

## **LỜI CAM ĐOAN**

Tên tôi là: Homenabounlat Chanh, học viên lớp cao học K17 – Khoa học máy tính – Trường đại học Công nghệ thông tin và Truyền thông Thái Nguyên.

Tôi xin cam đoan đề tài “Nghiên cứu hệ điều hành mã nguồn mở Contiki cho mạng cảm biến không dây và ứng dụng trong hệ thống nông nghiệp chính xác tại Lào” do Thầy giáo TS. Vũ Chiến Thắng hướng dẫn, là công trình nghiên cứu do bản thân tôi thực hiện, dựa trên sự hướng dẫn của Thầy giáo hướng dẫn khoa học và các tài liệu tham khảo đã trích dẫn.

Tôi xin chịu trách nhiệm với lời cam đoan của mình.

Thái Nguyên, năm 2020

**Học viên**

**Homenabounlat Chanh**

## LỜI CẢM ƠN

Để hoàn thành luận văn này, trong suốt quá trình thực hiện đề tài nghiên cứu, tôi luôn nhận được sự quan tâm giúp đỡ của:

Thầy giáo hướng dẫn trực tiếp TS. Vũ Chiến Thắng, đã giúp đỡ tận tình về phương hướng và phương pháp nghiên cứu cũng như hoàn thiện luận văn.

Các thầy, cô giáo trong khoa Công nghệ thông tin, Trường đại học Công nghệ thông tin và Truyền thông – Đại học Thái Nguyên đã tạo điều kiện về thời gian, địa điểm nghiên cứu, phương tiện vật chất cho tác giả.

Tôi xin bày tỏ lời cảm ơn chân thành đến tất cả những sự giúp đỡ quý báu đó.

Thái Nguyên, năm 2020

**Học viên**

**Homenabounlat Chanh**

## MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN .....	i
LỜI CẢM ƠN .....	ii
MỤC LỤC .....	iii
DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU .....	viii
DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ.....	ix
MỞ ĐẦU .....	xi
Chương 1. TỔNG QUAN VỀ MẠNG CẢM BIẾN KHÔNG DÂY .....	1
1.1. Khái niệm về mạng cảm biến không dây .....	1
1.2. Những thách thức đối với mạng cảm biến không dây.....	2
1.2.1. Những thách thức ở cấp độ nút.....	2
1.2.2. Những thách thức ở cấp độ mạng .....	3
1.2.3. Sự chuẩn hóa.....	6
1.2.2. Khả năng cộng tác .....	7
1.3. Kiến trúc ngăn xếp giao thức của mạng cảm biến không dây.....	7
1.3.1. Lớp vật lý .....	9
1.3.2. Lớp liên kết dữ liệu.....	9
1.3.3. Lớp mạng .....	10
1.3.4. Lớp giao vận .....	11
1.3.5. Lớp ứng dụng.....	11
1.4. Chuẩn truyền thông IEEE 802.15.4 cho mạng cảm biến không dây .....	12
1.4.1. Mô hình truyền thông trong mạng cảm biến không dây.....	12
1.4.2. Chuẩn truyền thông vật lý cho mạng cảm biến không dây .....	14
1.5. Cấu trúc phần cứng của nút cảm biến không dây.....	21
1.6. Phần mềm cho các nút mạng cảm biến không dây .....	23
1.6.1. Hệ điều hành cho mạng cảm biến không dây.....	24
1.6.2. Những thách thức ảnh hưởng đến việc thiết kế hệ điều hành cho mạng cảm biến không dây .....	24
1.7. Kết luận chương 1 .....	25
Chương 2. HỆ ĐIỀU HÀNH MÃ NGUỒN MỞ CONTIKI .....	26
2.1. Giới thiệu về hệ điều hành Contiki.....	26
2.2. Cấu trúc hệ điều hành Contiki .....	27

2.3. Ngăn xếp truyền thông trong hệ điều hành Contiki .....	28
2.3.1. Ngăn xếp truyền thông uIP .....	29
2.3.2. Ngăn xếp truyền thông RIME.....	30
2.4. Mô hình lập trình trong hệ điều hành Contiki .....	31
2.4.1. Mô hình lập trình Event-driven .....	31
2.4.2. Mô hình lập trình Multithreads.....	32
2.4.3. Mô hình lập trình Protothreads .....	32
2.4.4. So sánh ba mô hình lập trình trong hệ điều hành Contiki .....	33
2.5. Các bộ định thời trong hệ điều hành Contiki .....	34
2.6. Cài đặt môi trường phát triển với hệ điều hành Contiki.....	35
2.7. Kết luận chương 2 .....	37
<b>Chương 3. ỨNG DỤNG THU THẬP DỮ LIỆU TRONG NÔNG NGHIỆP CHÍNH XÁC TẠI LÀO .....</b>	<b>38</b>
3.1. Mô hình hệ thống thu thập dữ liệu trong nông nghiệp chính xác tại Lào .....	38
3.1.1. Giới thiệu về nông nghiệp chính xác .....	38
3.1.2. Mô hình hệ thống thu thập dữ liệu trong nông nghiệp chính xác tại Lào .....	39
3.2. Phần cứng Tmote Sky cho ứng dụng nông nghiệp chính xác .....	40
3.3. Giao thức truyền thông cây thu thập dữ liệu CTP .....	41
3.3.1. Giới thiệu giao thức CTP .....	41
3.3.2. Thước đo định tuyến được sử dụng trong giao thức CTP .....	43
3.3.3. Cấu trúc các bản tin trong giao thức CTP.....	43
3.3.4. Các thành phần chính của giao thức CTP.....	46
3.4. Thực thi giao thức CTP trên hệ điều hành Contiki .....	47
3.4.1. Ngăn xếp truyền thông RIME.....	47
3.4.2. Các thành phần .....	49
3.4.3. Hoạt động.....	50
3.5. Mô phỏng hệ thống thu thập dữ liệu trong nông nghiệp chính xác với công cụ mô phỏng Cooja .....	53
3.5.1. Công cụ mô phỏng Cooja .....	54
3.5.2. Mô hình nhiễu trong Cooja.....	54
3.5.3. Kịch bản mô phỏng đánh giá .....	57
3.5.4. Các thước đo đánh giá .....	59
3.5.5. Kết quả đánh giá .....	60
3.6. Kết luận chương 3 .....	63

KẾT LUẬN .....	64
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	65

## DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT

Chữ viết tắt	Chữ đầy đủ
ACK	Acknowledgement
ARQ	Automatic Repeat Request
API	Application Programming Interface
CCA	Clear Channel Assessment
CTP	Collection Tree Protocol
ETX	Expected Transmission
FFDs	Full Function Devices
ICMP	Internet Control Message Protocol
IP	Internet Protocol
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
MAC	Medium Access Control
RAM	Random Access Memory
RFDs	Reduced Function Devices
EC	Error Control
FEC	Forward Error Control
PAN	Personal Area Network
TDMA	Time Division multiple access
TCP	Transport Control Protocol
UDP	User Datagram Protocol
UDG	Unit Disk Graph
UDI	UDG with Distance Interference

WiFi	Wireless Fidelity
WSN	Wireless Sensor Network

## DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU

Bảng 3.1: Kịch bản đánh giá mô phỏng.....	58
Bảng 3.2: Mô hình năng lượng của Tmote Sky tại công suất phát là 0dBm. ....	60



## DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ

Hình 1.1: Mạng cảm biến không dây với các nút cảm biến phân bố rải rác trong trường cảm biến.....	1
Hình 1.2: Kiến trúc ngăn xếp giao thức mạng cảm biến không dây.....	8
Hình 1.3: Mô hình truyền thông Điểm - Điểm trong mạng cảm biến không dây.....	12
Hình 1.4: Mô hình truyền thông Điểm - Đa điểm trong mạng cảm biến không dây.....	12
Hình 1.5: Mô hình truyền thông Đa điểm - Điểm trong mạng cảm biến không dây.....	14
Hình 1.6: Một mạng IEEE 802.15.4 với các nút FFDs thể hiện như các chấm đen và các nút RFDs thể hiện bởi các chấm trắng. Hai FFDs là điều phối viên PAN trong hai mạng PAN được biểu diễn bởi những vòng tròn đen. Mạng PAN bên phải bao gồm hai FFDs nhưng chỉ một FFD là điều phối viên PAN. ....	15
Hình 1.7: Hai định dạng địa chỉ hỗ trợ IEEE 802.15.4 là địa chỉ dài (64 bit) và địa chỉ ngắn (16 bit). ....	16
Hình 1.8: Chuẩn IEEE 802.15.4 quy định 26 kênh vô tuyến vật lý.....	18
Hình 1.9: Các kênh 11-24 IEEE 802.15.4 chồng chéo lên các kênh 802.11. Kênh 25 và 26 không được bao bọc bởi các kênh 802.11. Khi các kênh 1, 6 và 11 của 802.11 được sử dụng, hai kênh 15 và 20 của 802.15.4 không bị ảnh hưởng bởi 802.11. ....	18
Hình 1.10: Lớp vật lý IEEE 802.15.4 và các định dạng tiêu đề lớp MAC. ....	20
Hình 1.11: Các thành phần chính trong cấu trúc phần cứng của một nút cảm biến không dây. ....	22
Hình 1.12: Bo mạch MicaZ của hãng Crossbow Technology. ....	22
Hình 1.13: Quá trình phát triển phần mềm cho một nút cảm biến không dây. Mã nguồn được biên dịch thành mã máy và được ghi vào ROM trong bộ vi điều khiển của nút cảm biến.....	23
Hình 2.1: Lịch sử phát triển Contiki. ....	26
Hình 2.2: Kiến trúc giao thức mạng trong Contiki. ....	28
Hình 2.3: Sơ đồ hoạt động các ứng dụng trong Contiki. ....	29
Hình 2.4: Ngăn xếp truyền thông uIP. ....	29

Hình 2.5: Tổ chức của RIME.....	30
Hình 2.6: Bộ đệm và Thao tác gói trong RIME.....	31
Hình 2.7: Phương thức sử dụng bộ nhớ của Multithreads và Event-driven. ....	33
Hình 2.8: Các luồng điều khiển trong Multithreads và Event-driven.....	33
Hình 2.9: Ví dụ về lập trình đa luồng (trái) và lập trình hướng sự kiện (phải).....	34
Hình 2.10: Ví dụ của lập trình Protothreads. ....	34
Hình 2.11: Giao diện VMware Player. ....	35
Hình 2.12: Chọn đường dẫn đến Instant-Contiki.....	36
Hình 2.13: Giao diện đăng nhập username. ....	36
Hình 2.14: Giao diện nhập Password.....	37
Hình 2.15: Giao diện Instant-Contiki được cài trên Ubuntu.....	37
Hình 3.1: Mô hình hệ thống thu thập dữ liệu và điều khiển tưới chính xác trong nhà kính.....	40
Hình 3.2. phần cứng Tmote Sky. ....	41
Hình 3.3: Cấu trúc liên kết mạng được xây dựng theo giao thức CTP.....	42
Hình 3.8: Giao thức CTP được xây dựng trên ngăn xếp truyền thông RIME trong Contiki.....	48
Hình 3.9: Quá trình xử lý một số sự kiện trong giao thức CTP.....	52
Hình 3.10: Lưu đồ thuật toán Thêm/Cập nhật rtmetric của nút lân cận. ....	53
Hình 3.11: Công cụ mô phỏng Cooja. ....	54
Hình 3.12: Mô hình UDI [16]. ....	56
Hình 3.13: Cấu trúc liên kết mạng được xét đến trong bài toán mô phỏng.....	57