

CERCETĂRI PRIVIND DEZVOLTAREA UNUI SISTEM AUTOMAT INTELIGENT DE MONITORIZARE ȘI AVERTIZARE BAZAT PE MICROCONTROLLERE

REZUMAT

Conducător științific
Prof. Dr. Ing. Mihaela Oprea

Doctorand
Buruiană Vasile

Cuvinte cheie: avertizare, inteligență artificială, sisteme încorporate, microcontrollere, monitorizare, sisteme open-source, traductoare inteligente;

Evenimentele produse în ultimul timp în întreaga lume au determinat ca toată atenția comunității științifice internaționale să se îndrepte asupra unor serii de fenomene noi, nemaîntâlnite până acum, dintre care se pot enumera cutremure, inundații, alunecări de teren, condiții meteo deosebite, cu implicații grave din punctul de vedere al poluării masive și a pagubelor materiale. În aceste condiții se impun activități de cercetare și dezvoltare de sisteme și instrumente noi, staționare, mobile sau portabile, pentru identificarea, avertizarea și implicit tratarea situațiilor de urgență în timp rapid și evitarea catastrofelor.

În această teză, discuțiile și aria de aplicabilitate a sistemelor de monitorizare și avertizare pe bază de microcontrollere sunt orientate în special în domeniul protecției mediului înconjurător, dar sunt propuse aplicații și teme de cercetare și în alte domenii de interes. Progresul rapid în domeniul tehnicii de calcul și al componentelor hardware din ultimii ani a permis elaborarea mai multor direcții de dezvoltare a sistemelor de monitorizare-avertizare pe bază de microprocesoare și microcontrollere, particularizate în funcție de procesele vizate, programate prin rutine de asamblare sau cu ajutorul sistemelor de operare specializate. În acest sens, lucrarea propune o varietate largă de direcții de dezvoltare corespunzătoare aplicațiilor de mediu, de securitate, medicale sau industriale.

Capitolul 1 prezintă o viziune generalizată asupra sistemelor de monitorizare a proceselor, implementarea sub formă de structuri ierarhice, precum și caracteristicile principale ale sistemelor pe bază de microprocesoare, microcontrollere și *rețele de senzori*.

Capitolul 2 expune studiul efectuat asupra literaturii de specialitate din punctul de vedere al proceselor de mediu, analizând o serie de sisteme experimentale de monitorizare și avertizare implementate pe bază de microcontrollere folosind tehnici de inteligență artificială. Sunt stabilite aspectele urmărite în dezvoltarea sistemului propus. De asemenea este realizată o modelare generică a unui sistem de monitorizare și avertizare cu ajutorul rețelelor Petri.

Capitolul 3 prezintă principalele contribuții ale lucrării de față, și totodată descrie dezvoltarea unei arhitecturi pe baza a două microcontrollere-master în tehnologie SoC (System on a Chip – Anexa 1). Din punct de vedere hardware, sistemul BSD ([130], [131], [132]) Data Logger (BSDLog) propus în această lucrare a fost dezvoltat inițial pe baza unui microcontroller produs de compania Samsung, specific domeniului telefoniei mobile. Datorită instabilității sistemului de operare și lipsei documentației, cercetările au fost continuate pe baza unui microcontroller produs de compania Marvell. Din punct de vedere hardware sunt prezentate interfețele de monitorizare și avertizare. Pentru componenta software a fost definitivată o metodă de implementare a sistemului de operare Unix BSD, singurul sistem din familia BSD existent la acea dată cu suport pentru microcontrollere în arhitectură pe 32 de biți. Este prezentat un concept original de modularizare, atât din punct de vedere hardware cât și din punct de vedere software, similar cu conceptul *holonic*. Elementele de inteligență artificială sunt regăsite, din punct de vedere modular, atât la nivelul microcontrollerului master cât și la nivelele ierarhice inferioare, în interiorul traductoarelor. Prin intermediul unui studiu de caz, descris la sfârșitul capitolului, este prezentată o tehnică de implementare la nivel de microcontroller al unui sistem ANFIS dezvoltat în mediul MatLab. În subcapitolul 3.5, sistemul BSDLog este descris prin intermediul rețelelor Petri colorate.

Capitolul 4 prezintă un număr de cinci experimente practice, în care sistemul BSDLog a efectuat următoarele funcții:

- Monitorizarea procesului de reglare a nivelului și debitului unui fluid în stația compactă didactică FESTO, în cadrul laboratorului de studiu al proceselor “*prof. dr. ing. Vasile Marinoin*” din catedra de Automatică și Calculatoare a Universității Petrol-Gaze din Ploiești;
- Monitorizarea parametrilor de calcimetrie la sondele de foraj în cadrul companiei Rompetrol, și transmisia la distanță a acestor parametri

folosind protocolul standard de comunicație în industria de foraj și extracție;

- Monitorizarea radiațiilor gamma dintr-un perimetru specificat și avertizarea la distanță a nivelului de alertă sub formă de mesaje, date numerice și coordonate geografice;
- Monitorizarea procesului de funcționare a unui motor în patru timpi pe baza amestecului oxigen-hidrogen extras din apă, capitol în care am prezentat un traductor inteligent de vibrații pe bază de rețea neuronală artificială hardware, construit de autor, pentru identificarea defectelor din sistemul de ungere. În acest capitol este prezentată și o metodă de control al funcționării motorului în condițiile noi impuse de modificări, prin includerea unui timp de întârziere a detonării amestecului carburant.
- Monitorizarea proceselor hidrologice de scurgere a precipitațiilor și de modificare a nivelului principalelor râuri din bazinul Prahova, precum și avertizarea în cazul producerii de inundații, lucrare efectuată în colaborare.

Ultimul capitol prezintă concluziile finale ale tezei, subliniind contribuțiile aduse în lucrare cât și direcțiile viitoare de cercetare.

CUPRINS

Introducere	12
Capitolul 1. Monitorizarea proceselor	16
1.1. Caracteristici și obiective generale ale proceselor	16
1.2. Structuri de monitorizare	19
1.3. Caracteristici generale ale sistemelor de monitorizare	20
1.4. Tipuri de sisteme de monitorizare	21
1.4.1. Sisteme de monitorizare pe bază de microprocesoare	21
1.4.2. Sisteme de monitorizare pe bază de microcontrollere	23
1.4.3. Sisteme de monitorizare pe baza rețelelor de senzori	24
1.5. Concluzii parțiale	26
Capitolul 2. Sisteme automate pentru monitorizarea proceselor de mediu	28
2.1. Stadiul actual și tendințe ale cercetării în domeniul monitorizării proceselor de mediu	31
2.2. Arhitectura unui sistem automat de monitorizare și avertizare	41
2.3. Modelarea unui sistem de monitorizare și avertizare cu ajutorul rețelelor Petri	45
2.4. Concluzii parțiale	48
Capitolul 3. Contribuții la dezvoltarea unui sistem automat inteligent de monitorizare și avertizare pe bază de microcontrollere	51
3.1. Arhitectura sistemului automat BSDLog de monitorizare și avertizare pe bază de microcontrollere	52
3.2. Structura hardware a sistemului BSDLog	56
3.2.1. Arhitecturi de calcul ale microcontrollerelor	58
3.2.2. Dezvoltarea sistemului pe baza microcontrollerului Samsung S3C2440	62
3.2.3. Dezvoltarea sistemului pe baza microcontrollerului Marvell 88F6281	65
3.2.4. Interfața de monitorizare	67
3.2.5. Interfața de avertizare	73
3.3. Structura software a sistemului BSDLog	76
3.3.1. Nivelele software de aplicație	81
3.3.2. Implementarea sistemului de operare Unix 8.0BSD cu specificațiile microcontrollerelor S3C2440 și Marvell 88F6281	83
3.3.3 Implementarea programului-driver de descriere a sistemului	94

modular de monitorizare în concept <i>holonic</i>	
3.4. Elementele de inteligență artificială	101
3.4.1. Traductoare inteligente	101
3.4.2. Tehnici de inteligență artificială pentru monitorizare și avertizare inteligentă	104
3.4.3. Studiu de caz – monitorizarea inteligentă a parametrului pH al apelor uzate	107
3.5. Modelarea sistemului prin intermediul rețelelor Petri	112
3.6. Integrarea sistemului BSDLog în rețele de senzori	124
3.7. Concluzii parțiale	126
Capitolul 4. Cercetări experimentale	128
4.1. Monitorizarea procesului de acumulare și transport în sistemul compact didactic FESTO	129
4.1.1. Prezentarea aplicației propuse	129
4.1.2. Sistemul experimental	130
4.1.3. Rezultate experimentale	136
4.2. Monitorizarea parametrilor de calcimetrie la sondele de foraj și transmisia la distanță a acestora	141
4.2.1. Problema monitorizării calcimetriei	141
4.2.2. Sistemul experimental	145
4.2.3. Rezultate experimentale	149
4.3. Monitorizarea radiațiilor gamma și avertizarea la distanță a nivelului de alertă	159
4.3.1. Problema monitorizării radioactivității	159
4.3.2. Sistemul experimental	160
4.3.3. Rezultate experimentale	165
4.4. Monitorizarea funcționării unui motor în patru timpi pe baza amestecului oxigen-hidrogen extras din apă	168
4.4.1. Prezentarea aplicației	168
4.4.2. Sistemul experimental	172
4.4.3. Traductorul inteligent de vibrații TIV-RNAH	186
4.4.4. Rezultate experimentale	196
4.5. Monitorizarea proceselor hidrologice în bazinul râului Prahova și avertizarea în cazul producerii de inundații	201
4.5.1. Problema monitorizării parametrilor în hidrologie	201
4.5.2. Sistemul experimental	201

4.5.3. Rezultate experimentale	204
4.6. Concluzii parțiale	208
Capitolul 5. Concluzii finale, contribuții originale și direcții viitoare de cercetare	211
Lista lucrărilor publicate	217
Bibliografie	218
Webografie	225
Anexe	228
Anexa 1. Acronime și prescurtări folosite pe parcursul lucrării	229
Anexa 2. Schema electrică a unității centrale dezvoltate în jurul microcontrollerului Samsung S3C2440	233
Anexa 3. Schema electrică a unității dezvoltate în jurul microcontrollerului Marvell 88F6281	235
Anexa 4. Funcțiile de lucru cu blocul experimental de achiziție (TLC1543)	237
Anexa 5. Programul experimental de funcționare al microcontrollerului interfeței de monitorizare	241
Anexa 6. Funcțiile de comunicare cu interfața de monitorizare	248
Anexa 7. Configurația nucleului sistemului Unix 8.0BSD-Beta2 pentru microcontrollerul Samsung S3C2440	251
Anexa 8. Configurația nucleului sistemului Unix 8.0BSD-Beta2 pentru microcontrollerul Marvell Kirkwood 88F6281	253
Anexa 9. Programul experimental de monitorizare a stației didactice Festo pentru monitorizarea proceselor	255
Anexa 10. Programul experimental de monitorizare a cantității de radiații gamma – programul intern al microcontrollerului PIC16F84	257
Anexa 11. Sistemul software de monitorizare a inundațiilor pe o zonă geografică	259

A RESEARCH IN INTELLIGENT, MICROCONTROLLER-BASED MONITORING AND WARNING SYSTEMS DEVELOPMENT

ABSTRACT

PhD supervisor
Prof. Dr. Ing. Mihaela Oprea

PhD candidate
Ing. Vasile Buruiană

Keywords: artificial intelligence, intelligent transducers, embedded systems, microcontrollers, monitoring, open-source systems, unix, warning

Recently a number of extreme events in all countries determined the international scientific community to focus its attention on a series of new, unseen before phenomena, such as earthquakes, floods, landslides, extreme weather, with serious implications in terms of massive pollution and physical damage to the economy, population and environment damage. These conditions require massive research and development of new, stationary, mobile and portable instruments to identify, warn and measures taking in real time for avoiding disasters.

In this thesis, the research in microcontroller-based monitoring and warning systems is mainly focused in the field of environmental protection, but also other applications and research topics are proposed, in other areas of interest. Rapod advances in hardware and computer science in recent years has allowed the research to expand in several lines of development of monitoring-warning system around microprocessors and microcontrollers, customised for particular processes, using assembly languages routines or specialized operating system. In this sense, the paper proposes a variety of research directions for developing applications in fields such as environment protection, security, medical and industrial.

The first chapter presents a general vision on process monitoring systems, implementation in a hierarchical structure, as well as main characteristics of microprocessor, microcontroller and sensor network systems.

Chapter 2 describes the current state of research and achievements, analysing a series of experimental system, based both on microprocessors and microcontrollers, using different programming techniques, from simple programming to artificial intelligence techniques. The basic architecture of a

monitoring and warning system is presented, as well as its Coloured Petri Network model.

Chapter 3 presents the main contributions of this paper, and also describes the development of an architecture around two, state of the art System on a Chip microcontrollers. In hardware terms, the BSD Data Logger System, proposed in this paper, was originally developed around a microcontroller manufactured by Samsung, specific to mobile multimedia applications. Due to operating system instability and lack of documentation, the research was focused on a microcontroller manufactured by Marvell. The development of both monitoring and warning interfaced is present. The software component has been developed using the Open Source Unix FreeBSD operating system, the only BSD-family system available at that time with fully documented support for 32-bit microcontroller architecture. It is presented an original concept of modularity, both in terms of hardware and software, similar to holonic concept. Artificial intelligence components are located both at master and lower hierarchical levels. Through a case study described at the end of the chapter, a practical implementation of a MatLab-exported Artificial Neural Network – Fuzzy Inference system is presented.

Chapter 4 presents a set of five experiments, as following:

- Fluid level and flow process monitoring within a Festo Compact Didactic Workstation, performed in „Prof. Phd. eng. Vasile Marinoiu” laboratory, Petroleum and Gas University of Ploiesti;
- Calcimetry monitoring in two drill well sites and remote data transmission in Wellsite Information Transfer Specification standard, performed in Rompetrol S.A. company;
- Gamma radiation monitoring on a specified perimeter, and remote transmission of warning signal, measured data and geographic coordinates;
- Monitoring of a modified, hydrogen, ignition-based engine in terms of process security, considering the risks in handling such a fuel. In this chapter it is also presented a custom-made intelligent vibration transducer based on hardware neural network, to identify defects in the lubrication system. Within this chapter it is also presented a method of ignition timing under the new fuel conditions;
- A real-time flood monitoring and warning system for changes in the level of main Prahova-basin rivers, work which was performed in collaboration.

The last chapter presents the final conclusions of the theses, highlighting the original contributions and an evaluation of future research directions.

CONTENTS

Introduction	12
Chapter 1. Processes monitoring	16
1.1. Characteristics and general objectives of the process	16
1.2. Monitoring structures	19
1.3. General characteristics of monitoring systems	20
1.4. Types of monitoring systems	21
1.4.1. Microprocessor-based monitoring systems	21
1.4.2. Microcontroller-based monitoring systems	23
1.4.3. Sisteme de monitorizare pe baza rețelelor de senzori	24
1.5. Partial conclusions	26
Chapter 2. Automatic systems for environmental monitoring	28
2.1. Current state and tendencies of research in environmental monitoring processes	31
2.2. Architecture of an automatic monitoring and warning system	41
2.3. Modeling a monitoring and warning system using Petri nets	45
2.4. Partial conclusions	48
Chapter 3. Contributions to the development of automated intelligent, microcontroller-based monitoring and alert systems	51
3.1. Architecture of the BSDLog microcontroller-based monitoring and warning system	52
3.2. Hardware structure of BSDLog system	56
3.2.1. Architecture of microcontroller central processing unit core	58
3.2.2. Development based on Samsung S3C2440 microcontroller	62
3.2.3. Development based on Marvell 88F6281 microcontroller	65
3.2.4. The monitoring interface	67
3.2.5. The warning interface	73
3.3. Software structure of BSDLog system	76
3.3.1. Application levels	81
3.3.2. Implementation of the Unix FreeBSD 8.0 Operating System with specifications for Marvell 88F6281 and Samsung S3C2440 microcontrollers	83
3.3.3 Implementation of the driver-program for <i>holonic</i> conception modular concept description	94
3.4. Elements of artificial intelligence	101
3.4.1. Intelligent transducers	101

3.4.2. Artificial intelligence techniques for intelligent monitoring and warning	104
3.4.3. A case Study - Intelligent pH monitoring in waste water	107
3.5. System modeling using Petri nets	112
3.6. Integration of BSDLog system in sensor networks	124
3.7. Partial conclusions	126
Chapter 4. Experimental research	128
4.1. Monitoring the accumulation and transport processes inside the Festo Compact Didactic Workstation	129
4.1.1. Proposed application	129
4.1.2. Experimental system	130
4.1.3. Experimental results	136
4.2. Calcimetry parameters monitoring and remote transmission in well sites	141
4.2.1. Calcimetry monitoring	141
4.2.2. Experimental system	145
4.2.3. Experimental results	149
4.3. Gamma radiation monitoring and remote alert level warning	159
4.3.1. Radiation monitoring	159
4.3.2. Experimental system	160
4.3.3. Experimental results	165
4.4. Monitoring of a four-stroke, oxygen-hydrogen-based ignition engine	168
4.4.1. Proposed application	168
4.4.2. Experimental system	172
4.4.3. The TIV-RHAH intelligent vibration transducer	186
4.4.4. Experimental results	196
4.5. Monitoring of hydrological processes in Prahova river basin and real time flood warning	201
4.5.1. Hydrological parameters monitoring	201
4.5.2. Experimental system	201
4.5.3. Experimental results	204
4.6. Partial conclusions	208
Chapter 5. Final conclusions, original contributions and future	211

research directions		
List of published papers		217
Bibliography		218
Web sites bibliography		225
Annexes		228
Annex 1. Acronyms and abbreviations used throughout the paper		229
Annex 2. Wiring diagram of Samsung S3C2440 BSDLog mainboard		233
Annex 3. Wiring diagram of Marvell 88F6281 BSDLog mainboard		235
Annex 4. Experimental (TLC1543-based) data acquisition unit – operating functions		237
Annex 5. Experimental monitoring interface embedded software		241
Annex 6. Warning interface – operating software functions		248
Annex 7. 8.0BSD Beta 2 Unix system kernel configuration for Samsung S3C2440 microcontroller		251
Annex 8. 8.0BSD Beta 2 Unix system kernel configuration for Marvell Kirkwood 88F6281		253
Annex 9. The experimental monitoring program for Festo Didactic Workstation		255
Annex 10. The experimental program for gamma radiation monitoring - Internal PIC16F84 microcontroller program		257
Annex 11. The flood monitoring software		259

UNE RECHERCHE DE DÉVELOPPEMENT EN INTELLIGENT, SURVEILLANCE ET ALERTE SYSTEMES À BASE DE MICROCONTRÔLEUR

RÉSUMÉ

Directeur de these
Prof. Dr. Ing. Mihaela Oprea

Candidat au doctorat
Ing. Vasile Buruiană

Mots-clés: intelligence artificielle, capteurs intelligents, systèmes embarqués, microcontrôleurs, surveillance, systèmes open-source, unix, avertissement

Récemment, un certain nombre d'événements extrêmes dans le monde ont déterminée la communauté scientifique internationale à concentrer son attention sur une série de nouvelles, ne pas rencontré avant phénomènes, tels que séismes, inondations, glissements de terrain, conditions météorologiques extrêmes, avec des conséquences graves en termes de pollution massive et dommage physique à l'économie, la population et l'environnement. Ces conditions nécessitent une recherche massive et le développement de nouvelles, systèmes et instruments fixes, mobiles et portables pour identifier, prévenir et prendre des mesures en temps réel et pour éviter les catastrophes.

Dans cette thèse, la recherche dans les systèmes basé sur microcontrôleurs pour surveillance et d'alerte se concentre principalement dans le domaine de la protection de l'environnement, mais aussi d'autres applications et thèmes de recherche sont proposées, dans d'autres domaines d'intérêt. Progrès rapod dans le matériel et l'informatique ces dernières années a permis à la recherche de se développer dans plusieurs lignes de développement de la surveillance du système d'alerte autour de microprocesseurs et microcontrôleurs, personnalisés pour des procédés particuliers, en utilisant programmes en langages d'assemblage ou système d'exploitation spécialisé. En ce sens, le document propose une variété de directions de recherche pour développer des applications dans des domaines tels que protection de l'environnement, la sécurité, médical et industriel.

- Le premier chapitre présente une vision générale sur les systèmes de surveillance des processus, mise en œuvre dans une structure hiérarchique, ainsi que les principales caractéristiques des systèmes de réseau microprocesseur, microcontrôleur et le capteur.
- Le chapitre 2 décrit l'état actuel de la recherche et les réalisations, l'analyse d'une série de système expérimental, basé à la fois sur les microprocesseurs et microcontrôleurs, en utilisant des techniques de programmation différents, de la programmation simple à des techniques d'intelligence artificiel. L'architecture de base d'un système de suivi et d'alerte est présentée, ainsi que son modèle de réseau de Petri coloré.

- Le chapitre 3 présente les principales contributions de cet article, et aussi décrit le développement d'une architecture autour de deux microcontrôleurs fabriqués sur la dernière technologie «système sur un substrat de silicium". En ce qui concerne les composants électroniques, le BSD Système d'Exploitation des Données (BSDLog), proposé dans le présent document, a été initialement développé autour d'un microcontrôleur fabriqué par Samsung, spécifique à applications multimédias mobiles. En raison de l'instabilité du composant programmable et le manque de documentation, la recherche a été axée sur un microcontrôleur fabriqué par Marvell. Le développement de la surveillance et d'alerte interfacés sont présentés. Le composant logiciel a été développé en utilisant l'open source du système d'exploitation Unix FreeBSD, le seul BSD système disponible à ce moment-là avec la documentation pleinement pour l'architecture microcontrôleur 32-bit. Il est présenté un concept original de la modularité, à la fois en termes de matériel et de logiciels, semblables au concept holonique. Éléments de l'intelligence artificielle sont situés à la fois au maître et des niveaux hiérarchiques inférieurs. Grâce à une étude de cas décrit à la fin du chapitre, une mise en œuvre pratique d'un matlab exporté réseau neuronal artificiel - système d'inférence floue (ANFIS) est présenté.

Le chapitre 4 présente une série de cinq expériences, comme suite:

- Surveillance de niveau et processus de flux de liquide au sein d'une station de travail Festo Didactic Compact, réalisée en Pétrole et Gaz Université de Ploiesti;
- Surveillance de calcimétrie dans deux sites de forage et transmission de données à distance en utilisant un industriel norme de transfert, réalisée en Rompetrol S.A. société;
- Surveillance des rayonnements gamma sur un périmètre précisé, et la transmission à distance d'un signal d'alerte, les données mesurées et les coordonnées géographiques;
- Surveillance d'un moteur à quatre temps, modifiés pour fonctionner à l'hydrogène, étant donné les risques dans le traitement de ce type de carburant. Il est présenté un transducteur intelligent pour mesure des vibrations, basé sur un réseau neuronal artificiel, pour identifier les défauts dans le système de lubrification. Il est aussi présenté une méthode de calage de l'allumage dans les conditions nouvelles de carburant;
- La surveillance de processus de fuite hydrologiques et des changements de précipitation dans le niveau des rivières principales dans le bassin du Prahova, et l'avertissement en cas d'inondation. Le travail est effectué en collaboration.

Le dernier chapitre présente les conclusions finales de la thèse, en soulignant les contributions aux travaux et les orientations futures de la recherche.

TABLE DES MATIÈRES

Introduction	12
Chapitre 1. Surveillance de processus	16
1.1. Caractéristiques et objectifs généraux du processus	16
1.2. Structures de suivi	19
1.3. Caractéristiques générales des systèmes de surveillance	20
1.4. Types de systèmes de surveillance	21
1.4.1. Les systèmes de surveillance basés sur les microprocesseurs	21
1.4.2. Les systèmes de surveillance basés sur les microcontrôleurs	23
1.4.3. Les systèmes de surveillance basés sur les réseaux de capteurs	24
1.5. Conclusions partielles	26
Chapitre 2. Systèmes automatisés de surveillance de l'environnement	28
2.1. Situation actuelle et tendances de la recherche dans les processus de surveillance de l'environnement	31
2.2. Architecture d'un suivi automatique pour surveillance et alerte	41
2.3. Modélisation d'un système de suivi et alerte en utilisant les réseaux de Petri	45
2.4. Conclusions partielles	48
Chapitre 3. Contribution à l'élaboration d'un système intelligente de suivi et alerte basés sur des microcontrôleurs	51
3.1. Architecture de système BSDLog, microcontrôleurs basés, pour suivi et alerte automatique	52
3.2. La structure électronique de la système BSDLog	56
3.2.1. Architectures des unités centrales des microcontrôleurs	58
3.2.2. Développement du système basé sur le microcontrôleur Samsung S3C2440	62
3.2.3. Développement du système basé sur le microcontrôleur Marvell 88F6281	65
3.2.4. L'interface de surveillance	67
3.2.5. L'interface d'alerte	73
3.3. Structure logiciel du système BSDLog	76
3.3.2. Les niveaux logiciels d'application	81
3.3.2. La mise en œuvre de l'exploitation 8.0BSD Unix avec les spécifications du microcontrôleurs Samsung S3C2440 et Marvell 88F6281	83
3.3.3 La mise en œuvre du programme pilote pour description de	94

concept modulaire holonique	
3.4. Éléments de l'intelligence artificielle	101
3.4.1. Capteurs intelligents	101
3.4.2. Des techniques d'intelligence artificielle pour surveillance et alerte intelligente	104
3.4.3. Analyse de cas - la surveillance Intelligente de pH des eaux résiduaires	107
3.5. La modélisation du système à l'aide des réseaux de Petri	112
3.6. Intégration du BSDLog dans réseaux de capteurs	124
3.7. Conclusions partielles	126
Chapitre 4. La recherche expérimentale	128
4.1. 4.1. Surveillance de les processus d'accumulation et de transport dans le système FESTO enseignement compacte	129
4.1.1. Présentation du projet	129
4.1.2. Le système expérimental	130
4.1.3. Les résultats expérimentaux	136
4.2. La surveillance et transmission de paramètres du calcimétrie dans des appareils de forage	141
4.2.1. La surveillance du calcimétrie	141
4.2.2. Le système expérimental	145
4.2.3. Les résultats expérimentaux	149
4.3. Surveillance des rayonnements gamma et alerte à distance	159
4.3.1. La surveillance radiologique	159
4.3.2. Le système expérimental	160
4.3.3. Les résultats expérimentaux	165
4.4. Contrôle du fonctionnement d'un moteur à quatre temps basé sur mélange oxygène-hydrogène extrait de l'eau	168
4.4.1. Présentation du projet	168
4.4.2. Le système expérimental	172
4.4.3. Le capteur intelligente de vibration TIV-RHAH	186
4.4.4. Les résultats expérimentaux	196
4.5. Suivi des processus hydrologiques dans la rivière Prahova et avertissement d'inondation du bassin et temps réel	201
4.5.1. Le suivi des paramètres hydrologiques	201
4.5.2. Le système expérimental	201
4.5.3. Les résultats expérimentaux	204

4.6. Conclusions partielles	208
Chapitre 5. Conclusions définitives, les contributions originales et recherches futures	211
Liste des travaux publiés	217
Bibliographie	218
Site web bibliographie	225
Annexes	228
Annexe 1. Sigles et abréviations utilisés dans le papier	229
Annexe 2. Le schéma de circuit de la carte mère (BSDLog Samsung S3C2440)	233
Annexe 3. Le schéma de circuit de la carte mère (BSDLog Marvell 88F6281)	235
Annexe 4. Les fonctions d'exploitation de l'unité Expérimentale d'acquisition de données (TLC1543)	237
Annexe 5. Logiciel intégrée d'interface de surveillance expérimentale	241
Annexe 6. Les fonctions de communication à l'interface de surveillance	248
Annexe 7. La configuration du système 8.0BSD Unix noyau-Beta2 pour Samsung Samsung S3C2440 microcontrôleur	251
Annexe 8. La configuration du système 8.0BSD Unix noyau-Beta2 pour Marvell 88F6281 microcontrôleur	253
Annexe 9. Le programme expérimental de suivi du Festo enseignement compacte	255
Annexe 10. Le programme expérimental de surveillance de la quantité de rayonnement gamma - programme interne du PIC16F84 microcontrôleur	257
Annexe 11. Le logiciel de surveillance contre les inondations sur une zone géographique	259