

ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI



ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

ĐỒ ÁN HỆ THỐNG GIÁM SÁT VÀ THÔNG BÁO REAL-TIME TÌNH TRẠNG LŨ LỤT, SẠT LỎ ĐẤT Ở CÁC KHU VỰC MIỀN NÚI

LÊ VĂN CÔNG

cong.lv210128@sis.hust.edu.vn

Ngành Kỹ thuật Điều khiển và Tự động hóa

Giảng viên hướng dẫn: PGS.TS Lê Minh Thùy

Chữ ký của GVHD

Khoa: Tự động hóa

Trường: Điện - Điện tử

Hà Nội, 08/2025

**NHIỆM VỤ
ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP**

Họ và tên sinh viên: Lê Văn Công

Khóa: K66

Trường: Điện – Điện tử

Ngành: KT ĐK & TĐH

1. Tên đề tài

.....
.....

2. Nội dung đề tài

.....
.....
.....
.....

3. Thời gian giao đề tài: dd/mm/2025

4. Thời gian hoàn thành: dd/mm/2025

Ngày (dd) tháng (mm) năm 2025

CÁN BỘ HƯỚNG DẪN

Lê Minh Thùy

LỜI CẢM ƠN

Đây là mục tùy chọn, nên viết phần cảm ơn ngắn gọn, tránh dùng các từ sáo rỗng.

Hà Nội, ngày 05 tháng 07 năm 2025

Sinh viên thực hiện

Lê Văn Công

TÓM TẮT ĐỒ ÁN

Tóm tắt nội dung của đồ án tốt nghiệp trong khoảng tối đa 300 chữ. Phần tóm tắt cần nêu được các ý: vấn đề cần thực hiện; phương pháp thực hiện; công cụ sử dụng (phần mềm, phần cứng...); kết quả của đồ án có phù hợp với các vấn đề đã đặt ra hay không; tính thực tế của đồ án, định hướng phát triển mở rộng của đồ án (nếu có); các kiến thức và kỹ năng mà sinh viên đã đạt được.

MỤC LỤC

CHƯƠNG 1. GIỚI THIỆU CHUNG	1
1.1 Bối cảnh và lý do chọn đề tài	1
1.2 Mục tiêu nghiên cứu và thiết kế	1
1.3 Phạm vi đề án	1
1.4 Phương pháp nghiên cứu	1
1.5 Cấu trúc đề án	1
CHƯƠNG 2. TỔNG QUAN LÝ THUYẾT VÀ CÔNG NGHỆ	2
2.1 Đặt vấn đề	2
2.1.1 Tìm hiểu về nguyên nhân gây ra lũ lụt, sạt lở đất và phân loại .	2
2.2 Phân tích hệ thống giám sát và thông báo real-time tình trạng lũ lụt, sạt lở đất ở các khu vực miền núi.	4
2.2.1 Phân tích một số hệ thống giám sát lũ lụt và sạt lở đất trên thế giới.	4
2.2.2 Phân tích lựa chọn công nghệ truyền thông.	6
2.2.3 Phân tích lựa chọn cảm biến cho thiết bị giám sát lũ.	9
2.2.4 Phân tích lựa chọn cảm biến cho thiết bị giám sát sạt lở đất. . .	10
2.2.5 Phân tích phương pháp thông báo tới khu dân cư.	10
2.3 Xây dựng chỉ tiêu thiết kế	11
2.4 Kết luận	11
CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ HỆ THỐNG/SẢN PHẨM	12
3.1 Phân tích yêu cầu hệ thống/sản phẩm	12
3.2 Mô hình thiết kế tổng thể	12
3.2.1 Sơ đồ khối thiết bị	12
3.3 Thiết kế phần cứng	12
3.3.1 Sơ đồ thiết bị	12
3.3.2 Thiết kế mạch phối hợp trở kháng cho SX1276	12
3.4 Thiết kế phần mềm	12
3.5 Tích hợp hệ thống	12
CHƯƠNG 4: TRIỂN KHAI VÀ THỬ NGHIỆM	13

CHƯƠNG 4. MÔ PHỎNG VÀ KẾT QUẢ	14
KẾT LUẬN	15
TÀI LIỆU THAM KHẢO	16
PHỤ LỤC	21
A Một số phương pháp đo và hiệu chuẩn	21

Bảng cập nhật báo cáo

Bảng 0.1. Bảng cập nhật báo cáo.

Ngày	Nội dung báo cáo	Sửa đổi / ghi chú
01/10	Chương 1: Giới thiệu	Cập nhật mục tiêu nghiên cứu và phạm vi
08/10	Chương 3: Phương pháp	Thêm mô tả chi tiết về quy trình thực hiện
15/10	Chương 4: Kết quả thực nghiệm	Cập nhật kết quả phân tích dữ liệu mới
22/10	Toàn bộ báo cáo	Chỉnh sửa ngôn ngữ, định dạng

Kế hoạch thực hiện

Bảng 0.2. Bảng kế hoạch dự án.

Tuần	Nhiệm vụ	Yêu cầu cần đạt	Trạng thái
24	Nghiên cứu tài liệu liên quan	Tóm tắt tài liệu, xác định phương pháp	Hoàn thành
25	Thiết kế sơ đồ khối hệ thống	Bản thiết kế sơ đồ khối	Đang thực hiện

Biên bản cuộc họp

Bảng 0.3. Biên bản cuộc họp.

Ngày	Nội dung	Quyết định	Nhiệm vụ tiếp theo
01/10	Thảo luận về thiết kế hệ thống	Sẽ thử với phương pháp A trước	viết báo cáo chương 2

CHƯƠNG 1. GIỚI THIỆU CHUNG

1.1 Bối cảnh và lý do chọn đề tài

Đồ án/khóa luận tốt nghiệp (sau đây gọi tắt là ĐATN) được qui định về qui cách trình bày, sinh viên cần đảm bảo đúng qui cách này trước khi in và nộp quyển. Cấu trúc chung của đồ án khi đóng quyển gồm các phần thứ tự như sau:.

1.2 Mục tiêu nghiên cứu và thiết kế

Nội dung chính của một đồ án tốt nghiệp thường bao gồm:

1.3 Phạm vi đồ án

Nội dung chính của một đồ án tốt nghiệp thường bao gồm:

1.4 Phương pháp nghiên cứu

Nội dung chính của một đồ án tốt nghiệp thường bao gồm:

1.5 Cấu trúc đồ án

Nội dung chính của một đồ án tốt nghiệp thường bao gồm:

- Chương 1. Giới thiệu chung
- Chương 2. Tổng quan lý thuyết và công nghệ
- Chương 3. Thiết kế hệ thống
- Chương 4. Triển khai và thử nghiệm
- Chương 5. Kết luận và hướng phát triển

TỔNG QUAN LÝ THUYẾT VÀ CÔNG NGHỆ

Trong chương 2, lý do lựa chọn đề tài này được trình bày. Các hệ thống giám sát và cảnh báo sớm lũ lụt và sạt lở đất được phân tích và trình bày để chỉ rõ những điểm yếu, bất cập, vấn đề còn tồn tại của chúng. Tổng quan của các hệ thống giám sát lũ lụt, sạt lở đất được đưa ra. Từ đó đưa ra lựa chọn cho công nghệ truyền thông, các cảm biến được sử dụng. Từ đó đưa ra chỉ tiêu thiết kế tổng quan cho đề án.

2.1 Đặt vấn đề

Từ trước đến nay con người vẫn luôn cảm thấy nhỏ bé và bất lực trước sự giận dữ của thiên nhiên. Đặc biệt theo tình trạng biến đổi khí hậu càng diễn biến nghiêm trọng và theo xu hướng cực đoan thì mức độ nguy hại của các hiện tượng cực đoan tự nhiên càng to lớn. Tại Việt Nam, đặc biệt là khu vực miền núi phía Bắc và miền Trung thì hiện tượng lũ lụt và sạt lở đất diễn ra càng thường xuyên hơn, nguy hiểm hơn gây ra thiệt hại rất lớn về tài sản về người và của. Theo cục khí tượng thủy văn Việt Nam trong năm 2024 nước ta đã gánh chịu 10 cơn bão và 1 áp thấp nhiệt đới, khiến 514 người chết, mất tích, thiệt hại về kinh tế ước tính khoảng hơn 88.748 tỷ đồng. Tuy nhiên, công tác giám sát và cảnh báo lũ lụt tại các địa phương trên cả nước vẫn còn nhiều hạn chế: hệ thống dự báo còn phụ thuộc vào con người, tính chính xác của các hệ thống còn thấp, thiếu thiết bị cảm biến tự động, khả năng cảnh báo thời gian thực chưa cao, đặc biệt là ở các vùng xa trung tâm. Điều này dẫn đến việc phản ứng chậm trễ và làm tăng nguy cơ tổn thất về cả con người và tài sản.

Trong bối cảnh đó, việc ứng dụng các công nghệ và cảm biến hiện đại như cảm biến siêu âm, cảm biến mưa, hệ thống truyền thông không dây (LoRa, NB-IoT), và nền tảng xử lý dữ liệu theo thời gian thực để xây dựng hệ thống giám sát và cảnh báo sớm lũ lụt là một hướng đi cần thiết và cấp bách. Đề tài này nhằm mục tiêu thiết kế một hệ thống có khả năng thu thập dữ liệu môi trường (mức nước, lượng mưa, độ nghiêng, âm thanh, tốc độ dòng chảy...) theo thời gian thực, xử lý và phát đi cảnh báo sớm đến người dân và cơ quan chức năng, góp phần giảm thiểu thiệt hại do thiên tai gây ra.

2.1.1 Tìm hiểu về nguyên nhân gây ra lũ lụt, sạt lở đất và phân loại

Cuốn "Encyclopedia of Earth Sciences Series" [1] đưa ra định nghĩa về lũ lụt là: "Lũ lụt là một quá trình tự nhiên xảy ra khi mực nước của một khối nước dâng cao đến mức tràn bờ tự nhiên hoặc do nhân tạo, nhấn chìm những khu vực thường khô hạn. Dọc theo một dòng nước, lũ lụt có thể xảy ra hàng năm. Thông thường, dòng chảy lớn được giữ lại giữa hai bờ tự nhiên hoặc do nhân tạo, nhưng khi thể tích nước lũ không còn được giữ lại trong những ranh giới tự nhiên hoặc nhân tạo đó nữa, nước sẽ tràn ra các khu vực xung quanh. Phạm vi lũ lụt tuân theo một sự lan truyền động, phụ thuộc chủ yếu vào lượng nước tràn, tốc độ dòng chảy và hình thái của các khu vực xung quanh."

Từ điển địa chất "GLOSSARY OF GEOLOGY" của Bate và Jackson tái bản lần thứ 3 [2] định nghĩa sạt lở đất là "... sự vận chuyển xuống dốc dưới tác động của trọng lực, của vật liệu đất và đá một cách ồ ạt. Thông thường, vật liệu bị dịch chuyển trên một vùng hoặc bề mặt cắt tương đối hạn chế".

Ở Việt Nam có thể phân loại lũ lụt thành 4 hình thức chính :

Lũ quét: Lũ quét là hình thái lũ phổ biến và nguy hiểm nhất ở vùng núi phía Bắc. Nó xảy ra khi lượng mưa lớn dồn dập trong thời gian ngắn, nước từ các con suối và đồi núi dốc chảy mạnh xuống dưới, cuốn theo đất đá, cây cối và nhà cửa. Các khu vực chịu ảnh hưởng tại Việt Nam: Các tỉnh vùng cao như Yên Bái, Lào Cai, Sơn La, Hà Giang, Điện Biên. Nguyên nhân gây ra lũ quét: Mưa lớn, địa hình dốc, sạt lở đất, phá rừng làm giảm khả năng thấm nước của đất. Tính chất của lũ quét là xảy ra rất nhanh, thường trong vài giờ sau khi có mưa, cuốn trôi mọi thứ trên đường đi. Thiệt hại về người và tài sản thường rất lớn.

Lũ ống: Lũ ống tương tự như lũ quét nhưng thường xảy ra trong các thung lũng nhỏ hoặc khe núi hẹp. Nước tích tụ và dâng nhanh trong lòng suối hoặc các dòng chảy nhỏ, sau đó thoát ra đột ngột với cường độ mạnh. Khu vực chịu ảnh hưởng: Các vùng núi thấp hoặc trong các khe núi sâu, như Hà Giang, Lào Cai, Cao Bằng. Nguyên nhân gây ra lũ ống là mưa lớn trong thời gian ngắn, nước dồn về trong các khe núi hẹp, không có khả năng thoát nước nhanh. Tính chất: Lũ ống rất nguy hiểm vì tốc độ nước dâng rất nhanh, không có nhiều thời gian cảnh báo, dễ gây ngập lụt cục bộ và phá hủy nhà cửa, đất nông nghiệp.

Ngập lụt cục bộ tại các khu vực thung lũng: Ngập lụt cục bộ xảy ra tại các thung lũng hoặc khu vực đồng bằng nhỏ hẹp giữa các dãy núi. Khi mưa lớn, nước từ trên cao đổ xuống, làm ngập các khu vực trũng, gây ảnh hưởng đến nông nghiệp và sinh hoạt. Nguyên nhân gây ra ngập cục bộ: Mưa lớn, nước không thể thoát nhanh do địa hình trũng hoặc hệ thống thoát nước kém. Tính chất: Ngập lụt cục bộ thường không quá nguy hiểm nhưng có thể gây thiệt hại về mùa màng và hạ tầng cơ sở.

Lũ tiểu mãn (Lũ nhỏ đầu mùa): Lũ tiểu mãn là dạng lũ nhỏ xuất hiện đầu mùa mưa. Mặc dù không gây ra những thiệt hại lớn như lũ quét, nhưng chúng có thể ảnh hưởng đến sản xuất nông nghiệp và cuộc sống của người dân. Nguyên nhân: Mưa đầu mùa kéo dài gây ra lượng nước lớn dồn về các con suối và sông nhỏ. Tính chất: Lũ tiểu mãn thường xuất hiện từ tháng 5 đến tháng 6, trước khi mùa mưa chính thức bắt đầu.

Nguyên nhân gây ra sạt lở đất có thể chia thành hai nhóm chính: yếu tố tự nhiên và tác động của con người. Mưa lớn, lũ lụt, động đất, và các yếu tố địa chất như độ dốc, loại đất, đá đều có thể gây ra sạt lở. Ngoài ra, hoạt động của con người như khai thác rừng, xây dựng, và thay đổi địa hình cũng làm tăng nguy cơ sạt lở.

2.2 Phân tích hệ thống giám sát và thông báo real-time tình trạng lũ lụt, sạt lở đất ở các khu vực miền núi.

2.2.1 Phân tích một số hệ thống giám sát lũ lụt và sạt lở đất trên thế giới.

Hệ thống giám sát và cảnh báo lũ lụt đầu tiên được thành lập trên sông Seine ở Pháp vào năm 1854. Trong khi Pháp thiết lập hệ thống đầu tiên, nhiều quốc gia khác kể từ đó đã phát triển các hệ thống giám sát và cảnh báo lũ lụt của riêng họ, thường kết hợp các tiến bộ công nghệ. Từ những năm 1950, sau các trận siêu bão và lũ lớn như Typhoon Vera (1959), Nhật Bản bắt đầu phát triển các hệ thống quan trắc mưa, mực nước sông và cảnh báo cộng đồng qua loa phóng thanh, radio. Từ năm 1950, NWS(Mỹ) đã có hệ thống phát thanh cảnh báo khẩn cấp (Emergency Alert System), sử dụng radar, đo mưa và hệ thống báo động cộng đồng. Các hệ thống ban đầu chủ yếu dựa vào việc thu thập dữ liệu thủ công và truyền thông. Các hệ thống hiện đại thường sử dụng các công nghệ tiên tiến như cảm biến từ xa, thu thập dữ liệu thời gian thực và mạng lưới truyền thông tự động.

STT	Cảm biến	Giao tiếp	Lớp ứng dụng và biên
[3]	Mức nước, lưu lượng nước	Zigbee	Phân tích dữ liệu và cảnh báo dựa trên tại máy chủ từ xa; ứng dụng trên điện thoại Android
[4]	Mức nước, lưu lượng nước, lượng mưa	???	Phương pháp Holt–Winter để dự đoán tại máy chủ từ xa; xử lý sớm và dự đoán ở cấp độ cảm biến/cổng kết nối
[5]	Trạm thời tiết, mức nước siêu âm, độ ẩm	3G/GSM, LoRA	Nền tảng đám mây IoT để tiếp nhận, quản lý và lưu trữ dữ liệu cảm biến; hệ thống cảnh báo semaphore
[6]	Cảm biến gió, độ ẩm, nhiệt độ, mức nước	LoRa	Mô hình SVM được nhúng trong bộ tập trung các nút để phân loại rủi ro; quyết định cuối cùng tại máy chủ đám mây
[7]	Cảm biến mức nước, tốc độ dòng chảy, mưa	GPS, WiFi	Người dùng có thể biết các khu vực lũ lụt được hiển thị trên bản đồ GPS trong ứng dụng; Từ tốc độ dâng của nước để người dân phán đoán nguy cơ lũ lụt.
[8]	Cảm biến mức nước, mưa, áp suất khí quyển	GPS	Phân tích nguy cơ và đưa ra cảnh báo trên ứng dụng, nâng cao tính an toàn cho du khách.
[9]	Cảm biến mức nước (điện trở)	LoRa	Hệ thống báo động dựa trên ngưỡng tại Cloud cấp độ; lưu trữ và phân tích dữ liệu trên riêng biệt trang web
[10]	Cảm biến mức nước	LoRa	Kết nối thiết bị cảm biến với đám mây và sau đó cảnh báo người được nhắm mục tiêu qua email hoặc SMS

Bảng 2.1. Tổng hợp một số hệ thống quan trắc và cảnh báo sớm lũ lụt

STT	Cảm biến	Giao tiếp	Lớp ứng dụng và biên
[11]	Cảm biến PWP, gia tốc, độ ẩm đất, lượng mưa	Zigbee, GSM/GPRS	Cảnh báo dựa trên ngưỡng tại trạm trung tâm số
[12]	Cảm biến độ nghiêng, nước	???	Tổng hợp dữ liệu vào bộ ghi dữ liệu cục bộ; xử lý và phân tích tại máy chủ từ xa
[13]	Cảm biến áp suất, độ giãn dài, độ nghiêng, mực nước ngầm	LoRa, GSM	Phân tích dữ liệu và cảnh báo dựa trên ngưỡng tại Cloud Server; báo động thông qua ứng dụng điện thoại thông minh và hệ thống âm thanh cục bộ
[14]	Máy ảnh	???	Phát hiện lở đất được thực hiện tại địa phương; lưu trữ hình ảnh vào cơ sở dữ liệu; báo động thông qua ứng dụng điện thoại thông minh
[15]	Cảm biến nhiệt độ, độ ẩm, áp suất, lượng mưa, tốc độ gió, (GPS, độ ẩm đất, gia tốc kế, con quay hồi chuyển	LoRa	Triển khai AI biên để dự đoán và giám sát; Máy chủ đám mây để lưu trữ và tăng cường sức mạnh xử lý
[16]	Cảm biến độ ẩm, áp suất lỗ rỗng	Wi-Fi, GSM	Đào tạo mô hình ML tại máy chủ đám mây; Dự đoán mô hình ML tại nút Edge.
[17]	Cảm biến nhiệt độ, mưa, độ nghiêng, áp suất	LoRa	Giao tiếp qua WhatsApp với 4 mức cảnh báo và tin nhắn, âm thanh
[18]	Cảm biến áp suất, mực nước	???	Thông báo về smartphone

Bảng 2.2. Tổng hợp một số hệ thống quan trắc và cảnh báo sớm sạt lở đất

2.2.2 Phân tích lựa chọn công nghệ truyền thông.

Lớp truyền thông có nhiệm vụ truyền dữ liệu thu thập được ở lớp nhận thức từ đó truyền đến lớp ứng dụng hoặc máy chủ. Lớp này chịu trách nhiệm định tuyến, giao tiếp giữa các mạng không đồng nhất và truyền dữ liệu đáng tin cậy. Hiện nay có rất nhiều công nghệ truyền thông cả có dây và không dây khác nhau trên thế giới, tuy nhiên trong trường hợp ứng phó với các thảm họa thì truyền thông không dây là lựa chọn đầu

tiên và thích hợp nhất. Trong đó công nghệ không dây cũng chia ra làm 2 loại: tầm ngắn và tầm dài. Các công nghệ tầm ngắn như Bluetooth, Zigbee, WiFi, hay tầm dài như LoRa, SigFox, WiFi mesh,... Trong đó các công nghệ mạng diện rộng có thể chia thành 2 loại có phát hành giấy phép(NB-IoT, GSM, 4G, 5G,...) và không phát hành giấy phép như LoRaWAN hay SigFox sử dụng băng tần ISM(Industrial, Scientific and Medical).

Sau đây ta sẽ đi phân tích tổng quan về các công nghệ thường được áp dụng cho hệ thống EWS(Early Warning System - hệ thống cảnh báo sớm) trong các thảm họa môi trường.

Bắt đầu với các công nghệ tầm ngắn: các giao thức này có các ưu điểm chính là thường sử dụng cấu trúc lưới và có mức năng lượng tiêu thụ thấp. Zigbee là một giao thức rất phổ biến trong các hệ thống IoT hiện nay, nó được xây dựng từ giao thức IEEE 802.15.4 bởi ZigBee Alliance. Tần số hoạt động của nó là 2.45 GHz. Zigbee hỗ trợ các cấu trúc hình sao, lưới và cây cụm, trong đó kết nối lưới linh hoạt và đáng tin cậy hơn [19], cho phép WSN tồn tại trong trường hợp lỗi nút và mất nút. Nó có khối lượng nhẹ hơn so với Wi-Fi và Bluetooth và tuổi thọ pin lên đến 5 năm, nhưng phạm vi tương đối ngắn và tốc độ dữ liệu thấp. Bluetooth dựa trên tiêu chuẩn IEEE 802.15.1. Phiên bản tiết kiệm năng lượng, giá rẻ của chuẩn này là Bluetooth Low Energy. Cả Bluetooth và BLE đều hoạt động trong băng tần ISM 2,4 GHz. Chúng có tốc độ dữ liệu lên đến 1 Mbps và sử dụng phân mảnh để truyền các gói dữ liệu dài hơn. Trong BLE, có sự đánh đổi giữa mức tiêu thụ năng lượng, độ trễ, kích thước piconet và thông lượng, nhưng việc điều chỉnh các tham số cho phép tối ưu hóa BLE cho các ứng dụng IoT khác nhau [20]. Tuy có đóng góp trong 1 số dự án nhất định, nhưng nhược điểm của các công nghệ tầm ngắn này thể hiện rõ là khoảng cách quá ngắn dẫn đến khó khăn trong việc cảnh báo sớm. Để khắc phục việc này cần dùng bộ lặp, tuy nhiên điều này sẽ làm tăng chi phí cần thiết[21] và gây ra các nguy cơ rủi ro truyền tin. Vì vậy các công nghệ tầm xa vẫn thường được ưu tiên hơn trong các dự án cảnh báo lũ lụt và sạt lở đất.

Truyền thông vệ tinh thể hiện được ưu thế sức mạnh của mình trong các trường hợp truyền thông mặt đất bị gián đoạn hoặc khi các thiết bị IoT được triển khai ở các khu vực hẻo lánh, có vị trí địa lý khó tiếp cận do chất lượng cơ sở hạ tầng còn thấp. Hiện nay trên thế giới đã có một số nhà cung cấp dịch vụ hỗ trợ IoT vệ tinh, nó được gửi gắm kỳ vọng sẽ đóng góp vào các hệ thống 5G và IoT[22].

Wi-Fi có thể xem là công nghệ truyền thông quen thuộc và được nhiều người biết đến nhất, nó được Vic Hayes phát triển theo chuẩn 802.11. Ngày nay, Wi-Fi được sử dụng phổ biến trong các hệ thống mạng máy tính trên thế giới như trong các hộ gia đình, văn phòng làm việc cho đến việc kết nối các máy tính để bàn, laptop, máy tính bảng, điện thoại thông minh, máy in,... mà không cần đến cáp mạng, cũng như việc kết nối Internet cho các thiết bị này. Mặc dù nhanh hơn các chuẩn IoT khác như

Bluetooth, các thiết bị Wi-Fi lại tiêu thụ nhiều điện năng hơn các thiết bị khác, chẳng hạn như các thiết bị dựa trên BLE. WiFi được áp dụng khá nhiều trong các ứng dụng cảnh báo sớm[23], ở [24] Hung và cộng sự cũng đã phát triển một hệ thống EW Động đất dựa trên SHM, nhưng tập trung vào hiệu quả năng lượng. Với kiến trúc đề xuất bao gồm: (i) một cổng cảm biến dựa trên điểm truy cập 3G/Wi-Fi, (ii) một bộ dò sóng được kết nối với cổng và (iii) các nút cảm biến không dây với các bộ thu WoR được tổ chức theo thứ bậc. Ở [25], [26] cũng đã áp dụng WiFi cho ứng dụng cảnh báo sớm động đất của mình.

LoRa là công nghệ lớp vật lý sử dụng kỹ thuật trải phổ độ rộng và giao thức. Kiểm soát truy cập trung bình LoRaWAN là một giao thức nguồn mở được Liên minh LoRa chuẩn hóa và chạy trên lớp vật lý LoRa. Là một công nghệ nằm trong băng tần ISM(868 MHz ở Châu Âu, 915 MHz ở Bắc Mỹ và 433 MHz ở Châu Á) nó thực sự phổ biến cho các ứng dụng yêu cầu công suất thấp. Điều chế LoRa cho phép hiệu suất cao chống nhiễu và tốc độ dữ liệu khác nhau, từ 300 bps đến 50 kbps. LoRaWAN cải thiện tỷ lệ tin nhắn nhận được bằng cách truyền lại, cung cấp phạm vi phủ sóng rộng (10–40 km ở vùng nông thôn và 1–5 km ở vùng thành thị [27]), chi phí thấp và thời lượng pin dài cho các thiết bị đầu cuối. Nó cung cấp ba loại thiết bị đầu cuối cho các yêu cầu IoT khác nhau, chẳng hạn như độ trễ hoặc mức tiêu thụ năng lượng. LoRa là công nghệ ứng dụng được cho hầu hết các thảm họa môi trường nghiêm trọng như lũ lụt, động đất, sạt lở, sóng thần. [28] đã đánh giá khá chi tiết các ưu nhược điểm của các công nghệ truyền thông trong ứng dụng cảnh báo sớm các thảm họa trên, ta có thể thấy rằng LoRa là công nghệ được áp dụng nhiều nhất, xuyên suốt nhất, phù hợp nhất. Đã có rất nhiều tác giả áp dụng chúng vào hệ thống của mình như [5], [29], [9].

NB-IoT là công nghệ được giới thiệu bởi Dự án Đối tác Thế hệ thứ 3, hoạt động trong phổ tần được cấp phép và tái sử dụng cơ sở hạ tầng Tiến hóa Dài hạn hiện có. NB-IoT cung cấp vùng phủ sóng cao (mạnh hơn 20 dB so với GSM truyền thống) với Mật ghép nối tối đa cao là 164 dB [30], cho phép các thiết bị NB-IoT tiếp cận các vị trí ngầm (ví dụ: để định vị nạn nhân [31]). Nó có mức tiêu thụ năng lượng thấp và cải thiện các cơ chế tiết kiệm năng lượng; các quy trình mạng, ngăn xếp giao thức, sơ đồ điều chế và độ phức tạp của băng tần cơ sở được đơn giản hóa để giảm độ phức tạp và chi phí của thiết bị Người dùng. Các loại độ trễ khác nhau có thể xảy ra trong quá trình truyền thông NB-IoT và độ trễ phải được giữ dưới 10 giây trong các ứng dụng thời gian thực [32].

Mạng 5G sẽ cung cấp thêm các giải pháp và tài nguyên khi nói đến truyền thông di động/di động. Đặc biệt, Truyền thông Độ trễ Thấp và Siêu tin cậy (URLLC) nhằm mục đích cung cấp độ trễ dưới 1 ms và với độ tin cậy khiến nó đặc biệt phù hợp cho các trường hợp sử dụng như Cảnh báo sớm về động đất, được đặc trưng mạnh mẽ bởi hạn chế về độ trễ [33].

Từ bảng 2.1., 2.2. và phân tích trên ta thấy được rằng LoRa là công nghệ thích hợp nhất để ứng dụng vào hệ thống giám sát và cảnh báo sớm lũ lụt và sạt lở đất. Đồng thời để thích ứng với các điều kiện thời tiết, hoàn cảnh tự nhiên xấu có thể gây ra mất mát, gián đoạn thông tin thì việc kết hợp các công nghệ truyền tin là vô cùng quan trọng. Từ đó tôi đề xuất sử dụng kết hợp LoRa với các công nghệ không dây khác như WiFi, NBIoT, 4G trong hệ thống.

2.2.3 Phân tích lựa chọn cảm biến cho thiết bị giám sát lũ.

Hiện tại, không có công nghệ cảm biến từ xa nào khác trên không hoặc ngoài vũ trụ có thể sánh được với khả năng phân tích vật lý các động lực học nước chi tiết trong một khu vực cục bộ có giới hạn của chúng. Tuy rằng đã có thêm các nghiên cứu để giảm khả năng ảnh hưởng của mây, mưa trong ảnh vệ tinh (Ling và cộng sự 2021)[34] tuy nhiên vẫn cần được khám phá và nghiên cứu thêm. Điển hình như Salem và Hashemi-Beni 2022[35] đã đưa ra các nhược điểm tiềm ẩn như mây, các thảm thực vật che khuất tầm nhìn.

Năm 2018 Pan và các cộng sự[36] đã phát triển một mạng lưới camera tĩnh cung cấp khả năng hiển thị quan trọng mà các cảm biến đơn lẻ không thể, đặc biệt là trên các tuyến đường thủy đô thị hoặc cơ sở hạ tầng chống lũ lụt. Hashemi-Beni 2024 đã áp dụng camera vào hệ thống IoT để giám sát liên tục, theo thời gian thực nguy cơ xảy ra lũ lụt bằng hai phương pháp phân tích là đọc mực nước bằng ghi nhận ảnh và đọc mực nước bằng cách sử dụng hiệu chuẩn pixel. Tuy nhiên việc lũ lụt xảy ra vào ban đêm hoặc điều kiện khắc nghiệt sẽ có hạn chế tầm nhìn của camera nên chưa thực sự phù hợp. Thay vào đó[10] Muhammad Izzat Zakaria và các cộng sự năm 2023 đã triển khai hệ thống kiểm tra mực nước trong thành phố để đưa ra các thông số giám sát lũ bằng cách sử dụng cảm biến siêu âm để đo mực nước, áp dụng công nghệ truyền tin LoRa. Hệ thống đã được đánh giá kết quả khá chi tiết từ các chỉ số RSSI, SNR, DPR, độ trễ. Đồng thời việc áp dụng năng lượng mặt trời cũng là một ưu điểm của dự án. Tiếp theo việc sử dụng thuật toán đánh giá mới được thiết kế riêng để đo lường và giám sát mực nước lũ cũng như tốc độ thay đổi của chúng với 4 mốc cảnh báo đã dễ dàng hơn trong việc triển khai vào các khu vực thành phố. Bên cạnh đó MI. Hadi 2019[7] cũng triển khai một hệ thống báo lũ trong thành phố bằng cách đo mực nước bằng cảm biến siêu âm trong cống ngầm, thêm vào đó thiết kế cũng đã sử dụng bơm và cảm biến siêu âm tốc độ dòng chảy để có thể xả nước khi cần thiết. Đồng thời hệ thống cũng sử dụng GPS để hiển thị bản đồ lũ trong ứng dụng. Các hệ thống đã nêu chủ yếu được sử dụng trong thành phố chưa thực sự giám sát được về các đợt lũ trên các khu vực sông, ở [8] đã đề cập đến một hệ thống giám sát tình trạng dòng chảy trên sông áp dụng các cảm biến mưa, cảm biến siêu âm mực nước, cảm biến áp suất khí quyển từ đó cho ra được thêm các chỉ số để đánh giá góp phần tăng tính chính xác của dự đoán. Ở đây tác giả cũng áp dụng công nghệ LoRa và cấp nguồn bằng năng lượng

mặt trời. Các hệ thống [18], [17] không chỉ cảnh báo sớm lũ lụt mà còn cảnh báo sớm sạt lở đất. Bằng cách áp dụng thêm các cảm biến độ nghiêng, cảm biến áp suất để đưa ra tỷ lệ sạt lở đất bên cạnh các cảm biến mức nước và mưa mà các hệ thống lũ lụt vẫn đang sử dụng.

Từ việc gia tăng chỉ số giám sát nâng cao tính chính xác, cùng các phân tích ưu và nhược điểm của các hệ thống nêu trên em quyết định sử dụng các cảm biến mực nước, tốc độ dòng chảy, mưa cho hệ thống của mình.

2.2.4 Phân tích lựa chọn cảm biến cho thiết bị giám sát sạt lở đất.

Năm 2018 [14] Aggarwal và các cộng sự đã sử dụng máy ảnh để giám sát nguy cơ sạt lở đất. Tuy nhiên, tương tự như hệ thống cảnh báo lũ lụt, việc sử dụng camera có nhược điểm khi sạt lở xảy ra vào đêm, hoặc điều kiện thời tiết xấu. Một hệ thống khác vào 2017, Quốc và các cộng sự của mình đã thiết kế một hệ thống cảnh báo sớm sạt lở đất [11] sử dụng kết hợp công nghệ truyền thông Zigbee, GSM, GRPS với cấu trúc hình sao khi độ dốc thấp (ít lỗi hơn so với cấu trúc hình cây) và sử dụng cấu trúc hình cây (tiêu hao năng lượng thấp hơn) khi độ dốc thấp. Nhóm đã áp dụng các cảm biến độ ẩm đất, cảm biến gia tốc, cảm biến áp suất nước lỗ rỗng. Abraham và cộng sự [17] đã nghiên cứu mối quan hệ giữa lượng mưa với các biến động độ nghiêng trên dãy Himalaya bằng các cảm biến độ nước trong đất, độ nghiêng. Thời gian nghỉ sau mỗi lần truyền tin được thực hiện là 10 phút, điều này góp phần giảm bớt năng lượng tiêu hao, tuy nhiên nó chỉ phù hợp với hệ thống thu thập thông tin chứ chưa thực sự phù hợp với các hệ thống cảnh báo sớm sạt lở đất. Ở [13] một mạng LoRa (với 2 cổng LoRa dự phòng) với các cảm biến áp suất, độ giãn dài, độ nghiêng, mực nước ngầm đã được sử dụng để giảm bớt nguy cơ mất mát thông tin. Ở [17] một hệ thống LoRa cũng được triển khai đi kèm với các cảm biến nhiệt độ, cảm biến mưa, cảm biến độ nghiêng, cảm biến áp suất đã được áp dụng vào thực tế. Gunawan và các cộng sự của mình đã áp dụng cảm biến áp suất và mực nước để áp dụng cho hệ thống cảnh báo sớm lũ lụt trên hồ và sạt lở đất.

Qua bảng 2.1. và 2.2. cùng các phân tích các hệ thống trên ta có thể nhận thấy rằng bắt đầu từ các mô hình còn nhược điểm như sử dụng máy ảnh, dần dần các hệ thống đã tiến tới các cảm biến có tính ổn định và đảm bảo hơn. Điển hình trong đó là các cảm biến độ nghiêng và cảm biến áp suất, kết hợp với cảm biến mưa, cảm biến độ ẩm. Việc sử dụng nhiều cảm biến với nhau giúp tăng cường các thông số giám sát từ đó làm tăng khả năng chính xác cho các cảnh báo. Vì vậy trong hệ thống này em quyết định sử dụng kết hợp cảm biến mưa, độ ẩm, nghiêng (gia tốc trục), áp suất cho các node giám sát sạt lở đất.

2.2.5 Phân tích phương pháp thông báo tới khu dân cư.

Năm 2021, tại Nhật Bản, Martijn Kuller, Kevin Schoenholzer, Judit Lienert [37] đã đưa ra bài phân tích chi tiết về các phản ứng của người dân với các hình thức thông

báo các thảm họa tự nhiên. Các phân tích cho thấy, cảnh báo được phát đi qua còi báo động được phần lớn người dân nhận được ngay lập tức, trong khi các bài báo viết lại bị chậm trễ và có khả năng tiếp cận thông tin ít hơn (Fakhruddin và cộng sự, 2015 [38]). Thứ hai, nông dân ở một cộng đồng nông thôn không có kết nối internet tốc độ cao có thể tiếp cận hiệu quả hơn qua tin nhắn SMS, radio hoặc người giám sát lũ lụt, trong khi người dân ở một thành phố hiện đại có thể tiếp cận thông tin qua nhiều kênh khác nhau, bao gồm cả những kênh yêu cầu internet.

Vì vậy, hoàn cảnh cụ thể xác định lựa chọn các yếu tố mong muốn thông qua các đặc điểm của: (1) mối nguy hiểm sắp xảy ra, bao gồm thời gian dẫn và mức độ nghiêm trọng và (2) vị trí (ví dụ: Keoduangsine và Goodwin, 2012 [39]; Lam và cộng sự, 2017[40]; Mu và cộng sự, 2018[41]). Ngoài ra, tính khả dụng và sở thích về công nghệ truyền thông, của cả người gửi và người nhận cảnh báo, cũng quyết định việc lựa chọn các yếu tố (Keoduangsine và Goodwin [39], 2012; Lam và cộng sự, 2017 [40]; Mills và Curtis, 2008 [42]; Stephens và cộng sự, 2013 [43]; UNISDR, 2015 [44]).

Với vị trí được xác định của đề tài là khu vực miền núi thì việc sử dụng loa phát thanh là một điều dễ hiểu. Đồng thời việc xây dựng một ứng dụng cảnh báo trên điện thoại là hoàn toàn cần thiết cho hệ thống.

2.3 Xây dựng chỉ tiêu thiết kế

Thông số	Chỉ tiêu kỹ thuật
Thông số giám sát (lũ lụt)	Mức nước, mưa, Tốc độ dòng chảy
Thông số giám sát (sạt lở đất)	Gia tốc trực, áp suất, độ ẩm, mưa
Đo mực nước	Dải đo 0.05 - 2m
Đo mưa	2 trạng thái mưa, không mưa
Đo tốc độ dòng chảy	Dải đo 0.1 - 20 m/s
Đo gia tốc trực	$\pm 2g$ đến $\pm 8g$
Đo áp suất	Dải đo 0 – 1000 kPa
Đo độ ẩm	0 - bão hòa(100%)

Bảng 2.3. Tổng hợp chỉ tiêu thiết kế cho hệ thống

2.4 Kết luận

Trong chương này, em đã hoàn thành việc phân tích, đánh giá và đề xuất ý tưởng thiết kế hệ thống giám sát và cảnh báo sớm lũ lụt và sạt lở đất. Chỉ tiêu kỹ thuật của hệ thống được xây dựng dựa trên những đề tài trước đó, sau đó rút ra ưu, nhược điểm để mang đến tính chính xác, tối ưu cho hệ thống.

CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ HỆ THỐNG/SẢN PHẨM

3.1 Phân tích yêu cầu hệ thống/sản phẩm

Đưa ra chỉ tiêu kĩ thuật tổng quát

3.2 Mô hình thiết kế tổng thể

3.2.1 Sơ đồ khối thiết bị

3.3 Thiết kế phần cứng

3.3.1 Sơ đồ thiết bị

3.3.1.1 Mạch truyền thông GPS/LTE.

3.3.2 Thiết kế mạch phối hợp trở kháng cho SX1276

3.4 Thiết kế phần mềm

-

3.5 Tích hợp hệ thống

-

CHƯƠNG 4: TRIỂN KHAI VÀ THỬ NGHIỆM

CHƯƠNG 5. MÔ PHỎNG VÀ KẾT QUẢ

Các kết quả được thể hiện tại đây ...

KẾT LUẬN

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] J. Reitner and V. Thiel, *Great Oxygenation Event (GOE)*, pp. 436–436. Dordrecht: Springer Netherlands, 2011.
- [2] R. Bates and J. Jackson, *Glossary of Geology*. American Geological Institute, 1980.
- [3] J. S, S. S, S. A. L, and S. Prathibha, “A novel approach for early flood warning using android and iot,” in *2017 2nd International Conference on Computing and Communications Technologies (ICCCT)*, pp. 339–343, 2017.
- [4] S. K. Sood, R. Sandhu, K. Singla, and V. Chang, “Iot, big data and hpc based smart flood management framework,” *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, vol. 20, pp. 102–117, 2018.
- [5] J. Ibarreche, R. Aquino, R. M. Edwards, V. Rangel, I. Pérez, M. Martínez, E. Castellanos, E. Álvarez, S. Jimenez, R. Rentería, A. Edwards, and O. Álvarez, “Flash flood early warning system in colima, mexico,” *Sensors*, vol. 20, no. 18, 2020.
- [6] J. Al Qundus, K. Dabbour, S. Gupta, R. Meissonier, and A. Paschke, “Wireless sensor network for ai-based flood disaster detection,” *Annals of Operations Research*, vol. 319, pp. 697–719, 12 2022.
- [7] M. Hadi, F. Yakub, A. Fakhrurrazi, C. Hui, A. Najiha, N. Fakharulrazi, A. Harun, Z. Rahim, and A. Azizan, “Designing early warning flood detection and monitoring system via iot,” *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 479, p. 012016, jun 2020.
- [8] E. S. Soegoto, F. A. Fauzi, and S. Luckyardi, “Internet of things for flood and landslide early warning,” *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1764, p. 012190, feb 2021.
- [9] M. Ragnoli, G. Barile, A. Leoni, G. Ferri, and V. Stornelli, “An autonomous low-power lora-based flood-monitoring system,” *Journal of Low Power Electronics and Applications*, vol. 10, no. 2, 2020.
- [10] M. I. Zakaria, W. A. Jabbar, and N. Sulaiman, “Development of a smart sensing unit for lorawan-based iot flood monitoring and warning system in catchment areas,” *Internet of Things and Cyber-Physical Systems*, vol. 3, pp. 249–261, 2023.

- [11] Q. A. Gian, D.-T. Tran, D. C. Nguyen, V. H. Nhu, and D. T. Bui, “Design and implementation of site-specific rainfall-induced landslide early warning and monitoring system: a case study at nam dan landslide (vietnam),” *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, vol. 8, no. 2, pp. 1978–1996, 2017.
- [12] M. T. Abraham, N. Satyam, B. Pradhan, and A. M. Alamri, “Iot-based geotechnical monitoring of unstable slopes for landslide early warning in the darjeeling himalayas,” *Sensors*, vol. 20, no. 9, 2020.
- [13] M. Gamperl, J. Singer, and K. Thuro, “Internet of things geosensor network for cost-effective landslide early warning systems,” *Sensors*, vol. 21, no. 8, 2021.
- [14] S. Aggarwal, P. K. Mishra, K. V. S. Sumakar, and P. Chaturvedi, “Landslide monitoring system implementing iot using video camera,” in *2018 3rd International Conference for Convergence in Technology (I2CT)*, pp. 1–4, 2018.
- [15] M. Elmoulat, O. Debauche, S. Mahmoudi, S. A. Mahmoudi, P. Manneback, and F. Lebeau, “Edge computing and artificial intelligence for landslides monitoring,” *Procedia Computer Science*, vol. 177, pp. 480–487, 2020. The 11th International Conference on Emerging Ubiquitous Systems and Pervasive Networks (EUSPN 2020) / The 10th International Conference on Current and Future Trends of Information and Communication Technologies in Healthcare (ICTH 2020) / Affiliated Workshops.
- [16] A. Joshi, J. Grover, D. P. Kanungo, and R. K. Panigrahi, “Edge assisted reliable landslide early warning system,” in *2019 IEEE 16th India Council International Conference (INDICON)*, pp. 1–4, 2019.
- [17] C. Werthmann, M. Sapena, M. Kühnl, J. Singer, C. Garcia, T. Breuninger, M. Gamperl, B. Menschik, H. Schäfer, S. Schröck, L. Seiler, K. Thuro, and H. Taubenböck, “Insights into the development of a landslide early warning system prototype in an informal settlement: the case of bello oriente in medellín, colombia,” *Natural Hazards and Earth System Sciences*, vol. 24, no. 5, pp. 1843–1870, 2024.
- [18] G. Gunawan, A. Rahman, B. P. Seputro, and M. Elsera, “Design of early warning system flood and landslide mitigation sensor based on internet of thing,” *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1361, p. 012062, nov 2019.
- [19] O. Aju, “A survey of zigbee wireless sensor network technology: Topology, applications and challenges,” *International Journal of Computer Applications*, vol. 130, pp. 47–55, 11 2015.

- [20] C. Gomez, J. Oller, and J. Paradells, "Overview and evaluation of bluetooth low energy: An emerging low-power wireless technology," *Sensors*, vol. 12, no. 9, pp. 11734–11753, 2012.
- [21] W. Chonggang, J. Tao, and Z. Qian, "Zigbee network protocols and applications," 2014.
- [22] S. A. Shah, D. Z. Seker, S. Hameed, and D. Draheim, "The rising role of big data analytics and iot in disaster management: Recent advances, taxonomy and prospects," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 54595–54614, 2019.
- [23] A. Asrul, F. Tamrin, and A. Arman, "Integration of wifi and mobile communications in fire early warning data sending in home based on the internet of things," *Ceddi Journal of Information System and Technology (JST)*, vol. 1, pp. 1–6, 04 2022.
- [24] S. L. Hung, J. T. Ding, and Y. C. Lu, "Developing an energy-efficient and low-delay wake-up wireless sensor network-based structural health monitoring system using on-site earthquake early warning system and wake-on radio," *Journal of Civil Structural Health Monitoring*, vol. 9, pp. 103–115, 02 2019.
- [25] A. Zambrano, I. Perez, C. Palau, and M. Esteve, "Technologies of internet of things applied to an earthquake early warning system," *Future Generation Computer Systems*, vol. 75, pp. 206–215, 2017.
- [26] R. M. Allen, Q. Kong, and R. Martin-Short, "The myshake platform: A global vision for earthquake early warning," *Pure and Applied Geophysics*, vol. 177, pp. 1699–1712, 04 2020.
- [27] K. Mekki, E. Bajic, F. Chaxel, and F. Meyer, "A comparative study of lpwan technologies for large-scale iot deployment," *ICT Express*, vol. 5, no. 1, pp. 1–7, 2019.
- [28] M. Esposito, L. Palma, A. Belli, L. Sabbatini, and P. Pierleoni, "Recent advances in internet of things solutions for early warning systems: A review," *Sensors*, vol. 22, no. 6, 2022.
- [29] R. Nordin, H. Mohamad, M. Behjati, A. H. Kelechi, N. Ramli, K. Ishizu, F. Kojima, M. Ismail, and M. Idris, "The world-first deployment of narrowband iot for rural hydrological monitoring in unesco biosphere environment," in *2017 IEEE 4th International Conference on Smart Instrumentation, Measurement and Application (ICSIMA)*, pp. 1–5, 2017.

- [30] S.-H. Hwang and S.-Z. Liu, "Survey on 3gpp low power wide area technologies and its application," in *2019 IEEE VTS Asia Pacific Wireless Communications Symposium (APWCS)*, pp. 1–5, 2019.
- [31] Y. Ran, "Considerations and suggestions on improvement of communication network disaster countermeasures after the wenchuan earthquake," *IEEE Communications Magazine*, vol. 49, no. 1, pp. 44–47, 2011.
- [32] S. Popli, R. K. Jha, and S. Jain, "A survey on energy efficient narrowband internet of things (nb-iot): Architecture, application and challenges," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 16739–16776, 2019.
- [33] L. D'Errico, F. Franchi, F. Graziosi, A. Marotta, C. Rinaldi, M. Boschi, and A. Colarieti, "Structural health monitoring and earthquake early warning on 5g urllc network," in *2019 IEEE 5th World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, pp. 783–786, 2019.
- [34] J. Ling, H. Zhang, and Y. Lin, "Improving urban land cover classification in cloud-prone areas with polarimetric sar images," *Remote Sensing*, vol. 13, no. 22, 2021.
- [35] A. Salem and L. Hashemi-Beni, "Inundated vegetation mapping using sar data: A comparison of polarization configurations of uavsar l-band and sentinel c-band," *Remote Sensing*, vol. 14, no. 24, 2022.
- [36] J. Pan, Y. Yin, J. Xiong, W. Luo, G. Gui, and H. Sari, "Deep learning-based unmanned surveillance systems for observing water levels," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 73561–73571, 2018.
- [37] M. Kuller, K. Schoenholzer, and J. Lienert, "Creating effective flood warnings: A framework from a critical review," *Journal of Hydrology*, vol. 602, p. 126708, 2021.
- [38] S. Fakhruddin, A. Kawasaki, and M. S. Babel, "Community responses to flood early warning system: Case study in kajuri union, bangladesh," *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 14, pp. 323–331, 2015.
- [39] S. Keoduangsine and R. Goodwin, "An appropriate flood warning system in the context of developing countries," *International Journal of Innovation, Management and Technology*, vol. 3, no. 3, p. 213, 2012.
- [40] R. P. K. Lam, L. P. Leung, S. Balsari, K. Hsun Hsiao, E. Newnham, K. Patrick, P. Pham, and J. Leaning, "Urban disaster preparedness of hong kong residents: A territory-wide survey," *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 23, pp. 62–69, 2017.

- [41] D. Mu, T. R. Kaplan, and R. Dankers, “Decision making with risk-based weather warnings,” *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 30, pp. 59–73, 2018. Communicating High Impact Weather: Improving warnings and decision making processes.
- [42] J. W. Mills and A. Curtis, “Geospatial approaches for disease risk communication in marginalized communities,” *Progress in community health partnerships: Research, education, and Action*, vol. 2, no. 1, pp. 61–72, 2008.
- [43] K. K. Stephens, A. K. Barrett, and M. J. Mahometa, “Organizational communication in emergencies: Using multiple channels and sources to combat noise and capture attention,” *Human Communication Research*, vol. 39, no. 2, pp. 230–251, 2013.
- [44] A. Aitsi-Selmi, S. Egawa, H. Sasaki, C. Wannous, and V. Murray, “The sendai framework for disaster risk reduction: Renewing the global commitment to people’s resilience, health, and well-being,” *International journal of disaster risk science*, vol. 6, no. 2, pp. 164–176, 2015.

PHỤ LỤC

A Một số phương pháp đo và hiệu chuẩn

Phụ lục cần thêm (nếu có) ...