sai ở SCU	Sai ở DCU
1	94	93	6	1
2	92	90	8	2
3	89	85	11	4
4	93	89	7	4
5	81	80	19	1
6	89	88	11	1
7	92	88	8	4
8	90	88	10	2
9	91	87	9	4
10	93	90	7	3

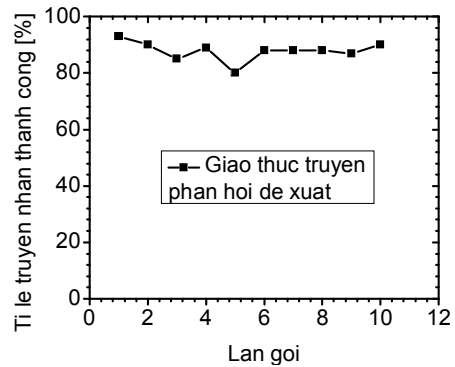
(\*): Tỷ lệ truyền thành công chính là số gói tin đúng/tổng gói tin gửi

Từ kết quả khảo sát trên cho thấy, hiệu suất truyền của hệ thống trên đường truyền PLC có thể đạt từ 80% đến 93%, tỷ lệ truyền nhận thành công chính là số gói tin nhận lại đúng ở DCU trên tổng số gói tin DCU đã gửi (hình 11).

Nguyên lý hoạt động của hệ thống, DCU sẽ gửi gói tin điều khiển đến SCU, SCU sẽ nhận thực hiện điều khiển và gửi phản hồi về DCU, DCU cập nhật trạng thái phản hồi về từ SCU. Quá trình truyền nhận không thành công sẽ xảy ra 2 trường hợp:

- Gói tin gửi từ DCU bị nhiễu, SCU nhận bị sai và không thực hiện gì. Trường hợp này sau khoảng thời gian chờ phản hồi không nhận lại được gói tin từ SCU, DCU tiếp tục gửi lại gói tin.
- Gói tin gửi từ SCU bị nhiễu, SCU đã nhận gói tin từ DCU, thực hiện lệnh điều khiển và gửi gói tin phản hồi nhưng DCU nhận sai nên không cập nhật lại trạng thái của SCU mà tiếp tục gửi lại gói tin.

Với 1000 gói tin gửi như trên, tỷ lệ truyền nhận thành công trung bình của hệ thống là 87,8%, độ tin cậy của hệ thống là chấp nhận được.



Hình 11. Tỷ lệ truyền thành công các gói tin

#### 4. KẾT LUẬN

Điểm mới của hệ thống tính toán chi phí điện trả trước với những điều khiển đòi hỏi sự tin cậy cao là thực hiện xây dựng phần mềm tính toán trên máy chủ đặt tại các công ty điện lực, thực hiện điều khiển đóng cắt điện khách hàng khi đến chỉ số điện đã trả trước thông qua các kênh thông tin GPRS và PLC, sử dụng giao thức truyền nhận có kiểm soát. Do đó, chi phí thực hiện là rất thấp so với đầu tư mới toàn bộ hệ thống công tơ có tính năng mua điện trả trước. Tỷ lệ truyền thành công các gói tin trong hệ thống lên tới 93%.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Mauro Tucci, Marco Raugi, and Li Bai, 2017. "Analysis of noise in in-home channels for narrowband power line communications". Environment and Electrical Engineering and 2017 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC/I&CPS Europe) Conference.
- [2]. Y. Yabuuchi et al., 2010. *Measurement and analysis of impulsive noise on in-vehicle power lines*. in Proc. IEEE ISPLC Appl.,..
- [3]. V. Degardin, M. Lienard, P. Degauque, E. Simon, and P. Laly, 2008. *Impulsive noise characterization of in-vehicle power line*. IEEE Trans. Electromagn. Compat., vol. 50, no. 4, pp. 861-868.
- [4]. Rozeha A. Rashid, Mohd Adib Sarijari, Mohd Rozaini Abd Rahim, 2008. "Flood transmission based protocol for home automation system via power line communication". ICCCE International Conference.
- [5]. Vo Minh Huan, 2017. "Energy management system with low power loss and reliable data transmission based on power line communication". Chuyên san Công nghệ Thông tin và Truyền thông, số 10.
- [6]. Quyết định số 268/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ, "Quyết định về biểu giá bán điện", 2011.
- [7]. M. Wassim Raad, Tarek Sheltami, M. Sallout, 2007. "A Smart Card Based Prepaid Electricity System". 2nd International Conference on Pervasive Computing and Applications, pp. 219 - 224.