

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/334623490>

# Automatic Water Meter Reading System for Buildings

Conference Paper · July 2019

CITATIONS

0

READS

36

1 author:



Thang Vu Chien

University of Information Technology and Communication

8 PUBLICATIONS 45 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Internet of Things and Applications [View project](#)

# Hệ thống đọc đồng hồ nước tự động cho các tòa nhà

## Automatic Water Meter Reading System for Buildings

Vũ Chiến Thắng  
Trường Đại học Công nghệ thông tin và Truyền thông, Đại học Thái Nguyên  
Email: [vc thang@ictu.edu.vn](mailto:vc thang@ictu.edu.vn)

### Abstract

This paper presents some results from designing and developing automatic water meter reading system for buildings based on the model of the Internet of Things. The author proposes a solution for designing automatic water meter reading devices that are mounted on existing water meters in the buildings. Automatic water meter reading devices use optical character recognition technology to transfer photos of the amount of water consumption into characters and send them to the gateway by dedicated radio wave which is unlicensed frequency bands under 1 GHz, then transmit to the server using MQTT protocol. Data collected from devices will be processed and displayed on the website, therefore both suppliers and customers could access to monitor the amount of water consumption, the result is to help users monitor more conveniently and detect promptly if there are leakage and waste of water.

### Keywords

Automatic meter reading, water meter reading device, internet of things, building automation system.

### Tóm tắt

Bài báo này trình bày một số kết quả thiết kế và triển khai hệ thống đọc đồng hồ nước tự động cho các tòa nhà theo mô hình Internet kết nối vạn vật. Tác giả đề xuất giải pháp thiết kế thiết bị đọc đồng hồ nước tự động được gắn trên các đồng hồ nước hiện tại trong tòa nhà. Các thiết bị đọc đồng hồ nước tự động sử dụng công nghệ nhận dạng ký tự quang học để chuyển ảnh chụp về lượng nước tiêu thụ thành các ký tự và gửi về trạm trung chuyển bằng sóng vô tuyến chuyên dụng băng tần không cấp phép dưới 1 GHz, từ đó chuyển tiếp về máy chủ theo giao thức MQTT. Dữ liệu thu thập từ các thiết bị sẽ được xử lý và hiển thị trên website cho phép nhà cung cấp và khách hàng đều có thể truy cập để theo dõi lượng nước đã sử dụng, giúp người dùng thuận tiện hơn trong việc theo dõi và kịp thời phát hiện nếu có sự rò rỉ và lãng phí.

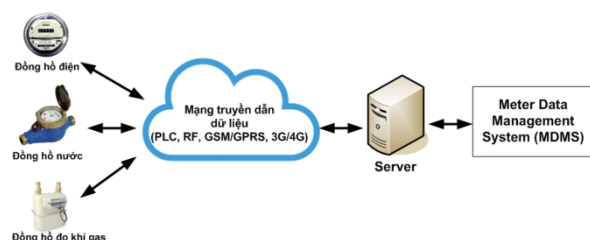
### Chữ viết tắt

AMR	Automatic Meter Reading
ARM	Advanced RISC Machines
DCMI	Digital Camera Interface
GSM	Global System for Mobile Communication
GPRS	General Packet Radio Service
MDMS	Meter Data Management System
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport
LAN	Local Area Network
LDO	Low-dropout
OCR	Optical Character Recognition
PLC	Power Line Communication
SPI	Serial Peripheral Interface

## 1. Phần mở đầu

Hiện nay, giải pháp đo lường tự động AMR đã và đang được nghiên cứu, ứng dụng tại nhiều nước trên

thế giới. Hạ tầng đo lường tự động AMR được định nghĩa bao gồm các thành phần phần cứng, phần mềm truyền thông, hệ thống mạng truyền dẫn và phần mềm quản lý dữ liệu. Các thành phần này được kết nối tạo thành mạng lưới giữa các thiết bị đo và các hệ thống tiện ích kinh doanh cho phép thu thập, phân phối thông tin cho khách hàng và các bên tham gia. Dữ liệu thiết bị đo được gửi tới hệ thống quản lý dữ liệu thiết bị đo MDMS [1]. Hệ thống MDMS có nhiệm vụ quản lý và phân tích dữ liệu được lưu trữ nhằm cung cấp thông tin hữu ích cho các tiện ích khách hàng. Hình 1 giới thiệu về các thành phần cấu thành nên hạ tầng đo lường tự động AMR.

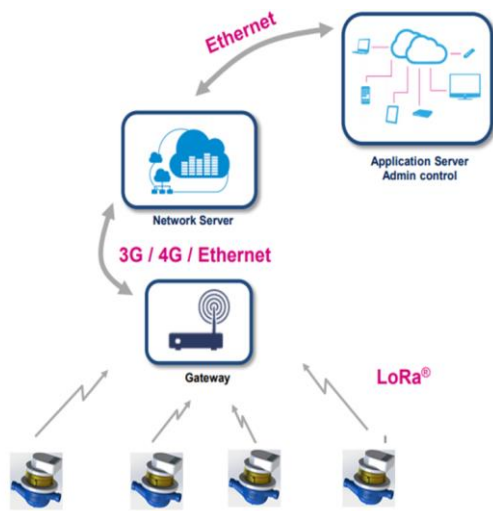


**H. 1** Các thành phần cấu thành nên hạ tầng đo lường tự động AMR

Trong hạ tầng đo lường tự động AMR, các thiết bị đo điện, nước, khí gas được triển khai tại các hộ gia đình và gửi dữ liệu về máy chủ thông qua các mạng truyền dẫn dữ liệu.

Trong bài báo này, tác giả đề xuất giải pháp thiết kế hệ thống đọc đồng hồ nước tự động cho các tòa nhà. Hình 2 là mô hình hệ thống. Các thiết bị đọc đồng hồ nước tự động được gắn trên các đồng hồ nước hiện tại và gửi dữ liệu về lượng nước tiêu thụ đến trạm trung chuyển (Gateway) qua chuẩn truyền thông không dây Lora. Gateway có nhiệm vụ thu thập và gửi dữ liệu về Server theo giao thức MQTT [2] bằng sóng vô tuyến dạng 3G/4G hoặc wifi hoặc dây

mạng LAN. Phần mềm ứng dụng trên Server có chức năng quản lý thiết bị đồng hồ nước, thu thập dữ liệu từ các đồng hồ nước và cung cấp các tiện ích cho người dùng.



**H. 2** Mô hình hệ thống đọc đồng hồ nước tự động cho các tòa nhà

Giải pháp được đề xuất trong bài báo này góp phần:

- Tránh thất thoát gây lãng phí tài nguyên nước: Cả đơn vị cung cấp và đối tượng sử dụng đều có thể kịp thời theo dõi và phát hiện nếu có sự rò rỉ, thất thoát gây lãng phí tài nguyên nước, có ý nghĩa lớn về mặt môi trường và xã hội.
- Khách hàng chủ động kiểm soát việc sử dụng nước của mình đang ở mức bao nhiêu, điều này sẽ giúp người dùng tiết kiệm. Do đó, tổng lượng nước sẽ được phân phối đều đến tất cả các nơi tiêu thụ, các sự cố về giờ cao điểm sẽ được hạn chế tối đa.
- Tiết kiệm thời gian và giảm thiểu nguồn lực vận hành, giảm chi phí nguồn nhân lực trong việc ghi lượng nước tiêu thụ tại các đồng hồ đo, tận dụng các đồng hồ đo hiện tại, không phải thay thế mới để tiết kiệm chi phí trong ngắn hạn và dần tiến tới thay thế trong tương lai.
- Tăng sự nhất quán, đồng bộ và thuận tiện trong quản lý, vận hành và sử dụng.
- Giúp quá trình phân tích thống kê dữ liệu được nhanh chóng, chính xác.

Về quy mô thị trường, giải pháp được đề xuất trong bài báo này có quy mô thị trường khổng lồ tại các khu chung cư. Ví dụ, khu đô thị Vinhomes Times City Hà Nội, hiện có hơn 23 tòa nhà chung cư, mỗi tòa có từ 400-520 căn hộ. Với chỉ một khu đô thị như trên, nếu khả năng xâm nhập thành công, nhu cầu của thị trường có thể lên tới 10.000 sản phẩm triển khai ban đầu.

Phần còn lại của bài báo được bố cục như sau: Đầu tiên, tác giả giới thiệu về một số nghiên cứu có liên quan; Tiếp theo, tác giả đề xuất giải pháp thiết kế thiết bị đọc đồng hồ nước tự động theo chuẩn truyền thông Lora; Một số kết quả tích hợp và thử nghiệm hệ

thống được trình bày trong mục 4 của bài báo; Cuối cùng, tác giả đưa ra một số kết luận cho bài báo.

## 2. Các nghiên cứu có liên quan

Trong bài báo [3], các tác giả đã giới thiệu tổng quát về hệ thống AMR, bắt đầu từ việc thảo luận những lợi ích tiềm năng cho đến việc giới thiệu các giai đoạn phát triển của hệ thống AMR. Các tác giả cũng đã giới thiệu bốn kiểu mạng truyền thông AMR chính bao gồm: Mạng truyền dẫn trên đường dây tải điện (PLC), mạng di động tế bào, mạng điện thoại/Internet và mạng truyền dẫn vô tuyến khoảng cách ngắn như WiFi, Bluetooth, Zigbee/IEEE 802.15.4. Hiện tại, các công nghệ truyền thông không dây đang được sử dụng rộng rãi với những ưu điểm như chi phí thấp, dễ dàng triển khai. Ngoài ra, cấu trúc của hệ thống AMR không dây cũng đơn giản hơn và tiết kiệm chi phí về nguồn lực lao động hơn so với hệ thống AMR có dây.

Trong bài báo [4], với sự cộng tác của phòng Lab viễn thông Italia, các tác giả đã chế tạo một sản phẩm mẫu cho giải pháp đo lường nước thông minh. Các thiết bị đo được thiết kế hoạt động ở tần số vô tuyến 169MHz. Các đồng hồ đo nước thông minh đo lượng nước tiêu thụ thông qua bộ cảm biến hiệu ứng Hall và gửi dữ liệu đo được về một Gateway được kết nối với mạng GSM/GPRS.

Trong bài báo [5], các tác giả đã đề xuất một hệ thống tự động đo điện năng tiêu thụ dựa trên sự kết hợp của công nghệ truyền thông GSM/GPRS và Zigbee/IEEE 802.15.4. Trong hệ thống này, các module truyền thông Zigbee/IEEE 802.15.4 được gắn trên các đồng hồ đo để gửi dữ liệu đo về điểm thu thập dữ liệu.

Công nghệ truyền thông qua đường dây điện được giới thiệu trong bài báo [6], [7] cũng là một giải pháp truyền dẫn tốt cho các hệ thống AMR với các ưu điểm như không cần bổ sung thêm cơ sở hạ tầng đường dây mới, kết nối thuận tiện, tốc độ cao. Tuy nhiên, các hệ thống sử dụng công nghệ truyền thông này có chi phí cao bởi vì nó yêu cầu nhiều thành phần khác ví dụ như bộ thu thập, bộ tập trung và các trạm chủ.

Trong bài báo [8], các tác giả đã trình bày về hệ thống đọc dữ liệu từ các đồng hồ nước dựa trên công nghệ Zigbee/IEEE 802.15.4. Hệ thống này gồm 2 phần chính. Phần lớp mạng phía dưới bao gồm các đồng hồ nước thông minh, các thiết bị thu thập dữ liệu và các bộ tập trung dữ liệu. Phần lớp mạng phía trên bao gồm các máy tính, máy chủ để quản lý thông tin, hiển thị dữ liệu, in ấn báo cáo. Ở bài báo [8], các tác giả tập trung nghiên cứu cấu trúc mạng hình sao và các đồng hồ nước thông minh gửi trực tiếp dữ liệu về thiết bị thu thập dữ liệu. Một nhược điểm khi triển khai hệ thống này trong các tòa nhà đó là chuẩn truyền thông IEEE 802.15.4 hoạt động ở dải tần số không cấp phép 2,4 GHz, bị ảnh hưởng nhiều bởi nhiễu từ các mạng không dây khác và khả năng truyền sóng trong tòa nhà cũng bị hạn chế. Do vậy, số lượng các bộ tập trung dữ liệu cần phải được triển khai rộng khắp ở tất cả các tầng trong tòa nhà.

### 3. Thiết bị đọc đồng hồ nước tự động theo chuẩn truyền thông Lora

#### 3.1 Giới thiệu ý tưởng của giải pháp

Trong bài báo này, tác giả giới thiệu giải pháp thiết kế thiết bị đọc đồng hồ nước tự động sử dụng kỹ thuật nhận dạng ký tự quang học từ đó chuyển tiếp kết quả về trung tâm bằng sóng vô tuyến theo chuẩn Lora. Thiết bị đọc đồng hồ nước tự động sử dụng công nghệ nhận dạng ký tự quang học OCR (Optical Character Recognition) để chuyển ảnh chụp về lượng nước tiêu thụ thành các ký tự rồi gửi về trạm trung chuyển bằng sóng vô tuyến và từ đó chuyển tiếp dữ liệu đến Server. Thiết bị gồm hai thành phần chính:

- **Phần đọc chỉ số thông minh sử dụng công nghệ OCR bao gồm:** Camera khối loại nhỏ đã gồm thấu kính để chụp ảnh về lượng nước tiêu thụ; bộ vi điều khiển trung tâm loại tiêu thụ năng lượng thấp để kích hoạt camera chụp ảnh và tắt camera để tiết kiệm năng lượng, sau đó nhận và xử lý ảnh từ camera chuyển thành dạng ký tự; mô đun truyền thông theo chuẩn truyền thông Lora để truyền các ký tự đã được xử lý về trạm trung chuyển; khối nguồn sử dụng nguồn LDO và cấp nguồn pin; phần vỏ hộp được thiết kế bằng nhựa hoặc kim loại chuyên dụng chịu được va đập, độ bền cao, chịu nước theo chuẩn IP68.
- **Phần khớp nối thay đổi được kích thước:** Thành phần này để ghép nối phần đọc chỉ số một cách linh hoạt vào các loại đồng hồ có kích thước khác nhau.

Hình 3 minh họa cách lắp đặt thiết bị đọc đồng hồ nước tự động vào một đồng hồ nước hiện tại.



**H. 3** Lắp đặt thiết bị đọc đồng hồ nước tự động vào một đồng hồ nước hiện tại

Giải pháp được đề xuất trong bài báo này có một số tính sáng tạo như sau:

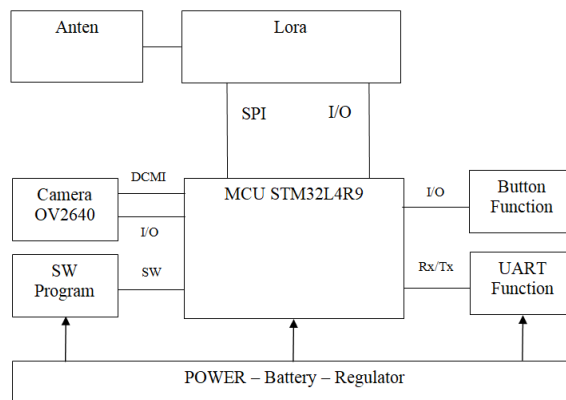
- Việc thiết kế add-on gắn thêm có ưu điểm là dễ tháo lắp, chi phí rẻ hơn so với việc can thiệp hay thay thế đồng hồ. Hơn nữa, các thiết bị đọc đồng hồ nước tự động có thể được điều chỉnh cho nhiều thiết kế khác nhau. Hiện nay, chưa có loại thiết bị nào có thể sử dụng để đọc chung được tất cả các loại đồng hồ nước, điện, khí gas đang có sẵn trên thị trường mà không phải can thiệp vào đồng hồ hiện tại.
- Sử dụng công nghệ nhận dạng ký tự quang học OCR để chuyển ảnh chụp về lượng nước tiêu thụ thành các ký tự.
- Sản phẩm thiết kế trên nền tảng bộ vi điều khiển lõi Arm® Cortex®-M4 32-bit RISC, với thuật

toán được viết riêng giúp giảm giá thành và tăng tính linh hoạt.

- Dữ liệu thu thập từ các thiết bị đo sẽ được xử lý và hiển thị trên website giúp nhà cung cấp và khách hàng đều có thể truy cập để theo dõi lượng nước đã sử dụng, giúp người dùng thuận tiện hơn trong việc theo dõi và kịp thời phát hiện nếu có sự rò rỉ và lãng phí.

#### 3.2 Sơ đồ khối và nguyên lý hoạt động

Hình 4 minh họa sơ đồ khối của thiết bị đọc đồng hồ nước tự động theo chuẩn truyền thông Lora.



**H. 4** Sơ đồ khối thiết bị đọc đồng hồ nước tự động

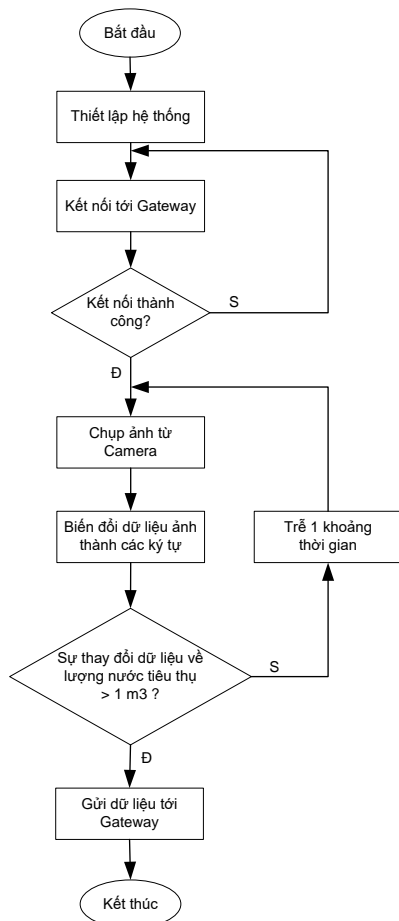
Thiết bị bao gồm các khối chính như sau:

- Bộ vi điều khiển (MCU) nhúng sử dụng chip STM32L4R9 nền tảng ARM có hỗ trợ hệ thống kết nối chuẩn Camera DCMI. Đây là một bộ vi điều khiển tiết kiệm năng lượng với nhiều chế độ công suất khác nhau. Nguồn cấp cho bộ vi điều khiển hoạt động là nguồn 3,3V.
- Khối Camera được cấp nguồn 1.5V cho nguồn MCU của Camera và nguồn 2.8V cho các khối giao tiếp Camera. Tần số sử dụng cho Camera được lấy từ thạch anh bên ngoài có tần số 24Mhz. Trên mạch camera có kèm theo kết nối 02 nút nhấn và 03 đèn LED phục vụ việc cài đặt và thông báo trạng thái của mạch. Khối này kết nối với MCU thông qua chuẩn DCMI.
- Khối truyền thông Lora được kết nối với chân bộ vi điều khiển thông qua chuẩn SPI, ngoài ra còn có chân kết nối I/O để điều khiển.
- Khối nguồn sử dụng 02 PINAA, có điện áp khoảng 3.6V. Nguồn cấp từ PIN được ổn định điện áp về 3.3V, từ điện áp 3.3V sẽ hạ áp xuống các cấp 1.5V và 2.8V nuôi cho các thiết bị khác.

#### 3.3 Lưu đồ thuật toán phần mềm nhúng trên bộ vi điều khiển Arm® Cortex®-M4 32-bit RISC

Để đảm bảo thời gian hoạt động cho thiết bị, lưu đồ thuật toán phần mềm nhúng trên bộ vi điều khiển cần được thiết kế tối ưu để tiết kiệm năng lượng tiêu thụ. Một trong những thành phần tiêu thụ nhiều năng lượng trong cấu trúc phần cứng của thiết bị đọc đồng hồ nước tự động đó là bộ thu phát vô tuyến. Thuật

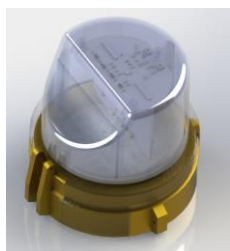
toán phần mềm nhúng được thiết kế tối ưu nhằm tối thiểu lưu lượng bản tin dữ liệu được truyền/nhận trong mạng nhưng vẫn đảm bảo được yêu cầu của hệ thống. Lưu đồ thuật toán phần mềm nhúng được đề xuất ở hình 5 cho thấy, bản tin dữ liệu về lượng nước tiêu thụ chỉ được gửi về Gateway khi có sự chênh lệch về lượng nước tiêu thụ giữa hai lần gửi liên tiếp nhau lớn hơn  $1 \text{ m}^3$ . Điều này giúp cho người dùng vẫn giám sát được lượng nước sử dụng hằng ngày đồng thời tiết kiệm được năng lượng tiêu thụ cho thiết bị phân cứng.



H. 5 Lưu đồ thuật toán gửi một bản tin dữ liệu đến Gateway

### 3.4 Thông số kỹ thuật của thiết bị

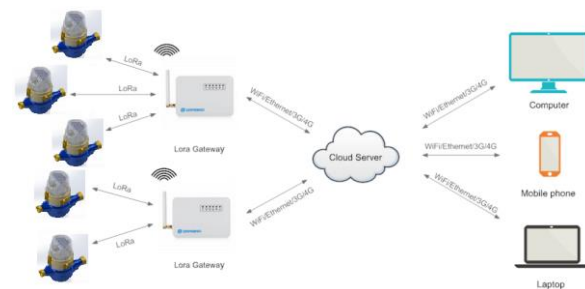
Hình 6 minh họa sản phẩm thiết bị đọc đồng hồ nước tự động đã được thiết kế và chế tạo thử nghiệm.



H. 6 Thiết bị đọc đồng hồ nước tự động

Thiết bị này có một vài thông số kỹ thuật quan trọng như sau:

- Đây là một thiết bị công suất thấp, sử dụng nguồn PIN 3.6V dòng 5200mAh có khả năng hoạt động trong khoảng thời gian 2 năm liên tục.
- Thiết bị sử dụng bộ truyền thông Lora ở dải tần số 433Mhz. Khoảng cách truyền tối đa trong điều kiện không có vật cản là 3 km. Do đó, có thể mở rộng vùng kết nối của một Gateway. Mỗi Gateway có thể kết nối tới 200 thiết bị đọc đồng hồ nước khác nhau. Trong trường hợp hệ thống có số lượng điểm thu thập lớn thì hệ thống sẽ được phân vùng kết nối với nhiều Gateway khác nhau (hình 7).



H. 7 Mô hình phân vùng kết nối hệ thống

## 4. Tích hợp và thử nghiệm hệ thống

Để tích hợp và thử nghiệm hệ thống, một phần mềm quản lý trên Server được xây dựng để thu thập, xử lý và hiển thị dữ liệu cho người dùng. Hình 8 là giao diện phần mềm quản lý trên Server. Phần mềm quản lý cung cấp các công cụ cho ban quản trị tòa nhà, các công ty cung cấp nước sạch quản lý khách hàng của mình, tính hóa đơn tiền nước, đồng thời quản lý công nợ và quản lý thanh toán hóa đơn tiền nước của khách hàng.

Phần mềm quản lý trên Server được xây dựng bao gồm các phân hệ chức năng chính như sau:

- Phân hệ quản lý tài khoản người dùng: Có chức năng quản lý tài khoản người dùng khi đăng nhập hệ thống, phân quyền cho người dùng.
- Phân hệ quản lý khách hàng: Giúp nhà cung cấp nước sạch, ban quản trị tòa nhà quản lý đầu nối và làm dịch vụ cho khách hàng; quản lý hồ sơ hợp đồng của khách hàng; quản lý khiếu nại khách hàng.
- Phân hệ quản lý thiết bị: Giúp cho nhà cung cấp nước sạch, ban quản trị tòa nhà quản lý các thiết bị đọc đồng hồ nước cho từng khách hàng. Khi một thiết bị mới được thêm vào hệ thống thì thiết bị mới này cũng được gán với một hợp đồng khách hàng cụ thể trong tòa nhà.
- Phân hệ quản lý báo cáo: Giúp nhà cung cấp nước sạch, ban quản trị tòa nhà giám sát được tổng lượng nước tiêu thụ trong tòa nhà, kết xuất hóa đơn tiền nước hàng tháng cho khách hàng, quản lý thanh toán cho khách hàng; giúp khách hàng giám sát được lượng nước tiêu thụ theo thời gian thực, tra cứu hóa đơn tiền nước hàng tháng.





H. 8 Giao diện phần mềm quản lý trên Server

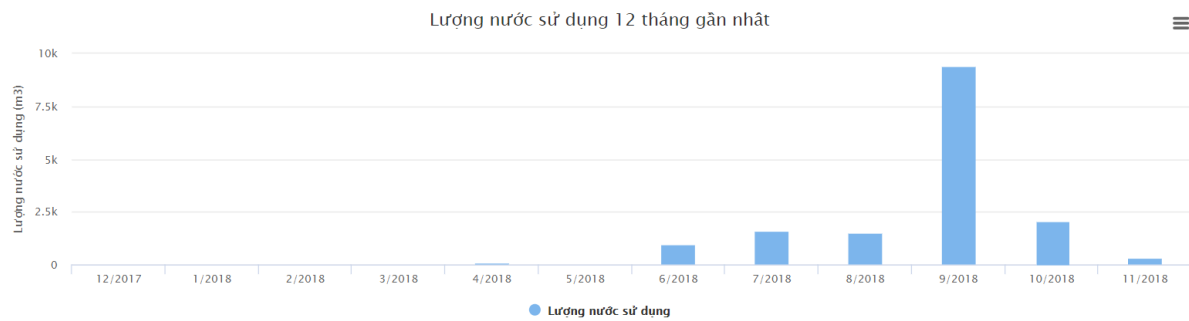
This screenshot displays the 'Quản lý khách hàng cá nhân' (Personal Customer Management) form. It includes input fields for: Tên khách hàng (Customer Name), Mã khách hàng (Customer Code), Số chứng minh thư nhân dân (ID Card Number), Số điện thoại (Phone Number), Địa chỉ (Address), Tỉnh/Thành phố (Province/City), Quận/huyện/thị xã (District/City/Township), and Khu vực (Area). Below the form are two buttons: 'Thêm mới' (Add New) and 'Quay lại' (Go Back).

H. 9 Giao diện chức năng quản lý khách hàng cá nhân: Thêm mới khách hàng

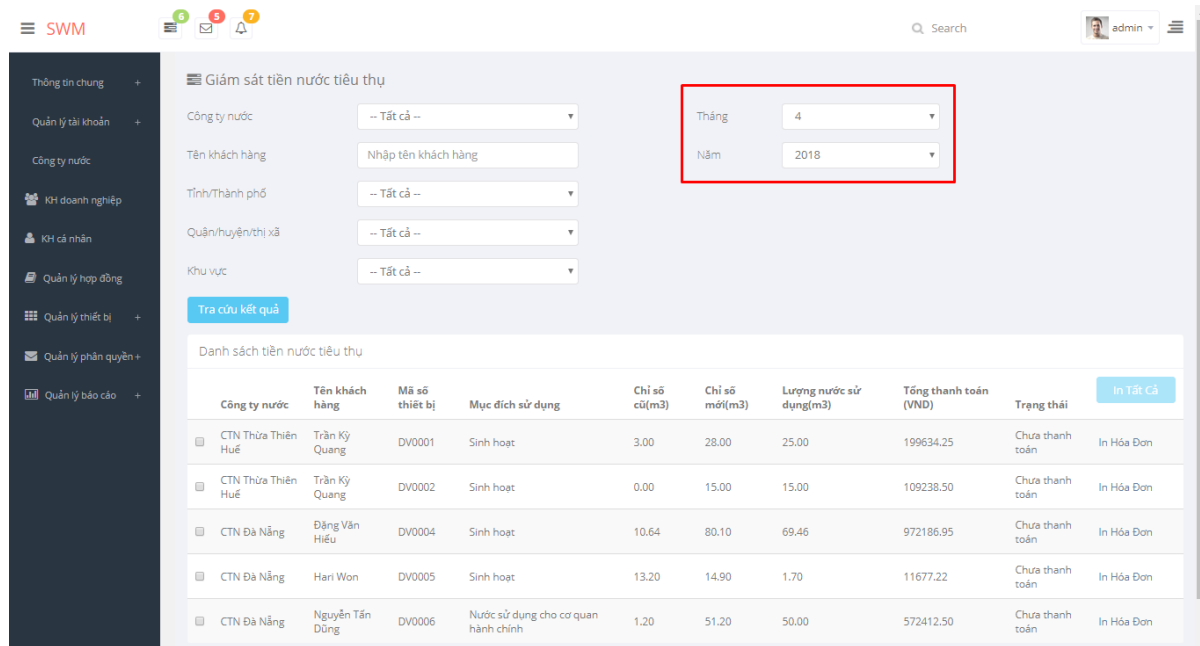
This screenshot shows the 'Quản lý đồng hồ đo nước' (Water Meter Management) interface. It includes a 'THÊM MỚI' (Add New) button and a 'Xóa' (Delete) button. Below is a table titled 'Danh sách thiết bị' (Equipment List) with columns for Khu vực (Area), Mã thiết bị (Equipment Code), Tỉnh/thành phố (Province/City), Quận/huyện/thị xã (District/City/Township), and Ngày lắp đặt (Installation Date). The table contains five rows of data, each with a 'Get Token' button. At the bottom right, there is a pagination control showing 'First', 'Previous', '1', '2', 'Next', and 'Last'.

Khu vực	Mã thiết bị	Tỉnh/thành phố	Quận/huyện/thị xã	Ngày lắp đặt
Đà Nẵng	DV0002	Đà Nẵng	Hải Châu	01/05/2018
Đà Nẵng	DV0006	Đà Nẵng	Hải Châu	01/05/2018
Đà Nẵng	DV0004	Đà Nẵng	Hải Châu	01/05/2018
Đà Nẵng	DV0005	Đà Nẵng	Hải Châu	01/04/2018
Phước Cát	DV0003	Thừa Thiên Huế	Thành Phố Huế	15/05/2018

H. 10 Giao diện chức năng quản lý đồng hồ nước



H. 11 Giao diện chức năng giám sát tổng lượng nước tiêu thụ



H. 12 Giao diện chức năng giám sát lượng nước tiêu thụ và in hóa đơn tiền nước của từng khách hàng

Hình 9, 10, 11, 12 lần lượt là giao diện chức năng quản lý khách hàng cá nhân khi thực hiện thao tác thêm khách hàng mới, giao diện chức năng quản lý đồng hồ nước, giao diện chức năng giám sát tổng lượng nước tiêu thụ, giao diện chức năng giám sát lượng nước tiêu thụ và in hóa đơn tiền nước của từng khách hàng. Kết quả tích hợp và thử nghiệm cho thấy hệ thống hoạt động ổn định, đáp ứng được các yêu cầu đặt ra.

## 5. Kết luận

Trong bài báo này, tác giả đã đề xuất giải pháp xây dựng hệ thống đọc đồng hồ nước tự động cho các tòa nhà. Hệ thống bao gồm các thiết bị đọc đồng hồ nước tự động sử dụng kỹ thuật nhận dạng ký tự quang học và phần mềm quản lý trên Server. Giải pháp này đã khắc phục được những hạn chế đang tồn tại trong quá trình quản lý, ghi đọc hóa đơn nước hoàn toàn thủ công như hiện nay đó là vấn đề thất thoát nước, tốn kém nguồn nhân lực, độ chính xác chưa tối ưu, thiếu đồng bộ và tính ứng dụng công nghệ còn kém. Giải pháp mang lại lợi ích thiết thực cho cộng đồng, có tính thương mại hóa, tính thực thi cao góp phần tiết

kiệm tài nguyên nước, bảo vệ môi trường, tạo ra thay đổi tích cực và bền vững cho Việt Nam.

## Lời cảm ơn

Tôi xin được gửi lời cảm ơn đến Đại học Thái Nguyên đã hỗ trợ kinh phí cho tôi thực hiện nghiên cứu này. Bài báo này là sản phẩm của đề tài “Nghiên cứu và phát triển hệ thống thông minh phục vụ đo lường tự động tại các nhà máy nước”, mã số ĐH2017-TN07-01.ĐH.

## Tài liệu tham khảo

- [1] Omowunmi M. Longe, Khmaies Ouahada, Hendrick C. Ferreira, Suvendi Rimer, “Wireless Sensor Networks and Advanced Metering Infrastructure Deployment in Smart Grid”, Proceedings of International Conference on e-Infrastructure and e-Services for Developing Countries, pp. 167-171, 2013.
- [2] Muneer Bani Yassein, Mohammed Q. Shatnawi, Shadi Aljwarneh, Razan Al-Hatmi, “Internet of Things: Survey and open issues of MQTT

- protocol*", in 2017 International Conference on Engineering & MIS, pp. 1-6.
- [3] Tarek Khalifa, Kshirasagar Naik, Amiya Nayak, "A Survey of Communication Protocols for Automatic Meter Reading Applications", in IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol.13, no.2, pp.168-182, 2011.
- [4] Gabrielli, Pizzichini, Spinsante, Squartini, Gavazzi, "Smart water grids for smart cities: A sustainable prototype demonstrator", Proceedings of 2014 European Conference on Networks and Communications, pp.1-5, 2014.
- [5] Aryo Handoko Primicanta, Mohd Yunus, and Mohammad Awan, "Hybrid Automatic Meter Reading System", Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Technology and Development, vol.2, pp. 264-267, 2009.
- [6] Qingyang Liu, Bingzhen Zhao, Yirong Wang, Jing Hu, "Experience of AMR systems based on BPL in China", Proceedings of the IEEE International Symposium on Power Line Communications and Its Applications, pp. 280-284, 2009.
- [7] Mingfu Li and Hung-Ju Lin, "Design and Implementation of Smart Home Control Systems Based on Wireless Sensor Networks and Power Line Communications", IEEE Transactions on Industrial Electronics, pp. 4430-4442, 2014.
- [8] Baoding Zhang, Jialei Liu, "A Kind of Design Schema of Wireless Smart Water Meter Reading System Based on Zigbee Technology", 2010 International Conference on E-Product E-Service and E-Entertainment, pp. 98-100.



**Vũ Chiến Thắng** sinh năm 1983 tại Thái Nguyên, Việt Nam. Anh nhận bằng Kỹ sư về *Điện tử Viễn thông* của trường Đại học Bách Khoa Hà Nội năm 2006, Thạc sĩ về *Kỹ thuật Điện tử* của trường Đại học Bách Khoa Hà Nội năm 2008. Anh nhận bằng Tiến sĩ về *Điện tử Viễn thông* của Viện nghiên cứu Điện tử, Tin học, Tự động hóa năm 2015. Từ năm 2006 đến nay, anh là Giảng viên của trường Đại học Công nghệ Thông tin và Truyền thông (ICTU), Đại học Thái Nguyên. Hướng nghiên cứu chính là thiết kế và thực hiện các hệ thống đo lường, điều khiển, các hệ thống nhúng và mạng Internet kết nối vạn vật.