



Universitatea *Transilvania* din Braşov
Şcoala Doctorală Interdisciplinară

Departamentul de Electronică şi calculatoare

Dipl. Ing. Christoph MÜLLER

**APLICABILITATEA SISTEMELOR DE REŢELE
ETHERNET CABLATE ŞI WIRELESS CA SISTEME
DE COMUNICAŢII DE SIGURANŢĂ RELEVANTE
ÎN MINE SUBTERANE**

***APPLICABILITY OF WIRED AND WIRELESS ETHERNET NETWORKING
SYSTEMS AS UNIFIED SAFETY RELEVANT COMMUNICATION SYSTEM
IN UNDERGROUND MINES***

TEZĂ DE DOCTORAT

Rezumat

Conducător ştiinţific:
Prof. univ. dr. ing. Iuliu SZEKELY

BRAŞOV
2013

MINISTERUL EDUCAȚIEI NAȚIONALE
Universitatea *Transilvania* din Brașov
Bd. Eroilor 29, 500036 Brașov, Romania, Tel/Fax: +40 268 410525, +40 268 412088
www.unitbv.ro

ANUNȚ

Vă aducem la cunoștință că în ziua de vineri, **28.09.2013**, ora **10,00**, în **Sala N.II.1, corp N**, la **FACULTATEA DE INGINERIE ELECTRICĂ ȘI ȘTIINȚA CALCULATOARELOR**, va avea loc susținerea publică a tezei de doctorat intitulată: **APLICABILITATEA SISTEMELOR DE REȚELE ETHERNET CABLATE ȘI WIRELESS CA SISTEME DE COMUNICAȚII DE SIGURANȚĂ RELEVANTE ÎN MINE SUBTERANE**, elaborată de domnul **ing. Christoph MÜLLER** în vederea obținerii titlului științific de **DOCTOR**, în domeniul **INGINERIE ELECTRONICĂ ȘI TELECOMUNICAȚII**.

COMISIA DE DOCTORAT

PREȘEDINTE:	- Conf. univ. dr. ing. Carmen GERIGAN DECAN - Fac. de Inginerie Electrică și Știința Calculatoarelor Universitatea "Transilvania" din Brașov
CONDUCĂTOR	- Prof. univ.dr.ing. Iuliu SZEKELY
ȘTIINȚIFIC:	Universitatea "Transilvania" din Brașov
REFERENȚI:	- Prof. univ. dr. ing. Aurel VLAICU Universitatea Tehnică din Cluj Napoca - Prof. univ. dr. ing. Alexandru SĂLCEANU Universitatea Tehnică „Gh. Asachi” din Iași - Prof. univ. dr. ing. Mihai ROMANCA Universitatea "Transilvania" din Brașov

Vă rugăm să luați parte la ședința publică de susținere a tezei de doctorat
În cazul în care doriți să faceți aprecieri sau observații asupra conținutului lucrării, vă rugăm să le transmiteți pe adresa Departamentului de Doctorat al Universității "Transilvania" din Brașov sau prin mail: gszekely@ms.sapientia.ro și/sau diana.thierheimer@unitbv.ro.

RECTOR,
Prof. univ. dr. ing. Ioan Vasile ABRUDAN

SECRETAR DEP. DOCTORAT,
dr. ing. Daniela DRĂGOI

PREFAȚĂ

În cazul unor accidente sau pericole majore în timpul exploatarei miniere în subteran, cum ar fi în Statele Unite ale Americii în anul 2006 sau în Chile în 2010, de multe ori rămân oameni blocați în subteran. În astfel de situații, persoanele blocate nu știu nimic despre cauza accidentului și, de asemenea, nu cunosc locația exactă a pericolului, lucru care îi determină să acționeze bazându-se doar pe ceea ce bănuiesc că s-a întâmplat, pe experiență și pe evaluarea subiectivă a situației. În multe cazuri, când există oameni răniți sau în prezența gazelor periculoase, cum ar fi în minele de cărbune, când timpul disponibil pentru salvare este de multe ori limitat, oamenii trebuie să-și folosească cât mai eficient resursele vitale, cum ar fi filtre de respirație.

De la mijlocul anilor 1990 m-am implicat în proiectarea și implementarea proiectelor de sisteme de comunicații în minele subterane, care include și funcționarea echipamentelor cu telecomandă și complet autonome, implicând atât sisteme de comunicații independente, cât și bazate pe rețea.

Din această situație inițială, ne-am orientat pentru utilizarea rețelelor Ethernet în subteran nu numai ca un mediu de suport pentru date, ci și ca sistem de asistență de siguranță bazat pe locație care, independent de orice infrastructura IT de la suprafață, ar putea să informeze lucrătorii cu privire la locația în care se află, să le ofere în mod simplu comunicații de voce și informare privind mediul și să-i ghideze de-a lungul cablurilor de rețea în adăposturi de protecție sau spre ieșirile de urgență.

Acest aspect a reprezentat baza unor părți dintr-un proiect de cercetare finanțat de *“Fondul de cercetare al Uniunii Europene pentru cărbune și oțel”* (*“RFCS”*) în 2008 sub denumirea de *“Tehnologii de asistență de urgență”* (*“EMTECH”* contract RFCT 2008-0001) cu scopul de a scurta timpul necesar pentru salvare și pentru a da posibilitatea calculării timpului de recuperare. Activitatea inovatoare din cadrul proiectului și aplicațiile comerciale desfășurate de compania mea în acest proiect au condus la depunerea cererii pentru obținerea brevetului internațional.

Aș dori să mulțumesc întregului personal din cadrul companiilor mele pentru participare, făcând ca viziunea să devină realitate. Mulțumiri speciale Inginerului șef de sistem, Dipl. Ing. György Biro, pentru creativitatea sa algoritmică remarcabilă și domnului Andreas Hübner, M. Sc. pentru sprijinul acordat, precum și domnului Prof. Dr. Andreas Noack ale cărui studii de licență, masterat și doctorat în domeniul rețelelor subterane au contribuit împreună la realizarea acestui proiect.

Mulțumiri speciale, de asemenea, tuturor celor de la Universitatea Transilvania din Brașov, în special coordonatorului meu științific, domnul prof.dr.ing. Iuliu Szekely pentru răbdarea, ideile și sprijinul științific profesional, care au ajutat ca această teză să devină realitate.

ABREVIERI

ATEX	Atmosferă explozibilă
BPDU	Bridge Protocol Data Unit (Unitate de date de protocol punte)
CAD	Computer Aided Design (Proiectare asistată de calculator)
CPU	Central Processing Unit (Unitate centrală de procesare)
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol (Protocol de configurare dinamică a gazdei)
EMC	Compatibilitate electromagnetică
IREDES	International Rock Excavation Data Exchange Standard (Standard internațional de schimb de date privind excavațiile de rocă).
LAN	Local Area Network (Rețea locală de calculatoare)
LED	Light Emitting Diode (Diodă electroluminiscentă)
MAC	Media Access Control address (adresa fizică)
MIC	<i>“Mining Infrastructure Computer”</i>
MEMS	Micro Electro Mechanical Systems (Sisteme micro electromecanice)
MMG	Mobile Machine Gateway
MSHA	Mine Safety and Health Administration (Administrația pentru siguranța și sănătatea în mine)
PCB	Printed Circuit Board (Placă de circuit imprimat)
PCB-A	Placa circuit imprimat asamblat
PCI	Peripheral Component Interconnect
RF	Radio Frequency (Frecvență radio)
RFID	Radio Frequency ID (ID frecvență radio)
RSTP	Real Time Spanning Tree Protocol
SIL	Safety Integrity Level (Nivel integritate securitate)
SAR	Search-And-Rescue (Căutare și salvare)
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition (Sistem integrat pentru control și achiziție de date)
SIL	Safety Integrity Level (Nivel de integritate securitate)
SIP	Session Initiation Protocol in VoIp telephony (Protocol pentru transmisie de voce prin internet)
TCP/IP	Transmission Control Protocol / Internet Protocol
TLV	Type Length Value (Valoare lungime tip)

UDP	User Datagram Protocol
UPS	Uninterruptable Power Supply (Sursa de alimetare neîntreruptibilă)
VoIP	Voice over Internet Protocol (Protocol pentru transmisie voce prin internet)
WLAN	Wireless LAN
XML	Extensible Markup Language

CUPRINS

	PREFAȚĂ.....	3
	ABREVIERI.....	4
	Table of Contents.....	7
	REZUMAT.....	8
	INTRODUCERE.....	9
	STRUCTURA TEZEI.....	9
1	MINERITUL ȘI COMUNICAȚII ÎN MINE.....	10
1.1	Exploatații miniere subterane.....	10
1.2	Siguranța în mine subterane.....	10
1.3	Siguranță funcțională.....	10
1.4	Comunicații în mină.....	11
1.5	Rețele Ethernet pentru exploatare minieră.....	11
2	SUPORT DE SIGURANȚĂ PENTRU COMUNICAȚII ÎN MINĂ.....	12
2.1	Funcționalitate extinsă Ethernet.....	12
2.2	Servicii bazate pe locație.....	13
2.3	Funcții de siguranță a rețelei.....	13
2.4	Funcții de asistență de siguranță în funcție de locație.....	14
2.5	Sisteme centrale.....	14
3	IMPLEMENTAREA SISTEMULUI ȘI APARATURII ÎN SUBTERAN.....	15
3.1	Prezentare de ansamblu a implementării sistemului.....	15
3.2	Aparatură și echipament de infrastructură de rețea.....	15
3.3	Dispozitive personale de comunicare.....	17
3.4	Pager.....	17
3.5	Telefon și dispozitiv de comunicare.....	18
3.6	Urmărirea oamenilor, a mașinii, a materialului și a bunurilor.....	18
4	IMPLEMENTAREA SERVERELOR ȘI FUNCȚIONALITATE.....	19
4.1	Sisteme server central.....	19
4.2	Implementarea funcțională a serviciilor de asistență de siguranță.....	19
4.3	Determinarea topologiei de rețea.....	19
4.4	Regim de urgență.....	21
4.5	Rezolvarea situației de urgență la suprafață și recuperare.....	22
5	EXPERIMENTE ȘI DEZVOLTĂRI VIITOARE.....	23
5.1	Testarea aparaturii MIC.....	23
5.2	Comutarea testării RSTP.....	23
5.3	Teste de acoperire WLAN.....	24
5.4	Teste de funcționare a sistemului.....	24
5.5	Experiența de exploatare.....	25
5.6	Opinia autorităților de siguranță.....	26
5.7	Activități viitoare și perspective.....	26
6	CONCLUZII ȘI CONTRIBUȚII ORIGINALE.....	27
6.1	Rezumat.....	27
6.2	Conținutul tezei și concluzii finale.....	28
6.3	Contribuții originale.....	29
	Bibliografie.....	31
	Curriculum Vitae.....	35
	Curriculum Vitae (English).....	37

Table of Contents

	Preface.....	3
	Abbreviations.....	4
	Table of Contents.....	7
	Abstract.....	8
	Introduction.....	9
	Structure of the Thesis.....	9
1	MINING AND MINE COMMUNICATIONS.....	10
1.1	Underground Mining.....	10
1.2	Underground Mine safety.....	10
1.3	Functional Safety.....	10
1.4	Mine Communications.....	11
1.5	Mining Ethernet Networks.....	11
2	SAFETY SUPPORT FOR MINE COMMUNICATIONS.....	12
2.1	Extended Ethernet Functionality.....	12
2.2	Location based services.....	13
2.3	Network Related Safety Functions.....	13
2.4	Location Based Safety Support Functions.....	14
2.5	Central systems.....	14
3	SYSTEM AND UNDERGROUND HARDWARE IMPLEMENTATION.....	15
3.1	System implementation overview.....	15
3.2	Network Infrastructure Hardware and Equipment.....	15
3.3	Personal Communication devices.....	17
3.4	Pager.....	17
3.5	Phone and Communicator.....	18
3.6	Man, Machine, Material and asset tracking.....	18
4	IMPLEMENTATION OF SERVERS AND FUNCTIONALTIY.....	19
4.1	Center Server Systems.....	19
4.2	Functional implementation of Safety Support Services.....	19
4.3	Network Topology Determination.....	19
4.4	Emergency Mode.....	21
4.5	Emergency Mode handling above ground and recovery.....	22
5	EXPERIENCE AND FUTURE DEVELOPMENTS.....	23
5.1	MIC hardware testing.....	23
5.2	Switch RSTP testing.....	23
5.3	WLAN Coverage Tests.....	24
5.4	System Functional Tests.....	24
5.5	Operation experience.....	25
5.6	The view of safety authorities.....	26
5.7	Future activities and outlook.....	26
6	CONCLUSIONS.....	27
6.1	Summary.....	27
6.2	Content of the Thesis and Final Conclusions.....	28
6.3	Original Contributions.....	29
	Bibliography.....	31
	Curriculum Vitae.....	35
	Curriculum Vitae (English).....	37

REZUMAT

Siguranța la locul de muncă devine din ce în ce mai importantă în minele subterane. Având în vedere că minele moderne sunt dotate cu sisteme de rețea bazate pe Ethernet, lucrarea de față descrie ideea utilizării rețelei subterane nu numai în scopuri operaționale, ci și ca platforma computerizată distribuită în sprijinul minerilor din subterane în caz de urgență, sub formă de "Sistem de asistență de siguranță". Autorul respectă, conform dreptului internațional, procedurile și sistemele aferente prezentate în această lucrare.

Conform analizei situației existente, doar Ethernet are flexibilitatea necesară pentru a îndeplini cerințele actuale privind siguranța de funcționare și flexibilitatea sistemelor de comunicații subterane privind securitatea, deoarece poate fi încastrat în structuri de plasă sau inelare.

În cazul în care nodurile rețelei subterane pierd contactul cu serverele de la suprafață, acestea intră în regimul de urgență, menținând rețeaua în funcțiune și informând oamenii cu privire la situațiile critice de mediu și îndrumându-i spre punctele de întâlnire și ieșiri.

În acest scop, a fost necesară dezvoltarea unui nod de rețea hibrid compus dintr-un procesor de aplicație, WLAN și comutator de administrare împreună cu dispozitive portabile. Dezvoltarea funcțională include disponibilitatea funcțiilor centrale într-un model de rețea aleatoriu pentru situații de urgență, precum și pentru asigurarea aplicațiilor de asistență de securitate.

Hardware-ul sistemului este deja implementat, iar lucrarea de față oferă și realizarea conceptului pentru toate funcțiile esențiale. Hardware-ul este deja folosit în scop comercial în minele din Germania, Polonia, Republica Cehă și Slovenia.

INTRODUCERE

Minele subterane sunt zone de lucru potențial periculoase. Prin urmare, siguranța în minele subterane este în mod tradițional reglementată de legislația în domeniu. Aceste reguli se referă, de asemenea, și la comunicarea dintre lucrătorii din subteran și cei de la instalațiile de suprafață. Cu toate acestea, sistemele de comunicare tradiționale, cum ar fi telefoane, precum și operarea actuală a rețelei de comunicare din subteran este foarte utilă în ceea ce privește rupturile cablurilor și necesitatea unor sisteme centrale de suprafață de prelucrare a informațiilor. Acest lucru a făcut să fie necesară găsirea de soluții de comunicare pentru minele subterane, care să ofere cel mai înalt nivel posibil de mobilitate a cablurilor și care să permită sistemului de comunicare să rămână funcțional și să furnizeze informații în caz de urgență.

Necesitatea efectuării acestei cercetări a fost, de asemenea, acceptată de către Fondul de Cercetare al Comisiei Europene pentru Cărbune și Oțel (FCCO), care a acordat un proiect similar de cercetare și dezvoltare pentru tehnologiile de asistență de securitate, subiecte care fac parte din această teză și pe care aceasta se bazează parțial.

Această teză interdisciplinară se concentrează pe crearea unui sistem de comunicații subteran Ethernet cu fir și fără fir, care să aibă capacitatea de a satisface standardele de siguranță funcționale (cum ar fi nivelurile de integritate a siguranței “*SIL*”). Această rețea se menține funcțională atunci când conexiunile la suprafață sunt întrerupte la întâmplare și funcțiile sale de securitate urmăresc locațiile oamenilor, ghidarea oamenilor de-a lungul rețelei în locațiile sigure sau spre ieșirile de urgență și oferă informații de la senzorul de mediu.

STRUCTURA TEZEI

Teza este structurată în cinci capitole principale:

1. Capitolul **Exploatare minieră și comunicații în mină** urmărește explicarea cunoștințelor de bază din industria minieră în subteran și comunicațiile în mină, necesare pentru cititorii care nu sunt familiarizați cu industria minieră, în general, și nevoile speciale de comunicații miniere în subteran, în particular.
2. În capitolul **Suport de siguranță pentru comunicații în mină** se explică utilizarea și aplicarea sistemelor de comunicații bazate pe Ethernet în mineritul subteran, funcțiile suportului de securitate și relevanța acestora pentru viitoarele sisteme de comunicații miniere.
3. **Implementarea hardware-ului subteran** constituie capitolul în care se explică implementarea generală a sistemului de comunicații în mine bazat pe Ethernet și se concentrează pe detaliile de implementare ale aparaturii de rețea.
4. **Implementarea serverelor centrale și funcționalitatea sistemului** – în această secțiune se prezintă punerea în aplicare a sistemelor centrale necesare la suprafață și funcționalitatea sistemului de asistență de siguranță cu detalii despre detectarea situațiilor de urgență și funcționarea rețelei în regimul de urgență.
5. **Experimente și dezvoltări viitoare** este capitolul care conține afirmații cu privire la experiența operațională cu sistemul parțial implementat și o perspectivă a dezvoltărilor viitoare.
6. **Concluzii și contribuții originale**. Este dedicat principalelor constatări ale tezei și evidențiază contribuțiile originale ale autorului.

1 MINERITUL ȘI COMUNICAȚII ÎN MINE

1.1 Exploatații miniere subterane

Exploatarea minieră subterană “constă în săpatul de galerii sau puțuri de mină în pământ pentru a ajunge la zăcămintele subterane de minereu, pentru prelucrare și roci sterile, pentru eliminare, sunt aduse la suprafață prin galerii și puțuri miniere” [1].

Aceste puțuri și galerii sunt necesare pentru orice activitate într-o mină subterană: Acestea trebuie să fie utilizate pentru a furniza materiale în zonele de producție, precum și la locațiile galeriilor și pentru transportul de personal. Un alt scop al puțurilor și galeriilor într-o mină subterană este să asigure că toate zonele din subteran sunt alimentate cu aer proaspăt în mod corespunzător (“ventilație în mină”). Dispunerea geospațială a galeriilor urmează anumite reguli pornind de la nevoile de funcționare, ventilație și securitatea și sănătatea lucrătorilor, în special în ceea ce privește numărul ieșirilor de urgență, amplasarea acestora și distanța față de locurile de muncă [2][3]. Galerile și puțurile conțin, de asemenea, toate liniile de aprovizionare pentru alimentarea continuă cu electricitate, apă potabilă, beton lichefiat etc. [2] și cabluri de comunicare.

Multe procese în minele subterane din ziua de azi sunt automatizate sau exploatate cu telecomandă de la sol, folosind sisteme de comandă a proceselor digitale comparabile pentru controlul instalațiilor de proces [4]. Cu toate acestea, spre deosebire de o instalație supraterană, infrastructura minei se modifică în timp ce instalația (mina) este în funcțiune, ceea ce conduce la modificări frecvente ale rutinei operaționale și determină o dinamică foarte ridicată a sistemului de comandă a procesului.

Ca și în comunicațiile industriale [5] de la suprafață, nevoia permanentă de optimizare a procesului solicită ca toate informațiile de proces on-line să fie disponibile în orice moment și într-un context bazat pe locație. Ținând cont de faptul că structurile de galerii din zilele noastre sunt disponibile în baze de date 2 D sau chiar 3D CAD [6], se poate folosi o vizualizare bazată pe locație care să arate informațiile din mină într-un adevărat model vectorizat 3D [6].

1.2 Siguranța în mine subterane

Accidentele miniere cauzează de multe ori decesul unui număr mare de persoane. Prin urmare, regulile sunt valabile pentru manevrele și evacuarea de urgență în baza legislației naționale și impuse de către autoritățile de siguranță. Rezolvarea cazurilor de siguranță în exploatarea minieră poate fi clasificată în următoarele faze de prevenire: reacție locală rapidă, salvare personală și salvare asistată [7].

În aceste cazuri este important ca oamenii să fie capabili să comunice cu cei de la suprafață pentru a face demersuri privind ajutorul la nivel local (“reacție locală rapidă”), să se unească pentru operațiuni de salvare personală și să permită echipelor de salvare de la suprafață să fie informate despre situație.

1.3 Siguranță funcțională

Ținând cont de faptul că cele mai multe legislații în vigoare privind siguranța în mină au fost create și aplicate înainte de normele legate de siguranța în funcționare [8], care au intrat în vigoare la sfârșitul anului 1990, proiectarea tuturor sistemelor tradiționale de comunicații miniere nu este în măsură să îndeplinească aceste standarde și alte standarde noi.

A fost realizat un studiu cu privire la gradul de siguranță în funcționare necesar pentru sistemele de comunicații subterane în cadrul proiectului de cercetare și dezvoltare EMTECH [7].

Rezultatul unui nivel de integritate a siguranței țintă (SIL) pentru un sistem de comunicații în mină trebuie să fie SIL1 în conformitate cu condițiile preliminare investigate.

1.4 Comunicații în mină

Comunicarea în minele subterane îndeplinește o serie de obiective pentru organizarea proceselor de producție, de logistică și de siguranță. În mod tradițional, sunt disponibile pe piață diferite sisteme de comunicații în mină cu fir și fără fir. Aceste sisteme diferă din punct de vedere al utilizării infrastructurii fizice de comunicare, cât și din punct de vedere al protocoalelor de comunicare folosite [7][9], folosind în principal infrastructuri de telefonie pe bază de cabluri de cupru sau cablu coaxial pentru video sau comunicare RF.

O cercetare cu privire la capacitatea de adaptare a sistemelor de comunicare în mine realizată în cadrul proiectului UE RFC EMTECH [7] a concluzionat că niciunul dintre sistemele de comunicații utilizate în prezent în subteran nu respectă posibilitățile tehnice actuale și nici normele actuale legate de securitate. Motivele identificate au fost lipsa de cablare și dependența de sistemele centrale supraterane. Mai mult, nu există sau este limitată accesibilitatea locală la informațiile vitale de siguranță comunicate prin intermediul acestor sisteme. Lipsa robusteții în cablare și prelucrarea insuficientă și robustețea sistemului sunt intrinsece sistemului, iar dezvoltarea ulterioară bazată pe tehnologiile tradiționale ar fi prea costisitoare și inutilă datorită alternativelor standard disponibile [10].

Este astfel evident că sistemele tradiționale nu pot îndeplini cerințele actuale privind securitatea, sănătatea și siguranța funcțională așa cum sunt cerute de legislația în vigoare și de posibilitățile tehnologice actuale. Aceste rezultate corespund cercetărilor similare efectuate prin studii realizate, de exemplu, în Statele Unite ale Americii, care conduc la noi propuneri legislative aferente [11].

S-au făcut multe încercări în ultimele două decenii pentru a atinge obiectivul de comunicare integratoare, în principal de către furnizorii de sisteme de comunicare. Retrospectiv, este important să realizăm că aceste sisteme au fost dezvoltate cu mult timp înainte ca tehnologiile Internet cu integrarea "*evidentă*" a tuturor comunicațiilor să devină disponibile; în consecință, aceste abordări proprietare au devenit mai mult sau mai puțin depășite odată cu apariția Ethernet-ului standardizat [12].

1.5 Rețele Ethernet pentru exploatare minieră

În același timp, noua tehnologie a evoluat în zona de rețele comerciale. Folosirea rețelilor comerciale ca sistem de transmisie cu prețuri eficiente pentru comunicații multifuncționale chiar și în aplicații tehnice este o filozofie standard în alte industrii. Ethernet acum este folosit la nivel extins în aplicații tehnice în multe industrii. Multe dintre acestea solicită un comportament flexibil în timp real [13]. Ethernet ca atare nu era destinat să fie folosit ca un sistem funcțional de comunicație sigură și nu era destinat să îndeplinească standardele conexe. Între timp, s-a arătat că, în general, Ethernet este potrivit pentru utilizarea în aplicații tehnice în medii critice de siguranță, având în vedere că în prezent există dispozitive industriale care să respecte EN 61508 cu clasele SIL până la SIL3.

Spre deosebire de sistemele tradiționale de comunicații miniere, Ethernet poate fi folosit în structuri inel sau de rețea care se potrivesc perfect cu configurația galeriilor pentru a furniza robustețea necesară a cablurilor. Dacă este combinat cu informații de rețea distribuită și puterea de procesare a aplicației, rețeaua este independentă de sistemele supraterane, iar accesibilitatea locală la informații vitale de siguranță poate fi asigurată. Aceasta este ideea de bază pentru rețeaua bazată pe sistemul de suport de siguranță prezentat în această teză [14] [15].

2 SUPORT DE SIGURANȚĂ PENTRU COMUNICAȚII ÎN MINĂ

2.1 Funcționalitate extinsă Ethernet

În cazul în care puțurile și galeriile sunt dotate cu cabluri de rețea (sau conexiuni fără fir la frecvențe radio) și nodurile de rețea active (switch-uri /comutatoare) sunt amplasate la punctele de trecere, structura rețelei reprezintă subansamblul structurii tunelului minei echipate cu conexiuni de rețea [16][14].

Având în vedere că starea tuturor conexiunilor de rețea și a nodurilor este raportată la un software de vizualizare a minei la suprafață [6], statutul fiecărei conexiuni este direct vizibil în timp real pe un ecran grafic. În plus, aceste informații pot fi prelucrate în scopul obținerii de informații relevante pentru siguranță. Acest lucru face ca configurația fizică a galeriei să fie reprezentabilă prin conexiuni de comunicare ("galerii") și comutatoare ("treceri"). Acest model poate fi utilizat electronic prin calculatoare în subteran și într-o vizualizare bazată pe locația configurației minei [17].

2.1.1 Mobilitatea hardware-ului de rețea

Astfel, Ethernet, în conformitate cu IEEE 802.3 BaseT sau BaseF este configurat utilizând conexiuni directe între doi participanți la rețea în forma de rețele comutate [13] [18]. Aceasta este și configurarea pentru rețelele subterane, pentru care este utilizat în principal cablu de fibră optică [19]. Pentru a preveni situația în care toate cablurile să fie dirijate individual la comutatoare, acestea sunt înălțuite pe o linie cu lățime de bandă largă, care permite utilizatorilor de rețea să se conecteze la rețeaua de bandă largă la aceste comutatoare intermediare [17].

Acest lanț este legat la suprafață printr-o a doua ieșire de mină care formează un inel logic ce creează o configurare cu securitate intrinsecă [20] [14]. Este posibil ca inelele care conțin un număr mare de comutatoare să nu fie suficiente pentru a obține un nivel suficient de siguranță în funcționare. Deoarece mina este o rețea de tuneluri, cablurile suplimentare sunt rutate prin galeriile de interconectare a inelelor (linii punctate în figura 1) pentru a crește mobilitatea de cablare a întregii instalații [14].

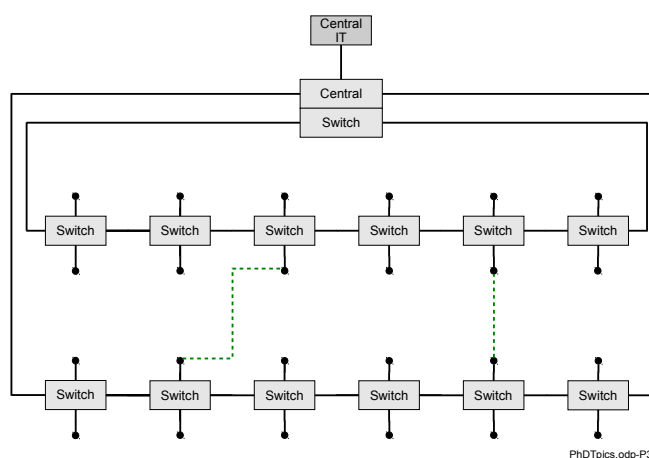


Figura 1: Inele cu conexiuni redundante

Acest lucru solicită ca toate comutatoarele să poată să gestioneze în mod activ funcțiile RSTP [21], activând și dezactivând legăturile de rezervă.

2.1.2 Mobilitatea funcțională a rețelei

Pentru funcționarea unei rețele Ethernet sunt necesare servicii centrale, de exemplu pentru atribuirea adresei dinamice IP [22] sau pentru a oferi servicii "Voice over IP" în cadrul unei rețele [23]. Aceste servicii centrale, de obicei, sunt furnizate de servere centrale situate în clădirile de birouri de la suprafață. În cazul în care se pierde toate comunicările la sol, aparatele subterane alimentate de la baterie vor continua să fie funcționale; cu toate acestea, serviciile

centrale vor fi deconectate făcând ca aparatura de rețea să fie inutilizabilă.

Prin urmare, în situația în care se pierde conexiunea la rețea în mod aleatoriu [14], o rețea subterană de siguranță trebuie să mențină sub tensiune serviciile de rețea esențiale. Într-o rețea rezistentă fizic, această situație este atât de neobișnuită încât producerea acesteia poate fi interpretată ca o situație de urgență. Prin urmare, disponibilitatea conexiunii la serverele de la suprafață este un criteriu de bază pentru a decide cu privire la modul de funcționare a componentelor de rețea subterane active [14]:

- Servere disponibile = Mod de operare regulat
- Servere nedisponibile = Mod de operare de urgență

Urmând această regulă, fiecare nod de rețea trebuie să fie capabil de la sine să determine acest statut. Prin urmare, software-ul pentru toate serviciile de rețea de bază trebuie să fie disponibil în toate nodurile de rețea active [14] pentru a fi activat în regimul de urgență dacă este necesar.

Când o insulă de rețea formată din noduri de rețea 1-n este deconectată, nodurile din această insulă de rețea negociază între ele care nod trebuie să ofere funcții centrale înainte de a rula în regimul de urgență. În acest mod, funcționalitatea rețelei este limitată la serviciile de bază, cum ar fi de comunicații de voce, de urmărire a persoanelor ("*care unde se află*"), distribuirea de date de mediu și funcții specifice pentru suport de securitate care să ajute la localizarea altor persoane, să furnizeze informații cu privire la echipamentul de siguranță și locațiile de urgență sau să ghideze minierii în locuri sigure și spre ieșiri.

2.2 Servicii bazate pe locație

O condiție prealabilă pentru utilizarea informației de stare a rețelei într-un context bazat pe locație este ca fiecare nod al rețelei să cunoască infrastructura de bază a cel puțin unei părți a minei. Prin urmare, fiecare nod trebuie să aibă la dispoziție informații de bază despre structura galeriilor în mină [14]. Această "*hartă a galeriilor*" este comparabilă cu informațiile dintr-un sistem de navigație de drum care oferă harta străzilor în calculatorul de navigare al unei mașini.

Ca o suprapunere la acest grafic static de tuneluri, configurarea aparaturii rețelei cu nodurile și legăturile în rețea (cabluri), este un subansamblu al graficului static de tuneluri. O a doua suprapunere la harta de tuneluri statice conține toate locațiile echipamentelor în materie de siguranță. Această hartă de suprapunere a locațiilor tuturor reperelor prezintă care dintre acestea este de importanță pentru susținerea securității în subteran cum ar fi ieșirile, camerele de salvare sau echipamentele de prim ajutor. Această "*hartă de informații*" combinată este descărcată la pornirea sistemului în Regimul de operare regulat și este conformă cu baza pentru toate serviciile de asistență de siguranță accesibile în toate locațiile în modul de urgență.

Pentru a utiliza informații de la senzorii de mediu, datele furnizate de senzor trebuie să fie disponibile în cadrul rețelei. În plus, sistemul de monitorizare a mediului trebuie să prelucreze informația senzorului în controlere distribuite în subteran cât mai aproape de senzor. Având în vedere că în prezent datele furnizate de senzor în aproape orice aplicație sunt prelucrate la suprafață, este necesară o schimbare de filozofie pentru ca informația de mediu să poată fi utilizată pentru sisteme de ajutor de siguranță direct în subteran.

2.3 Funcții de siguranță a rețelei

În timpul funcționării, toate nodurile de rețea schimbă telegramele administrative pentru a urmări statutul fiecăruia, starea legăturilor dintre acestea și starea conexiunilor la serverele supraterane. Fiecare nod este capabil să compare aceste informații în timp real cu harta statică de

rețea descărcată pentru a detecta schimbările de funcționare a rețelei și starea conexiunii și folosirea acestei informații pentru aplicații de orientare sau asistență de siguranță.

În caz de urgență în subteran de multe ori este dificil să se stabilească exact unde a început accidentul. La fel ca și conexiunile de rețea (cablurile) rutate printr-un subansamblu de tuneluri, statutul conexiunilor de comunicare legate de funcționarea prin cabluri (și, prin urmare, prin tuneluri), poate fi folosit ca parte a unui "*senzor inteligent pentru locație de urgență*":

Statutul conexiunii de rețea poate arăta dacă oamenii pot sau nu pot trece printr-o galerie, iar schimbarea tranziției în legătură cu informațiile senzorului de mediu pot determina locația probabilă a unei situații de urgență. În același mod, galeriile disponibile ca și căi de evacuare pot fi determinate în mod dinamic cu un grad ridicat de probabilitate.

2.4 Funcții de asistență de siguranță în funcție de locație

Partea centrală a asistenței de siguranță în funcție de locație constă în funcțiile de *urmărire* în vederea ținerii evidenței locațiilor în care se află oamenii la un anumit moment și de stocare permanentă a acestei informații [24]. În sistemele tradiționale, instalate în prezent, informațiile de urmărire sunt disponibile pe serverele centrale exclusiv de la suprafață. Acest lucru este suficient pentru a conduce operațiunile de SAR din afară, dar nu ajută muncitorii din subteran în caz de urgență.

În noua rețea de asistență pentru siguranță, informațiile de urmărire sunt stocate de nodul rețelei cel mai apropiat de senzorul de urmărire dacă senzorul nu este chiar nodul de rețea în sine, de exemplu pentru urmărirea dispozitivelor personale prin intermediul sistemelor LAN fără fir.

Bazându-se pe informațiile de urmărire împreună cu harta statică a minei și suprapuneri pentru structura de rețea, pe echipamentul de securitate și informațiile percepute de senzorii de mediu, rețeaua este capabilă să ajute minerii în caz de urgență să acționeze în modul cel mai sigur posibil și să fie ghidați de-a lungul rețelei către o ieșire de urgență care poate fi folosită în siguranță [14]. De asemenea, se asigură că nu rămâne nimeni în mină.

2.5 Sisteme centrale

Scopul sistemelor centrale este să se ocupe de toată prelucrarea IT la nivel central, necesară pentru ca sistemul să configureze componentele active ale rețelei subterane, pentru a colecta informații de stare în timp real, pentru a stoca înregistrări de urmărire a oamenilor din subteran și pentru a afișa toate informațiile într-un context bazat pe locație în vizualizarea minei.

Astfel, aceste sisteme informatice sunt esențiale pentru funcționarea regulată în timpul producției miniere în modul normal de funcționare al rețelei și acționează ca sursă importantă de informare pentru echipele de salvare și de luare a deciziilor în cazul unei situații de urgență [25].

La funcționarea normală, sistemele centrale se asigură că toate componentele subterane sunt supravegheate de la distanță și rulează pe cele mai recente configurații și firmware. Deoarece rețelele subterane sunt critice pentru producție, acestea prelucrează actualizări programate ale unităților la distanță. Acest lucru, se referă, de asemenea, la actualizările hărților galeriilor și suprapuneri pentru structura de rețea și echipamente de siguranță.

Un server de urmărire stochează toate informațiile de urmărire din mina subterană, în ordine cronologică, pentru a permite reproducerea mișcărilor de-a lungul timpului și să evalueze locația oamenilor înainte de o situație de urgență. Vizualizarea 3D în mină integrează toate aceste informații; de preferință trebuie să fie actualizate în mod dinamic cu configurația recentă a minei direct din sistemul CAD pentru a menține efortul manual rezonabil.

3 IMPLEMENTAREA SISTEMULUI ȘI APARATURII ÎN SUBTERAN

3.1 Prezentare de ansamblu a implementării sistemului

Punerea în aplicare a acestui sistem complex, interdisciplinar, trebuie să ia în considerare patru cazuri diferite de utilizare, și anume **Configurarea** sistemului și a componentelor sale la pornirea inițială, **Exploatarea regulată** pentru funcționarea normală a minei, **Exploatarea în modul de urgență în subteran** și **Exploatarea în modul de urgență la suprafață**.

Aceste cazuri de utilizare, împreună cu siguranța în funcționare preconizată stabilesc cerințe ridicate pentru aparatură în special în ceea ce privește fiabilitatea și puterea de procesare a sistemelor subterane. Cerințele specifice cu privire la aparatură derivă din standardele de protecție (ex EN60079) [26] pentru utilizarea în extracția cărbunelui. De asemenea, configurabilitatea și accesul de la distanță necesită un nivel scăzut de acces la sistemele de operare și încărcătoare de inițializare, fiind astfel nevoie de aparatură personalizată pe baza componentelor autonome.

Proiectul de implementare este limitat la furnizarea aparaturii necesare, împreună cu aplicațiile de bază de suport de siguranță și funcțiile infrastructurii [27].

3.2 Aparatură și echipament de infrastructură de rețea

3.2.1 Sistem informatic pentru infrastructura minelor („MIC“)

Infrastructura inteligentă este implementată folosind o componentă centrală de rețea numită „*Mining Infrastructure Computer*“ sau „*MIC*“ [28]. Această unitate oferă toată funcționalitatea rețelei și toată puterea de calcul la nivelul aplicațiilor distribuite necesară pentru asistența de siguranță în mină în infrastructura de rețea. Având în vedere cerințele pentru aprobare (ex [26]), întregul ansamblu este structurat într-un *Sistem* (Imaginea 1 subteran) și *Module funcționale* (Imaginea 2 în interiorul sistemului). Un *Sistem* în sensul certificării ATEX poate conține *Module funcționale* 1-n.

Sistemul MIC din imaginea 2 conține sistemul *MIC* central (stânga), un cititor RFID (în mijloc) și un comutator suplimentar (dreapta). Această incintă specială a sistemului oferă spațiu pentru patru module funcționale.

Un modul MIC CPU este unitatea centrală de prelucrare a rețelei subterane care asigură funcții de asistență de siguranță [29][30]. Acesta este format dintr-o placă de rețea cu procesor care include două interfețe independente WLAN. Alte componente sunt reprezentate de un comutator gestionat prin fibră optică și o placă electronică personalizată pentru comutarea puterii interne și pentru a asigura siguranța intrinsecă a tuturor interfețelor electrice externe, în conformitate cu Directiva UE 94/9 EU [26].

Această placă asigură siguranța intrinsecă în principal prin limitarea tensiunii și curentului pe liniile electrice externe prin diode, diode Zener și rezistori. Pentru decuplarea componentelor externe sunt utilizate bariere capacitive sau bobine de cuplare optică. Dimensionarea tuturor acestor componente trebuie certificată.



Imaginea 1: Sistemul MIC în instalația subterană

Un microcontroler ATMEL de pe această placă comandă comutatoarele MOSFET pentru patru linii electrice de consum interne pentru dispozitive, care sunt, de asemenea, asigurate cu siguranțe separate în vederea asigurării faptului că în timpul pornirii alimentarea dispozitivelor conectate poate fi comandată secvențial pentru a reduce curentul tranzitoriu la pornire. După instalare, toate componentele sunt capsulate într-un compus de silicon.

În plus față de modulul comutator în interiorul MIC, opțional, pot fi conectate dispozitive “Comutator de tip slave” [31] pentru a extinde numărul de porturi fizice la rețea. Fiecare dispozitiv comutator de tip slave la rândul său este format din maxim trei module PCB – A cu comutator pe bază de fibre optice. Toate dispozitivele cu comutator de tip slave cu un modul MIC CPU sunt în conformitate cu un sistem MIC într-o anumită locație din mină.



Imaginea 2: Sistem MIC System și module

Administrarea tuturor dispozitivelor într-un sistem unic (MIC CPU, WLAN, comutatoare slave și alte potențiale componente periferice) se face prin intermediul unei singure interfețe de utilizator din MIC CPU [32].

3.2.2 Sursă de alimentare independentă

Toate infrastructurile inteligente au nevoie de unități de rezervă de putere cu autonomie de cel puțin 4 ore pentru a putea rula comunicațiile legate de securitate. Acest model nou este alimentat de la surse de alimentare separate cu siguranță intrinsecă, astfel încât unitatea UPS să poate fi introdusă între ieșirea de c.c. a unei surse de alimentare cu siguranță intrinsecă și dispozitivul conectat.

Acest lucru necesită o sursă de alimentare separată pentru circuitele de încărcare deoarece calea consumatorului oricărei surse de alimentare cu siguranță intrinsecă este limitată la aproximativ 22W.

La baza modelului UPS stă un acumulator complet cu siguranță intrinsecă dezvoltat pe baza tehnologiei de celule LiIo. Din aceste celule a fost proiectat un acumulator format din două celule în serie cu o putere totală cumulată de aproximativ 12Wh, un controler pentru acumulatorul LiIo și două circuite separate și independente de siguranță de echilibrare a celulelor ca al doilea nivel de protecție.

O logică hardware asigură faptul că un singur acumulator se poate încărca sau descărca. Astfel este imposibil ca energia electrică să se poată disipa între circuitele de încărcare și descărcare. Acumulatorul ca “acumulator inteligent” este echipat cu o interfață magistrală I²C electronică pentru comunicarea cu procesorul central al UPS.



Imaginea 3: Montarea în cutie

UPS-ul este format din pachete de 6 – 24 de acumatoare. Toate dispozitivele UPS și prin urmare și utilizarea acestora este comandată de la un microcontroler central. Acesta comută anumite acumatoare în modul de încărcare atunci când există sursă de alimentare externă, în timp ce alte două acumatoare sunt simultan în standby pentru a intra în funcțiune în cazul căderii rețelei de energie. Un afișaj LCD suplimentar este conectat la controlerul principal PCB ca interfață

pentru utilizator în afara portului serial care conectează UPS la un nod de rețea de tip MIC (a se vedea 3.2.1).

Acumulatorii se află deja în producția de serie pentru a fi utilizați într-un sistem de automatizare. UPS-ul este încă în curs de testare și aprobare.

3.3 Dispozitive personale de comunicare

Comunicarea personală se referă la toate dispozitivele personale activate de la rețea pe care un lucrător în mină le poate transporta cu el, cum ar fi telefoane VoIP, pagere, calculatoare de buzunar sau alte dispozitive. Aceste dispozitive pot fi atribuite static unei anumite persoane sau sunt atribuite în comun mai multor persoane și alocate dinamic atunci când o persoană coboară în subteran. Modelul sistemului permite aplicarea simultană a ambelor moduri de funcționare.

Dispozitivele personale susțin funcțiile de siguranță pentru a permite urmărirea persoanei care are la ea dispozitivul, emite avertismente acustice, afișează mesaje text legate de siguranță și funcționează ca mijloc de navigație. Unele dispozitive oferă, de asemenea, comunicare Voice - over- IP prin WLAN. În acest scop, a fost conceput un pager și un smartphone, care au fost puse în aplicare în cadrul activității desfășurate pentru această teză.

3.4 Pager

Dispozitivul pager este o unitate mică cu dimensiune de aproximativ 60x40x20mm care este acoperit de o husă textilă și atașat la hainele persoanei cu o clemă sau atașat la centură (imaginea 4 în interiorul încărcătorului). Unitatea conține o celulă de tipul LiLo ca cea folosită în acumuloarele ISBP1, un LAN fără fir “Sistem pe modul” cu un microcontroler pentru a găzdui programe de aplicații mici și un afișaj cu matrice de puncte.

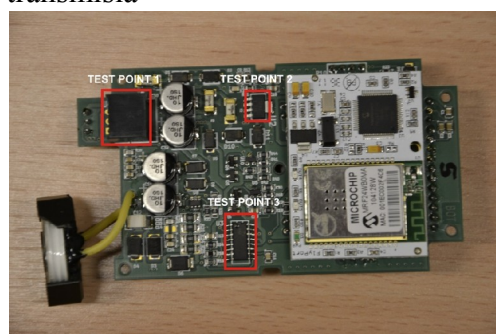
Pager-ul nu are contacte electrice externe. Încărcarea dispozitivului este efectuată printr-o transmisie de putere inductivă. Acest dispozitiv a fost complet conceput pentru a satisface funcțiile de suport de securitate ale alarmelor acustice și optice prin culoarea iluminării de fundal a LCD-ului și pentru urmărirea prin LAN fără fir. În plus, utilizatorul este capabil să trimită și să primească în mod activ mesaje și să declanșeze un apel de pericol (alarmă).

“Sistemul pe modul” este montat pe o mica placă de bază, găzduind conversia de putere, controler-ul de încărcare și transmisia de energie inductivă (imaginea 5). În special transmisia de putere inductivă a fost supusă unor teste extinse în timpul verificării proiectării. Funcția a trebuit să asigure încărcarea celulei la suprafață în mai puțin de 6 ore, pentru a permite pager-ului să fie folosit din nou în schimbul următor.

Pentru a asigura o funcționare generală bună, încărcătorul aferent a fost proiectat direct în legătură cu dispozitivul pager în sine. Încărcătorul și modulele de transmisie inductivă sunt într-o formă identică pentru dispozitivul Smartphone.



Imaginea 4: Pager în suportul de încărcare



Imaginea 5: Pager PCB cu marcasele punctului de testare pentru termografie [33]

3.5 Telefon și dispozitiv de comunicare

Un alt produs special dezvoltat pentru funcții de suport de siguranță a fost un smartphone care se bazează, de asemenea, pe o platformă deschisă "system-on-module", cu putere mare de procesare. În jurul acestui modul a fost nevoie să fie proiectate două PCB-uri pentru a găzdui funcționalitatea telefonului. Din motive de simplitate și pentru a permite testarea cu eforturi rezonabile în producția de serie mică s-a decis proiectarea acestor PCB-uri ca plăci cu strat dublu. Aceste PCB-uri s-au dovedit a fi o provocare semnificativă pentru proiectarea PCB datorită dimensiunii mici a dispozitivului, mai ales că din acest dispozitiv face parte și un modul de aparat de fotografiat cu acumulator separat care poate fi schimbat, un giroscop MEMS și un încărcător inductiv [34].

Testarea aparaturii a fost realizată în special cu accent pe consumul de energie și durata de viață a bateriei [35], precum și privind comportamentul termic al dispozitivului [36], performanțele acustice [37] și testarea funcțională detaliată. La primele teste ale prototipurilor finalizate s-a putut observa o ușoară încălzire a dispozitivului care are legătură cu un consum excesiv de energie de către cipul WLAN [35]. Testarea hardware a tuturor celorlalte dispozitive funcționale, cum ar fi camera foto și giroscopul MEMS a fost finalizată cu succes, la fel și testarea microcontrolerului care se ocupă de logica dispozitivului general și tastatură, precum și unele intrări și ieșiri generale interne, de exemplu un bliț cu LED-uri pentru aparatul de fotografiat și un apel de semnalizare optică.



Imaginea 6: Telefon în suport de încărcare

3.6 Urmărirea oamenilor, a mașinii, a materialului și a bunurilor

Punerea în aplicare a serviciilor de urmărire trebuie să ia în considerare versatilitatea diferitelor surse de informare. Independent de sursă, toate informațiile de urmărire sunt convertite în interiorul primului MIC, unde ajunge pentru unificarea prelucrării în interiorul MIC și pentru a face un scurt istoric disponibil la nivel local. Acesta este trimis la *Centrul de urmărire* de la suprafață în noul format de urmărire standardizat în baza schemelor XML ("standard IREDES" [38]).

Utilizarea informațiilor obținute prin puterea semnalului WLAN în galerii nu este o modalitate perfectă pentru a obține date legate de poziție de la dispozitivele informatice mobile. Pentru utilizarea în clădiri și spații libere există sisteme disponibile în comerț de generare de informații despre locație prin utilizarea puterii semnalului și a raportului semnal-zgomot de la diferite puncte de acces [39]. Aceste sisteme se bazează pe principiul că multe puncte de acces sunt situate la diferite distanțe și în diferite unghiuri față de poziționarea dispozitivului clientului, deoarece sistemele bazate pe sincronizare nu sunt posibile cu tehnologia WLAN [39]. Cu toate acestea într-o galerie, punctele de acces pot fi aliniate numai de-a lungul liniei galeriei, ceea ce determină în principal unghiuri foarte mici, când sunt vizibile doar câteva puncte de acces de la dispozitivul unui utilizator și propagarea semnalului caracteristic într-un tunel nu permite o utilizare neambiguă a curbei de atenuare pentru determinarea locației dispozitivului utilizatorului [40][41][42][43]. Bazându-se pe aceste condiții fizice preliminare și pe utilizarea funcțiilor de urmărire ale MIC, a fost implementată o poartă de siguranță pentru accesul lucrătorilor în zonele periculoase, care folosește două antene WLAN într-o zonă de câmp apropiat pentru a detecta dispozitivele portabile ale oamenilor și direcția lor de mișcare, pentru a face ca serverul *Centrului de urmărire* de la suprafață să calculeze numărul de persoane într-o anumită zonă periculoasă. Vizualizarea se face pe programul de vizualizare al minei ViewCenter 3D.

4 IMPLEMENTAREA SERVERELOR ȘI FUNCȚIONALITATE

4.1 Sisteme server central

Sistemele centrale sunt configurate pentru diferite aplicații ca dispozitiv la distanță și administrare de rețea (“*NetCenter*”, stocarea informațiilor de urmărire (“*TrackCenter*”), comunicații de voce (“*VoIPCenter*”) sau manipularea informațiilor relevante de siguranță (“*SafeCenter*”)[44].

Pentru comunicarea între serverele *Centrului*, precum și pentru comunicarea cu sisteme externe se folosesc Servicii Web. Limbajul de programare este JAVA folosind mediul de dezvoltare Java 2 Enterprise Edition (J2EE) pe serverul de aplicații Oracle Glassfish [45]. O interfață de date deschisă permite utilizatorilor să-și folosească propriile sisteme de baze de date specifice clientului cum ar fi ORACLE etc. Baza de date implicit utilizată este MySQL.

Aceste cerințe conduc la o arhitectură software, așa cum este ilustrată în figura 2. Ori de câte ori este posibil, se folosesc interfețe standardizate. Interfețele standard furnizate pentru sistemele IT ale terților sunt întotdeauna implementate ca servicii web [44].

Modul preferat de aplicare al interfeței interne este, de asemenea, utilizarea serviciilor de Web. Dacă acest lucru nu se aplică din motive specifice, pot fi utilizate alte mijloace, de preferință, pe bază de structuri XML.

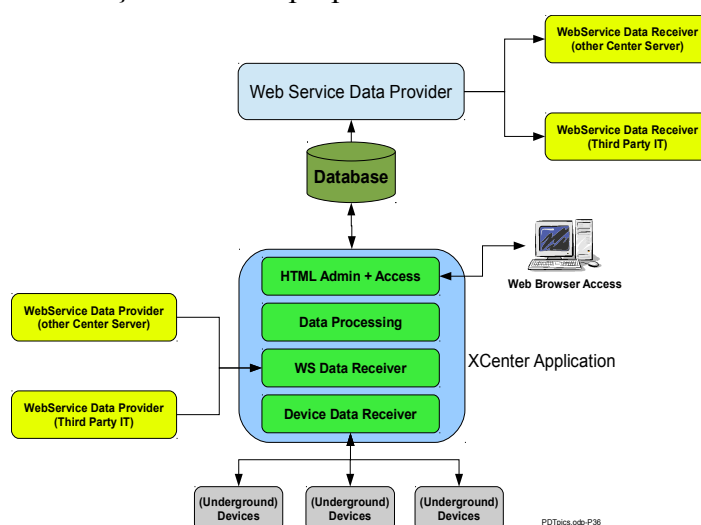


Figura 2: Arhitectura generală a server-ului central

4.2 Implementarea funcțională a serviciilor de asistență de siguranță

Serviciile de asistență de siguranță sunt componente software care rulează pe nodurile de rețea MIC și care se ocupă de toată funcționalitatea nivelului de aplicare a sistemului de asistență de siguranță în timpul funcționării regulate în regim normal, precum și în regimul de urgență. Aceste servicii în mare parte rulează ca o serie de procese LINUX pe aparatura staționară și mobilă și implementează toate funcțiile locale [25].

Programarea acestor servicii se face în C / C++ respectând reguli stricte în ceea ce privește stilul de programare și mai ales de folosire a memoriei [46].

Secvența de lucru generală este compusă dintr-o prelucrare comună la pornirea în modul de funcționare regulată și o procesare paralelă divizată în modul de urgență la suprafață și în subteran înainte ca rețelele să se unească din nou și să se efectueze proceduri de recuperare, împreună cu funcții analitice.

4.3 Determinarea topologiei de rețea

O funcție cheie pentru întregul sistem și pentru recunoașterea și gestionarea unei situații de urgență este determinarea stării prezente a rețelei și a topologiei de rețea în subteran. În acest scop, o *Aplicație privind topologia* rulează pe fiecare MIC. Aceasta analizează permanent starea tuturor dispozitivelor rețelei și toate legăturile dintre dispozitive așa încât să se formeze o

imagine a topologiei actuale a rețelei.

O aplicație privind topologia identică, totuși cu o altă configurație, rulează pe NetCenter așa încât în timpul regimului de funcționare normală, atât sistemele centrale, cât și nodurile de rețea să funcționeze conform unei imagini complet identice a stării rețelei.

Aplicația privind topologia este formată din procesul aplicației principale și procesul de detectare a rețelei pentru evaluarea rețelei adiacente. Partea centrală a procesului principal al aplicației privind topologia este memorarea configurației rețelei actuale în NetNodeList, implementat ca listă conectată cu alocarea memoriei statice și gestionarea internă a spațiului liber [47].

Relațiile matricei nod-vector dintre nodurile de rețea / NetNodes reprezentând conexiunile acestora este pusă în aplicare prin conținutul din interiorul elementelor NetNode în lista conectată, în timp ce fiecare element NetNode conține o listă de identificări pentru maxim opt zone adiacente, ceea ce conduce la o matrice adiacentă indirectă fără a fi nevoie de matrice fizică [47].

Informațiile privind zonele adiacente sunt dobândite la nivel local prin rularea celui de-al doilea proces ca awk [48] sscript, care comunică prin intermediul unui canal intern TCP cu aplicația principală privind topologia. Datele rezultate sunt folosite pentru a actualiza elementele ale nodului de rețea local cu identificările zonelor adiacente găsite. Script-ul awk conține o comandă snmpwalk [49] pentru colectarea informațiilor privind identificarea nodurilor adiacente accesibile și starea legăturilor rețelei la nodurile respective.

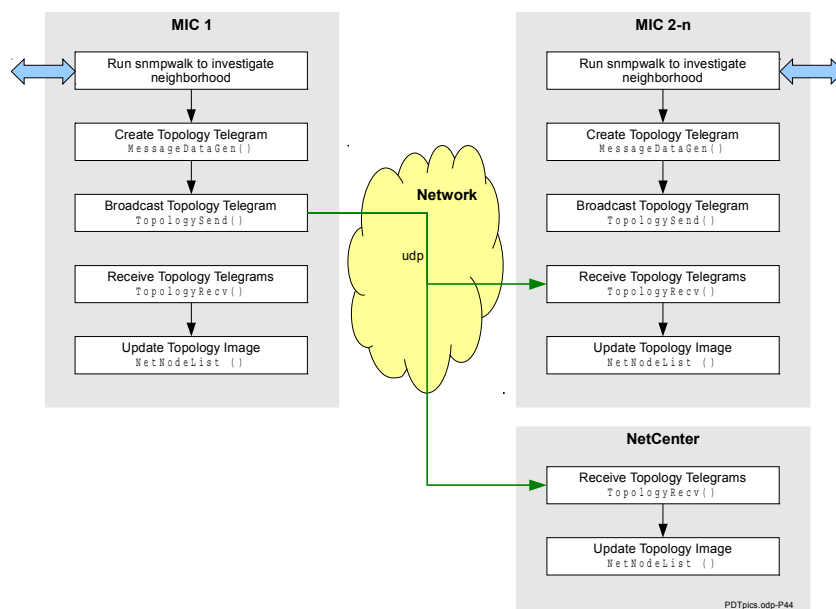


Figure 3: Topology Application Communication Flow

Telegrama de Stare distribuie informațiile adiacente la celelalte noduri:

Această telegramă folosește o rutină de transmisie de mesaje către un grup de calculatoare sau de emisie pentru trimiterea telegramelor privind starea către toate celelalte MIC-uri și către NetCenter. Pentru aceasta transmisie este utilizat protocolul UDP [18]. Protocolul conține o serie de elemente bazate pe Tip - Lungime - Valoare (TLV). Fiecare TLV are un tip și un câmp de lungime definit în structura TLV în mod identic pentru toate etichetele pentru a simplifica interpretarea telegramelor și pentru a permite extinderea flexibilă a acestora, dacă este necesar. Conținutul mesajului include adresa hardware, adresa IP și coordonata nodului de raportare, împreună cu lista identificărilor nodurilor adiacente detectate. Toate mesajele schimbate sunt criptate și autentificate pentru a îndeplini obiectivele actualizate de securitate a rețelei, chiar dacă acest lucru nu poate fi considerat esențial într-un mediu subteran de exploatare minieră [50].

După primirea unui mesaj de către stratul de comunicare, se efectuează verificarea. Dacă verificarea are succes, mesajul este decriptat, după care mesajul este analizat și interpretat pentru a fi în cele din urmă memorat în NetNodeList [47] a nodului recipient.

4.4 Regim de urgență

Pentru detectarea Regimului de urgență se folosesc Telegramme privind starea aplicației privind topologia [51]. În acest scop, serverul *NetCenter* este configurat pentru a seta eticheta *IamRoot* în toate mesajele privind starea, pe care le trimite la nodurile de rețea din interiorul rețelei subterane.

Când nodurile rețelei subterane nu mai primesc telegrama marcată privind starea "*IamRoot*" de la serverul *NetCenter*, se inițiază automat negocierea regimului de urgență între toate nodurile de rețea într-o insulă izolată a rețelei subterane. Ca o consecință a conexiunilor pierdute cu suprafața, toate părțile deconectate ale rețelei subterane pierd toate serviciile de rețea centrale, cum ar fi alocarea adreselor IP prin serviciile DHCP, SIP etc. Aceste servicii trebuie să fie alocate unui nod de rețea. Acest nou *Center Node* trebuie apoi să stabilească indicatorul "*IamRoot*", în telegrama de topologie.

Noul nod master în mod ideal este situat în "*Centrul*" logic al rețelei. În *NetNodeList* fiecare MIC deține o imagine a stării topologiei rețelei care să îi permită efectuarea calculului nodului central a cărui multiplicare aplică algoritmul Dijkstra [52] pentru a calcula cea mai scurtă cale între un nod și un punct final în rețeaua deconectată, conducând la formarea unei matrici care conține numărul de salturi din fiecare nod la fiecare punct final. Considerând că toate nodurile vor efectua un calcul identic, se vor obține rezultate identice determinând un MIC ca fiind nodul cu cea mai mică deviație standard de la numărul mediu de salturi la toate punctele finale [47].

Noul nod central pornește în regimul de urgență DHCP și SIP pentru comunicare Voice-over-IP și setează indicatorul "*IamRoot*", în telegrama de stare. Nodul central nou definit comunică apoi aplicațiile pe teren și dispozitivele utilizatorului și pornește aplicațiile de asistență de siguranță.

4.4.1 Alocarea dinamică a adreselor IP

Aproape toți utilizatorii din subteran vor folosi *DHCP* pentru atribuirea adresei IP, care sunt desemnați de către nodul central, în timpul regimului de urgență. Pentru a realiza o procedură convenabilă în demonstrarea fezabilității, toate dispozitivele din rețeaua subterană, inclusiv *NetCenter* rulează în unul și același IP de subrețea, care este identic în regimul normal și regimul de urgență. Server-ul primar DHCP care rulează pe *NetCenter* este configurat pentru a alocă adrese IP doar unei părți din această subrețea. La activarea regimului de urgență, server-ul DHCP pe un nod de rețea MIC atribuie adrese IP numai în altă parte a subrețelei, pentru care *NetCenter* nu atribuie nicio adresă IP.

4.4.2 Rezolvarea situațiilor de urgență și aplicații

La începutul unei situații de urgență, minerii potențial izolați în subteran dețin exact aceleași informații cu privire la situație ca și persoanele de la suprafață care efectuează operațiunile de salvare, cu toate informațiile dinaintea incidentului provenite de la serverele de la suprafață. Scopul tuturor aplicațiilor în regimul de urgență este de a obține un comportament cât mai previzibil al lucrătorilor din subteran dacă evoluția situației de securitate permite acest lucru. Acest lucru este implementat prin normele de procedură de siguranță încorporate în aplicațiile de urgență. Aceste reguli sunt foarte individuale pentru fiecare mină și pot fi actualizate atunci când se modifică configurația minei.

Considerând că aceste reguli sunt cunoscute de către echipele SAR, acestea pot face parte din simulările care rulează pe serverele centrale pentru a trimite echipele SAR la cele mai

probabile locații, lucru care, la rândul său, reduce riscurile iminente oricărei sarcini de salvare.

4.4.3 Adunare și auto-salvare

În caz de urgență, este esențial în primul rând ca oamenii din zonele de lucru izolate să se adune fără a lăsa pe nimeni în urmă, pentru a se asigura că toată lumea este în același loc și pentru a acorda primul ajutor persoanelor rănite.

Din informațiile interne de urmărire, fiecare MIC știe câte persoane se află în zonă sau în spate spre punctul final al rețelei. Aceste informații sunt utilizate de MIC, împreună cu configurația statică a galeriei și suprapunerile rețelei și de siguranță funcționând ca "*sistem de navigație subteran*" pentru ghidarea minerilor la punctul de întâlnire convenit sau spre ieșiri, asigurând faptul că zona din spate este înregistrată pozitiv ca fiind evacuată.

4.5 Rezolvarea situației de urgență la suprafață și recuperare

La momentul declarării sau detectării unei situații de urgență, sistemul de la suprafață, NetCenter poate detecta mai întâi de toate situația prin pierderea legăturii cu componentele de rețea din subteran, deoarece nu mai primește actualizări ale stării telegramei privind topologia de la cel puțin o parte din rețeaua subterană (capitolul 4.3).

În timpul modului de urgență activ în anumite părți ale rețelei subterane, componentele de la suprafață continuă să lucreze ca în regimul normal. Aplicațiile de la suprafață cuprind în principal notificarea personalului cu privire la acest eveniment.

În servere, toate informațiile operaționale se înregistrează în baze de date, astfel încât evaluarea situației poate fi realizată prin intermediul aplicațiilor TrackCenter, SafeCenter sau sisteme proprietare IT dedicate în combinație cu vizualizarea 3D ViewCenter. Aceste rutine de evaluare a situației siguranței nu fac parte din această teză, la fel nici normele de procedură în situații de urgență și simulările în materie de la suprafață.

Detectarea recuperării rețelei se realizează prin telegrama privind starea topologiei transmisă în mod regulat de către aplicația privind topologia: Atunci când MIC-urile detectează un indicator "IamRoot" care provine din NetCenter, rețeaua obișnuită este din nou disponibilă, iar regimul de urgență poate fi încheiat:

Nodul centrului pentru regim de urgență trebuie să se asigure că serviciile centrale, cum ar fi DHCP și SIP sunt încheiate. Acest lucru se realizează după ce mai întâi trimite un mesaj de *Reconectare* către toți utilizatorii din subterane înainte de terminarea serviciilor serverului DHCP și SIP deoarece acestea sunt disponibile din nou de la serverele centrale.

În cele din urmă, toate nodurile de reconectare stabilizează informațiile istoricului dobândite în regimul de urgență de la toate bufferele din inel în memoria nevolatilă pentru analiza post eveniment a situației de urgență [25].

Pentru reconectarea dispozitivelor utilizatorilor, principala problemă este reatribuirea DHCP. Acest lucru este asigurat prin repornirea serviciilor de rețea ale dispozitivului utilizatorului la primirea mesajului de *Reconectare* de la un MIC și prin durata de viață scurtă de atribuire a DHCP, astfel încât re-atribuirea trebuie să fie efectuată în mod frecvent. Acesta din urmă reduce și problemele care provin de la două insule de rețea subterană anterior separate și care se unesc, de exemplu atunci când s-a refăcut conexiunea.

5 EXPERIMENTE ȘI DEZVOLTĂRI VIITOARE

5.1 Testarea aparaturii MIC

Mining Infrastructure Computer (“MIC”) ca și componentă principală a infrastructurii este responsabil pentru aproape toate funcțiile de asistență de siguranță în subteran (capitolul 3.2.1), care face ca această aparatură și fiabilitatea sa să aibă o importanță critică pentru sistem.

O parte esențială în cadrul acestei verificări a fost comportamentul RF al cardurilor de emisie-recepție LAN fără fir utilizate. Au fost alese pentru această testare la scară de laborator trei MiniPCI card-uri cu gamă de temperatură extinsă, de calitate industrială, cu putere de transmisie până la 26dBm. Acestea au fost teste practice într-un mediu RF puțin contaminat (totuși încăperi non EMC) însoțite de utilizarea unui analizor de spectru specific WLAN.

Dispozitivele MIC trebuie să fie alimentate de diferite surse de curent disponibile pe piață cu siguranță intrinsecă (certificate ATEX), care diferă în principal din punct de vedere al comportamentului la pornire. În timpul pornirii unei a doua livrări de noduri MIC în RAG Anthrazit, unitățile au fost pornite cu seria veche de surse de alimentare de 2A ATEX, dar nu cu noile surse de alimentare. Același efect a fost măsurat atunci când dispozitivele au fost folosite cu o sursă de alimentare neîntreruptibilă (UPS) de la același producător.

Aceste probleme au fost urmărite din urmă la un model slab al ieșirii sursei de alimentare care prezintă un comportament de oprire extrem de rapid la sarcina nominală, mai degrabă decât limitarea curentului și oprirea cu o oarecare întârziere. Acest lucru este surprinzător în special datorită faptului că nodurile de rețea MIC sunt în măsură să pornească cu surse de alimentare mult mai mici (curent nominal 1,4 A, figura 4 stânga), comparativ cu sursa în cauză pe curent nominal de 2,0 A (Figura 4 dreapta) [53]. Acest comportament de comutare la o oprire de 2,5 μsec poate fi compensat foarte greu, dacă nu e chiar imposibil de compensat, prin dispozitive externe certificabile ATEX.

Din acest motiv s-a modificat modelul reviziilor viitoare ale hardware-ului MIC. În noua revizie MIC150 a dispozitivului, curentul de pornire este limitat intern folosind

dispozitive de limitare a curentului TPS2421 concepute pentru sisteme de comutare de tip hot plug.

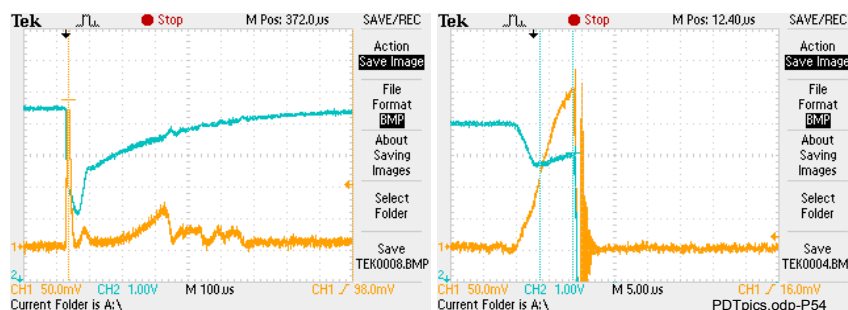


Figura 4: Pornirea temporizării sursei de alimentare de 1,4 A (stânga) versus Becker UPS la 2,0 A (dreapta) [53]

5.2 Comutarea testării RSTP

În timpul testelor de laborator ale comutatoarelor pe fibră optică, s-a observat un comportament de rețea anormal al ramurilor cu întinderi multiple la rețele mai mari cu multe noduri, care a fost analizat îndeaproape. La IEEE 802.1D-2004 RSTP [21], parametrul “MaxAge” specifică numărul maxim de salturi pe care un pachet RSTP (“BPDU”) le poate face în cadrul unei rețele sau numărul maxim de salturi în timpul cărora informațiile BPDU (cum ar fi Root Bridge ID) rămân valabile. La primire, fiecare punte nod de rețea mărește valoarea “Message Age” și o verifică față de “MaxAge”. Dacă “MessageAge” > “MaxAge”, BPDU nu va

fi prelucrat.

Valoarea "*MaxAge*" poate fi reglată într-un interval începând de la 6 în sus și incluzând 40 ($6 \leq \text{MaxAge} \leq 40$). Setarea implicită recomandată conform 802.1D-2004 este 20.

În cazul RSTP, diametrul rețelei nu trebuie să depășească parametrul *MaxAge*. Deoarece aceste limite se îndepărtează de standard, nu este disponibilă nicio soluție software conform unui standard, cu excepția proiectării rețelei așa încât să nu depășească diametrul maxim indicat al rețelei. Acest lucru limitează însă gradul de utilizare, practic, la rețele foarte mici deoarece fiecare nod gestionat singur va fi considerat un salt.

Prin urmare, se va găsi o soluție alternativă. Deoarece toate funcțiile de reluare în caz de nereușită (pe baza RSTP) sunt esențiale pentru funcționalitatea completă a sistemului de asistență de siguranță a instalațiilor mai mari de rețele subterane, soluția finală poate fi doar modificarea parametrilor de configurare RSTP așa cum s-a subliniat mai sus și testarea rezultatelor privind stabilitatea. Aceasta, la rândul său, necesită acces la firmware-ul aferent pentru a putea modifica aceste setări și pentru a verifica dacă efectele secundare pot fi ținute sub control.

5.2.1 Experiența de testare pe teren a aparaturii

Primul dispozitiv a fost furnizat la mina de cărbune RAG Anthrazit din Ibbenbüren, Germania, în septembrie 2010, pentru o testare a stabilității întregului sistem și pentru ușurința de utilizare în mediul de operare țintă. Acest sistem inițial a fost, de asemenea, utilizat pentru efectuarea testelor de acoperire fără fir LAN, în această mină. Această unitate a funcționat într-o rețea operațională obișnuită spre deplina satisfacție a minei.

După instalare, au existat câteva idei importante pentru îmbunătățiri în ceea ce privește montarea mecanică, instalarea unui ecran LCD sau dezvoltarea unui modul comutator slave pentru a obține un număr mai mare de porturi de fibră optică pe aparat.

5.3 Teste de acoperire WLAN

O parte esențială a funcționalității sistemelor cuprinde funcționalitatea dispozitivului mobil, indiferent dacă este pentru urmărirea personalului sau pentru comunicații mobile. Prin urmare, verificarea comportamentului LAN fără fir în infrastructuri subterane este o parte esențială a verificării întregului sistem. În consecință, au fost efectuate numeroase teste în patru mine, folosind echipamente și proceduri de testare identice pentru a realiza un grad mai înalt posibil de comparabilitate și pentru a putea obține recomandări pentru planificarea rețelei WLAN.

Din aceste teste au fost obținute recomandări pentru utilizarea de WLAN în medii subterane. Acestea se referă în principal la alegerea antenelor, utilizarea diversității de antene și montarea antenelor în galerie. De asemenea, s-a stabilit că gradul de acoperire în jur nu va fi mai mare de 80 m pe linia directă de vizibilitate.

5.4 Teste de funcționare a sistemului

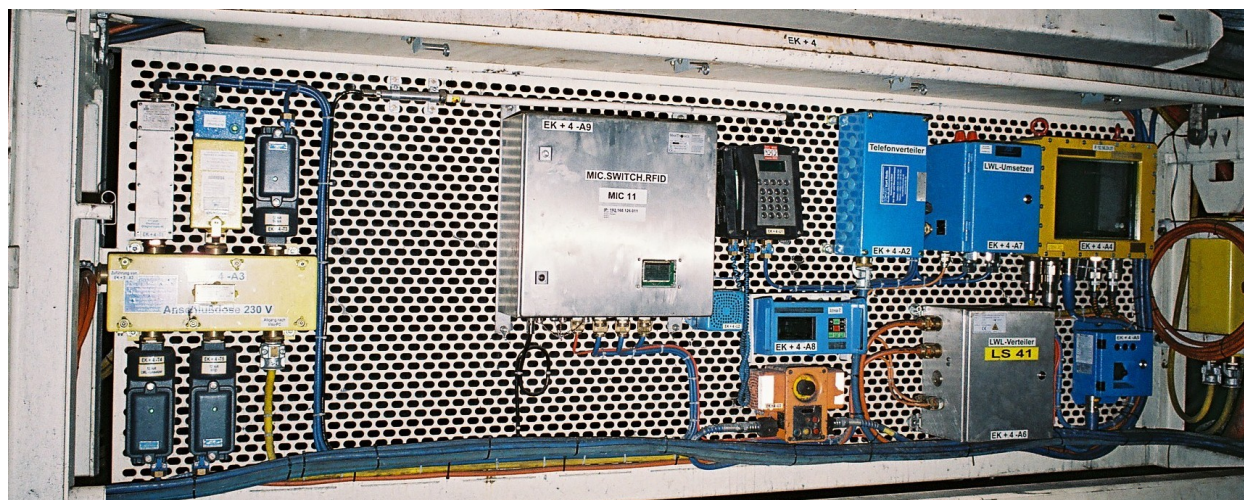
În timpul testării inițiale a sistemelor, s-a arătat că prima abordare de împărțire a întregului sistem în mai multe programe mici, cu sarcini bine definite, cu funcționalitate limitată a condus la o configurație relativ complexă, cu o mulțime de comunicații interne în cadrul sistemului de asistență de siguranță și cu serviciile de rețea privind nodul MIC. Prin urmare, modularitatea totală a fost redusă ușor prin combinarea tuturor elementelor esențiale ale cererii de siguranță în cadrul aplicației privind topologia. S-a arătat că această abordare consumă semnificativ mai puține resurse și oferă o manevrare mult mai curată și simplificată în cadrul

aplicației.

Utilizatorii de dispozitive portabile (capitolul 3.4f), și anume pager-ul și smartphone-ul, sunt testați funcțional cu funcțiile de bază necesare pentru sistemul de asistență de siguranță, în special legate de funcțiile Voice- over- IP ale smartphone-ului și de funcționalitatea mesageriei de pe dispozitive pager. Aceste teste au fost realizate împreună cu programul centrului aferent.

5.5 Experiența de exploatare

Experiența de exploatare arată [53] [54] că sistemele de comunicații subterane bazate pe Ethernet sunt mult mai potrivite și aplicabile pentru comunicațiile subterane privind siguranța decât sistemele de comunicații tradiționale, deoarece pot asigura redundanță la cablare și funcții automate de reluare în caz de nereușită și se bazează pe standarde internaționale bine stabilite.



Imaginea 7: Ansamblu final MIC în funcționarea în subteran la RAG Anthrazit [53]

Puncte slabe ale tehnologiei pot fi găsite în zona de acoperire WLAN, care este legată de gama de frecvențe GHz, în care aria de acoperire în interiorul galeriilor și în special în jurul colțurilor și locuri curbate se limitează la distribuția RF aferentă.

Nodul de rețea MIC și sistemele infrastructurii de fibră optică funcționează în siguranță în mediile miniere subterane de la RAG Anthrazit Ibbenbüren GmbH din august 2010 [55] și din 2011 în alte mine din Slovenia, Polonia și Republica Cehă [53].

Utilizarea extinsă din 2011 a ridicat unele probleme operaționale care aveau nevoie să fie abordate revenind la proiectare. Acest lucru s-a referit la sistemele MIC mai vechi de raportare a problemelor de disipare a căldurii atunci când mai mult de două sau trei dispozitive de eveniment erau montate într-o singură incintă exterioară din oțel inoxidabil. Aceste probleme au fost soluționate prin introducerea unor radiatoare suplimentare în interiorul incintelor existente, ca o soluție de consolidare, care a fost aplicată pe teren și, în final, prin limitarea numărului de dispozitive în interiorul unei singure carcasi din oțel inoxidabil la un aparat principal, plus un periferic cum ar fi cititor RFID și convertor VoIP.

Până în mai 2013 aparatura de asistență de siguranță bazată pe rețea așa cum a fost implementată conform capitolului 3 a fost verificată pozitiv în principal la nivel de laborator, și parțial în instalații subterane principale în patru mine: RAG Anthrazit (D), OKD (CZ), KWSA (PL) și Premogovnik Velenje (SLO), și sunt încă în curs de desfășurare [53]. **Atunci când aceste instalații vor fi finalizate și vor rula în cadrul operațiunilor obișnuite, funcțiile extinse de asistență de siguranță vor fi introduse treptat pe măsură ce testarea lor devine parte a unui proiect UE demonstrativ în curs de desfășurare [53].**

5.6 Opinia autorităților de siguranță

În timpul proiectului EMTECH R&D s-a organizat o serie de discuții cu autoritățile din Germania responsabile pentru exploatarea minieră a cărbunelui (*Landesoberbergamt NRW, Arnsberg*) și cu autoritățile din Marea Britanie și Polonia, de către partenerii de proiect respectivi [9][54][7]. Aceste discuții își au originea într-un stadiu incipient al proiectului, de analizare a punctelor slabe ale sistemelor de comunicare tradițional și au continuat în timpul dezvoltării sistemului de asistență de siguranță.

Un rezultat important al acestor discuții a fost că sistemul este considerat complex și manevrarea practică corectă ar fi o problemă pentru lucrătorii din mină. Prin urmare, o verificare specializată în subteran și un centru de instruire pentru un astfel de sistem sunt esențiale pentru introducerea sistemului pe scară largă, pentru a putea testa temeinic noile funcții și versiuni ale software-ului, precum și pentru formarea oamenilor legat de cum să gestioneze situațiile în regim de urgență. După ce documentul a fost publicat în *Engineering and Mining Journal* [56] în numărul din luna martie 2013, autorul a primit o corespondență e-mail de la șeful unității de certificări de la Autoritatea de Sănătate și Securitate în Mină din SUA (MSHA), care își exprimă interesul privind tehnologia și posibilitățile de utilizare în minele de cărbuni din America. Deoarece normele de certificare din Statele Unite ale Americii sunt foarte diferite, în prezent nu există nicio încercare de certificare a sistemului pentru a fi utilizat în industria minieră de cărbune din Statele Unite ale Americii.

5.7 Activități viitoare și perspective

Activitatea desfășurată în legătură cu această teză a adus un progres substanțial în aplicarea tehnologiei de rețea standard pentru susținerea siguranței în subteran. Aplicațiile în cadrul proiectelor de cercetare și dezvoltare și de demonstrare finanțate din fonduri publice au arătat că pentru o aplicare comercială a acestei tehnologii mai este nevoie de activitate de cercetare și dezvoltare, alături de testări și verificări extinse.

Principalele îmbunătățiri necesare sau deja începute sunt:

1. Un succesor al hardware-ului MIC100 ("MIC150") care este necesar din cauza uzurii morale a componentei originale a MIC100. Această dezvoltare a fost combinată cu îmbunătățiri legate de producție și este deja finalizată. Primele dispozitive au fost livrate clienților în mai 2013.
2. Implementarea în vederea indicării numărului de mineri rămași în zona din spatele MIC-ului actual spre punctul final al rețelei trebuie să fie adăugată la sarcina utilă a telegramei privind topologia. În aceeași actualizare a telegramei este nevoie de o evaluare referitoare la întrebarea dacă părți ale algoritmului Dijkstra pot fi calculate permanent și puse la dispoziție prin intermediul telegramelor de stare a topologiei, astfel încât, de la fiecare nod, să poată fi prevenită recalcularea celor mai scurte trasee pentru fiecare nod individual, după pierderea conexiunii.
3. Munca de dezvoltare este în curs de desfășurare în raport cu sistemele de servere de la suprafață pentru a spori gradul de utilizare cu aplicații de urgență pentru utilizare în subteran.
4. În general, funcționalitatea suportului de siguranță trebuie să fie mai robustă și mai fiabilă înainte de a fi aplicată cererilor comerciale în formă finală. Acest lucru se referă la punerea în aplicare a recunoașterilor erorilor suplimentare, prin adăugarea dispozitivelor de semnalizare, a alarmelor și a indicațiilor hardware pe nodurile de rețea și mai ales include teste de laborator cu cel puțin 15 dispozitive implicate.

6 CONCLUZII ȘI CONTRIBUȚII ORIGINALE

6.1 Rezumat

Siguranța și sănătatea sunt esențiale în mineritul subteran. Așa cum arată multe situații de urgență, timpul este critic pentru evacuare și salvare. Analiza sistemelor tradiționale de comunicații și comparația cu reglementările arată că aceste sisteme sunt lipsite de mobilitate din cauza cablării insuficiente și din cauza imposibilității de a prezenta informațiile de securitate disponibile pe plan local minerilor, deoarece aceste informații sunt prelucrate la suprafață.

Studii suplimentare arată că rețelele Ethernet pot fi configurate cu o redundanță de cablare cât mai mare posibilă până la o rețea cu multe noduri care oglindește structura galeriei unei mine și poate fi certificată la standarde de siguranță funcționale. În caz de urgență, atunci când se pierd toate conexiunile la suprafață, sistemul negociază automat un nod de rețea pentru a oferi toate funcțiile de rețea vitale și serviciile de urgență. În timpul unei situații de urgență, datele de la senzorii de mediu sunt integrate în funcționalitatea de urgență, astfel încât oamenii din subteran să fie în măsură să investigheze potențialele pericole de mediu din zona din jurul lor.

Implementarea a cuprins un sistem multidisciplinar complex care implică dezvoltarea de aparatură electronică, dezvoltare de software, rețea și implementarea siguranței rețelei și a tehnologiei RF fără cablu, ținându-se cont întotdeauna de restricțiile de organizare în minele subterane și potențiala dinamică individuală a unei situații de urgență.

Acest lucru a condus în principal la utilizarea multifuncțională a funcționalității rețelei extinsă cu capabilități de calcul la nivel de aplicație ca infrastructură fixă de bază instalată în galerii subterane, lucru care se realizează în aparatura special certificată. Pe fiecare dintre aceste noduri ale rețelei (*“Mining Infrastructure Computer” - MIC*), implementarea algoritmică a unui algoritm, care constată topologia de rețea, este pusă în aplicare, lucru care se suprapune permanent cu configurația galeriei minei static memorată cu starea rețelei în timp real, așa încât să poată detecta pierderea conexiunii cu suprafața, cu locul unde s-a produs întreruperea și poate furniza aceste informații de urgență lucrătorilor din subteran. Pentru această comunicație au fost realizate alte componente, cum ar fi dispozitivele mobile portabile.

Sistemul a fost implementat în timpul lucrărilor pentru această teză, cu toate componentele hardware și componente software necesare pentru a demonstra funcționalitatea de bază pentru demonstrarea fezabilității. Acest lucru a fost pe deplin atins prin utilizarea rețelelor în mai multe mine în Germania, Polonia, Republica Cehă și Slovenia.

Demonstrarea fezabilității a arătat, de asemenea, că sunt necesare eforturi suplimentare în viitor pentru a obține o stare complet utilizabilă comercial. Acest lucru implică necesitatea unei testări reale în subteran și un centru de instruire, precum și îmbunătățiri în determinarea topologiei și a algoritmilor care găsesc nodul de centru și funcționalități suplimentare de ajutor de urgență cum ar fi spre exemplu, folosirea de giroscopie pe bază de semiconductori deja asamblate în dispozitive portabile pentru asistență suplimentară în îndrumare.

Părți din această lucrare au fost publicate la conferințe internaționale și în reviste aferente, care s-au bucurat de rezonanță internațională respectabilă din partea unor utilizatori potențiali, precum și din partea autorităților internaționale de siguranță miniere din cadrul Administrației privind siguranța și sănătatea în mine (MSHA) în Statele Unite ale Americii. Metodele cheie pentru sistemele suport de securitate sunt acoperite cu un brevet internațional sub cererea nr. PCT / EP 2010/ 056825 (titularul brevetului: MineTronics GmbH, Inventator: Christoph Müller).

6.2 Conținutul tezei și concluzii finale

Primul capitol “**Exploatare minieră și comunicații în mină**” face introducerea în mediul minier subteran și securitatea activității de minerit și analizează premisele pentru noi dezvoltări. Analiza concluzionează că sistemele actuale de comunicare în mine, în cea mai mare parte, sunt lipsite de mobilitate din cauza insuficienței redundanței de cablare și din cauza imposibilității de a prezenta informațiile de securitate disponibile pe plan local minerilor, deoarece aceste informații sunt prelucrate la suprafață. Cu toate acestea Ethernet este capabil să furnizeze atât mobilitatea cablării, cât și siguranța în funcționare.

Al doilea capitol “**Suport de siguranță pentru comunicații în mină**” descrie ideile generale și metodele dezvoltate. O idee principală este harta electronică a galeriilor subterane, inclusiv configurația rețelei și locurile relevante de siguranță disponibile pe toate nodurile de rețea. Starea legăturii rețelei, valorile senzorilor de siguranță și locațiile oamenilor (“urmărire”) sunt actualizate dinamic, permițând fiecărui nod de rețea să furnizeze servicii de securitate bazate pe locație. Într-o situație de urgență, care este identificată prin pierderea conexiunii la suprafață, nodurile de rețea se comută în modul de urgență pentru a informa oamenii cu privire la locațiile echipamentului de siguranță și pentru a furniza informații de la senzorul de mediu, precum și pentru ghidarea oamenilor în locuri sigure sau spre ieșiri de urgență disponibile, asigurându-se că nu rămâne nicio persoană în urmă.

Capitolul trei explică “**Implementarea aparaturii subterane**”. Această secțiune oferă o prezentare generală privind implementarea sistemului și explică realizarea “*Mining Infrastructure Computer*” (“MIC”), unitatea centrală de infrastructură a switchului gestionat, aparate de transmisie și recepție WLAN și aplicare CPU, precum și o sursă de alimentare neîntreruptibilă (UPS) și dispozitive portabile pentru client, cum ar fi pager și telefon mobil, ținând cont de nevoile specifice de certificare pentru utilizarea în medii potențial periculoase (“Ex”).

Capitolul patru “**Implementarea sistemelor centrale și funcționalitatea sistemului**” descrie diferite sisteme de servere necesare care îndeplinesc scopul prevăzut, punând baza pe arhitectura identică folosind medii de dezvoltare Java și interfețe bazate pe servicii Web. Bazându-se pe informații statice descărcate de pe servere la pornire, *MIC-urile* analizează permanent și comunică starea rețelei, comunicând vecinilor imediați Telegramme de stare către celelalte MIC-uri, astfel încât fiecare unitate să poată să creeze propria hartă a statutului rețelei proprii suprapusă pe harta minei. În cazul în care se întrerup conexiunile la suprafață, MIC-urile deconectate intră în *Modul de urgență* și determină un nou nod central care să preia funcțiile de rețea cum ar fi DHCP și SIP. Apoi se pornesc aplicațiile de urgență pentru prezentarea informațiilor de la senzorul de mediu, locațiile oamenilor și pentru a ghida oamenii la locurile sigure sau la ieșirile de urgență.

În Capitolul 5 se expun **Experimente și dezvoltări viitoare**. Această secțiune conține constatări cu privire la testele efectuate și experiența operațională cu părțile implementate ale sistemului și concluziile, împreună cu o perspectivă privind cercetarea și dezvoltarea viitoare. Testele de integrare intensivă a sistemului au arătat probleme de pornire cu anumite surse de alimentare certificate Ex și a identificat o limitare a parametrilor RSTP care poate limita dimensiunea rețelei. Testarea aparaturii a fost efectuată în aplicații miniere în Germania, Republica Cehă, Slovenia și Polonia. Aceasta a arătat comportamentul termic al incintei sistemului care trebuie modificată pentru amplasarea mai multor module. Experiența de funcționare a arătat, de asemenea, că anumite îmbunătățiri aduse telegramei privind topologia vor fi avantajoase ca, de exemplu comunicarea numărului de persoane asociate cu un punct de acces la vecinii săi pentru a le permite să arate în mod direct numărul de persoane lăsat în urmă, fără a fi nevoie de o comunicare separată. Alte îmbunătățiri sunt legate de punerea în aplicare și de

acoperire, de exemplu utilizarea de accelerometre și giroscopae în unitățile portabile, precum și îmbunătățiri ale interfețelor.

6.3 Contribuții originale

Următoarele contribuții constituie dezvoltări originale ale autorului, efectuate în legătură cu această teză:

Contribuții de natură teoretică

6.3.0.1 Realizarea studiilor

- Studii privind situația normelor de siguranță în mine legat de comunicații și privind consecințele legate de comunicare în urma accidentelor miniere (Capitolul 1)
- Studiu privind metoda de aplicare pentru nivelurile de integritate a siguranței pentru sisteme de comunicații subterane (Capitolul 1)
- Studiul de utilizator și studii cu privire la sistemele de comunicare tradiționale în utilizare și extinderea utilizării Ethernet ca sisteme de comunicare miniere subterane (Capitolul 1)
- Analiza studiilor internaționale privind mobilitatea comunicațiilor în mină (Capitolul 1)
- Studii analitice privind sistemele de comunicații miniere unificate și privind măsurile de siguranță legate de arhitectura Ethernet și conformitatea acestora cu SIL (Capitolul 1)
- Derivarea criteriilor legate de sistemele de comunicații subterane privind siguranța (Capitolul 1)

6.3.0.2 Analiză critică și comparativă

- Analiza rezistenței sistemelor de comunicare tradiționale față de infrastructurile bazate pe Ethernet (Capitolul 1)
- Analiza respectării legislației privind sistemul de comunicație convențional și a reglementărilor de siguranță în funcționare (Capitolul 1)
- Analiza disponibilității galeriilor de evacuare prin evaluarea stării legăturii (Cap. 1)
- Analiza cazurilor de utilizare la nivel înalt a întregului sistem de asistență de siguranță și a interconexiunilor acestora (Capitolul 3)
- Analiza dispozitivelor electronice la certificarea ATEX și calcule aferente (Capitolele 3, 4, 5)
- Analiza rezultatelor testelor de acoperire WLAN și derivarea consecințelor operaționale și a recomandărilor (Capitolul 5)

6.3.1 Contribuții la cercetarea fundamentală

- Metoda de utilizare Ethernet ca o infrastructură extrem de rezistentă, comunicare în rețea pentru a reflecta aspectul geospațial al minei (Capitolul 2)
- Metoda de utilizare a rețelei ca acoperire pentru configurarea galeriei pentru a obține locația și informațiile de securitate (Capitolul 2)
- Metoda de folosire a locațiilor echipamentelor de siguranță ca suprapunere pe hărțile tunelurilor și hărților de rețea (Capitolul 2)
- Metoda de detectare a locațiilor de urgență prin lipsa conexiunilor la rețea, în contextul momentului în caz de urgență sau în legătură cu informațiile de siguranță

transmise de senzor (Capitolul 2)

- Metoda de stocare a tuturor informațiilor statice de siguranță, inclusiv topologiile tunelului și ale rețelei pe fiecare nod de rețea pentru a obține informații de asistență de siguranță (Capitolul 2)
- Metoda de folosire a informațiilor despre starea conexiunii ca și criteriu de declanșare pentru detectare de urgență și găsirea ieșirilor de urgență disponibile (Capitolele 2 și 4)
- Metoda de prelucrare locală (subteran) a informațiilor de urmărire și stocarea în nodurile de rețea pentru a obține fără server informații de localizare a persoanelor (Capitolul 2)
- Metoda și procedurile de evacuare dinamică acceptată de rețea (Capitolele 2 și 4)
- Metode de asistență pentru salvarea externă prin utilizarea informațiilor de urmărire (Capitolele 2 și 4)
- Metode de utilizare și scopul sistemelor de servere de la suprafață (Capitolele 2 și 4)

Componentele-cheie ale acestor idei și metode dezvoltate ca și contribuții originale sunt acoperite de brevet internațional cu cererea nr. PCT / EP 2010/ 056825 (titularul brevetului: MineTronics GmbH, Inventator: Christoph Müller)

6.3.2 Contribuții la implementarea și testarea sistemului

- Crearea specificațiilor de funcționare a sistemului și aparaturii pentru toate dispozitivele menționate (Capitolele 3 și 4)
- Arhitectura generală a sistemului (Capitolele 3 și 4)
- Proiectare legată de aprobarea de tip ATEX și comentarii privind implementarea părții electronice și electromecanice a aparaturii subterane (Cap. 3)
- Întocmire document de aprobare tip ATEX pentru echipamentul subteran (Cap. 3)
- Cadrul general de arhitectura și proiectare al UPS și bateria de siguranță intrinsecă (Capitolul 3)
- Arhitectura generală și concepte privind dispozitivele pager și de telefon, stație de încărcare în formă comună cu smartphone și funcționalitatea de mesagerie pager cu rutina de răspuns pre-selectabil (Capitolul 3)
- Arhitectura și proiectarea funcției de procesare a urmăririi și antenei WLAN (Capitolul 3)
- Arhitectura sistemelor de servere NetCenter, TrackCenter și SafeCenter cu intrare importantă în sistemul de distribuție, comunicații interne și configurare cu mecanism de siguranță și încărcarea software-ului în sisteme subterane integrate (Capitolul 4)
- Metode de integrare a motorului de vizualizare 3D bazat pe locație în ViewCenter (Capitolul 4)
- Design funcțional de nivel înalt și flux de date cu mesaj pentru software-ul de aplicație pager (Capitolele 3 și 4)
- Arhitectura și proiectarea secvențelor de lucru la nivel înalt și funcții pentru comutarea în modul de urgență și funcțiile de suport de securitate (Capitolul 4)
- Proiect la nivel înalt de determinare a topologiei rețelei și funcțiilor de detectare a modului de urgență (Capitolul 4)
- Arhitectura și design la nivel înalt privind aplicațiile pentru situații de urgență în subteran și suprateran (Capitolul 4)
- Planificarea și performanța WLAN RF și testarea ariei de acoperire (capitolul 5)

Bibliografie

- 1 Wikipedia-Community, *Mining*, Wikipedia.org, online available on: 30.12.2012 at <http://en.wikipedia.org/wiki/Mining>. Accessible in file: WikipediaMining.pdf, 2012
- 2 Gogolewska, A., *Surface and underground Mining Technology*, Wroclaw, Poland: Polytechnica Wroclawska, ISBN 978-83-62099-00-8, 2011
- 3 Landesoberbergamt NRW, *Fluchtwegerichtlinie*, , online available on: 30.12.2012 at <http://esb.bezreg-arnsberg.nrw.de>. Accessible in file: NRW-RL-Fluchtwege.pdf, 1989
- 4 Wigdén, I., *To install automation equipment in an underground mine*, in 'Proceedings of the 6th International Symposium on Mine Mechanization and Automation', Sandton, RSA: APCOM committee, , p 267ff: 2001
- 5 Enste, U. and Müller, J, *Datenkommunikation in der Prozessindustrie : Darstellung und anwendungsorientierte Analyse*, München: Oldenbourg Verlag, ISBN 978-3-8356-3116-8, 2007
- 6 Huenefeld, R. and Mueller, C, *MineView – Mine Information and Monitoring for the Future*, in: 'Proceedings of the Conference for Applications of Computers and Operations Research in the Mining Industry', Magri, Santiago, Chile: 2007
- 7 Brenkley, D. and Mueller, C, *Safety Assessment Methods for Mining Communication Systems*, Brussels: Mines Rescue Ltd / MineTronics GmbH 2010
- 8 International Electrotechnical Commission (IEC), *Functional safety of E/E/PE safety-related systems - Part 0: Functional safety and IEC 6150*, Geneva, Switzerland: 2005
- 9 Noack, A., *Status Quo short analysis of safety related communications in underground coal mining*, Ladbergen: MineTronics GmbH 2011
- 10 Brenkley, D. and Müller, C, *Communication system resilience*, Brussels: Mines Rescue Services Ltd / MineTronics GmbH 2010
- 11 USA Federal Government, *Mine Communications Technology Innovation Act*, USA Federal Government, online available on: 30.12.2012 at <http://www.govtrack.us/congress/bill.xpd?bill=h110-3877> . Accessible in file: MCommTechInnovAct.pdf, 2007
- 12 Mueller, C., *Einheitliche, standardisierte Kommunikation zur Effizienzsteigerung von Bergwerken*, Glückauf, 142, (11): p 499, 2006
- 13 Furrer, *Industriautomation mit Ethernet-TCP/IP und Web Technologie*, Heidelberg: Hüthig Verlag, ISBN 3-7785-2860-2, 2003
- 14 Mueller, C., *Kommunikationsnetzwerk und Verfahren zur sicherheitsgerichteten Kommunikation in Tunnel- und Bergwerksstrukturen*, Patent application PCT/EP 2010/056825, Ladbergen: MineTronics GmbH 2010
- 15 Mueller, C., *Advanced Communication Techniques: Ethernet and Wireless LAN for use in mining communications*, Ladbergen: 2009
- 16 Mueller, C., Szekely, I, et al, *Ethernet Communication for Detection of Emergency Locations and Dynamic Evacuation in Underground Infrastructures*, in 'Proceedings of the 12th OPTIM conference', Brasov (Romania): University of Transylvania, University of Transylvania, p : 2010
- 17 Mueller, C. and Noack, A, *Safety Support Functions for Underground Network Communications*, in 'Proceedings of the 35th Application of Computers and Operations Research in the Minerals Industry Symposium 2011 (APCOM 2011) ', Wollongong, Australia: E. Baafi, Curran Associates Inc, p 827ff: 2011
- 18 Stevens, W., *TCP/IP Illustrated, Volume 1: The Protocols*, : Addison Wesley Publishing, ISBN 0-201-63346-9, 1994
- 19 Hürmann, T. and Giesselmann, T, *Automation and Communication in the Underground Logistics Area – Processes and Technology*, in: 'Proceedings of the 5th International Symposium High Performance Mining', Seeliger et al, Aachen: 2009
- 20 Mueller, C., *Active network components for dynamic evacuation guidance in mines*, Ladbergen (Germany): MineTronics GmbH 2009

- 21 IEEE Computer Society, *IEEE 802.1D Media Access Control (MAC) Bridges*, New York, USA: 2004
- 22 W3C and Droms, R, *RFC 2131: Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP)*, 1997: 1997
- 23 W3C and Handley, M, *RFC 3261: Session Initiation Protocol (SIP)*, Berkley CA, USA:
- 24 USA Federal Legislation, *MINE IMPROVEMENT AND NEW EMERGENCY RESPONSE ACT OF 2006 (MINER ACT)*, Washington DC USA: Federal law doc No PL 109-236 (S2803) 2006
- 25 MineTronics GmbH, *Safety related underground networks System Specification*, Ladbergen, Germany: 2009
- 26 Deutsches Institut für Normung (Ed), *DIN EN60079 Explosionsgefährdete Bereiche - all parts, German Edition*, Berlin: 2013
- 27 Mueller C, *Hardware Components for a Mining Infrastructure Computer for use in Safety related underground networks*, Ladbergen, Germany: 2009
- 28 Mueller, C. and Noack, A, *EU RFCS EMTECH 3rd semester report - MineTronics part*, Ladbergen: MineTronics GmbH 2010
- 29 Mueller, C., *MIC Mine Infrastructure Computer Platform Specification*, Ladbergen: MineTronics GmbH 2009
- 30 MineTronics GmbH, *MIC1, MMG1 Device Description for ATEX / IECEx approval*, Ladbergen, Germany: 2010
- 31 MineTronics GmbH, *MIC1-SLAVE-SWITCH1 Extension Module User Manual*, Ladbergen, Germany: 2013
- 32 MineTronics GmbH, *MIC1 Mining Infrastructure Computer Device and System SOFTWARE User Manual*, Ladbergen, Germany: 2011
- 33 Polytechnica Wroclawska, *RAPORT 05092012*, Wroclaw, Poland: 2012
- 34 Mueller, C., *MTPPhone Feature and Specification List*, Ladbergen: MineTronics GmbH 2011
- 35 MineTronics GmbH, *Power Consumption MTP1 Test Report*, Ladbergen, Germany: 2012
- 36 Polytechnica Wroclawska, *MTP1 Thermal Test Report*, Wroclaw, Poland: 2012
- 37 MineTronics GmbH, *MTP1 Loudspeaker test report*, Ladbergen, Germany: 2012
- 38 Mueller, C., *IREDES: Standardized integration of mining equipment into corporate IT infrastructures*, in: 'Proceedings of the 32nd APCOM Conference', S. Dessureault, Tucson, Az USA: 2005
- 39 Henniges, R., *Current Approaches of WiFi Positioning*, Berlin, Germany: TU Berlin 2012
- 40 MineTronics GmbH, *Wireless LAN Test Premogovnik Velenje Test Report*, Ladbergen, Germany: 2012
- 41 MineTronics GmbH, *Wireless LAN Test OKD CSM Mine*, Ladbergen, Germany: 2012
- 42 MineTronics GmbH, *WLAN throughput tests KWSA*, Ladbergen, Germany: 2012
- 43 Bergmann, S. and Mueller, C, *Felderprobung von WLAN Infrastrukturkomponenten*, Ladbergen, Germany: Embigence GmbH 2004
- 44 Mueller, C. and Chen, G, *Safety related underground networks System Specification*, Ladbergen: MineTronics GmbH 2009
- 45 Oracle Corp., *Introduction to Java Platform, Enterprise Edition 6*, Redwood Shores, CA USA: 2010
- 46 Biro, G., *MineTronics C/C++ Coding Standard for Embedded Systems*, Ladbergen, Germany: 2010
- 47 Biro, G. and Mueller, C, *Safety Underground Network Systems: Topology Application*, Ladbergen: MineTronics GmbH 2011
- 48 Aho, A.V., Kernighan, B.W, et al, *The AWK Programming Language*, Boston, MA, USA: Addison Wesley, ISBN 0-201-07981-X, 1988
- 49 net-snmp community, *snmpwalk Manual Page*, international: 2002
- 50 Mueller, C., Noack, A, et al, *Mining Networks and the security question*, in '35th Application of

- Computers and Operations Research in the Minerals Industry Symposium 2011 (APCOM 2011)
, Wollongong, Australia: E. Baafi, Curran Associates, p 835-840: 2011
- 51 Mueller, C., Szekely, I, et al, *Emergency Switching and Network Functions for enhanced safety
in underground networks*, in 'Proceedings of the 11th International Conference on
DEVELOPMENT AND APPLICATION SYSTEMS, Suceava 2012', Suceava, Romania:
Stefan cel Mare University of Suceava Faculty of Electrical Engineering and Computer
Science, , p 103-106: 2012
- 52 Dijkstra, E.W., *A Note on Two Problems in Connexion with Graphs*, Numerische Mathematik,
1, (7): p 269-271, 1959
- 53 Papamichalis, A., *OPTIMINE RFCS project RFCS 2011-00001 Mid Term Report*, Ibbenbüren,
Germany: 2013
- 54 Brenkley, D., *EU RFCS EMTECH Project: Final report*, Brussels, Belgium: 2012
- 55 Mueller, C. and Noack, A, *EU RFCS EMTECH 4th semester report - MineTronics part*,
Ladbergen: MineTronics GmbH 2010
- 56 Mueller, C., *Improve Underground Safety with Higher Network Intelligence*, Engineering and
Mining Journal, 214, (03): p 44-49, 2013

APLICABILITATEA SISTEMELOR DE REȚELE ETHERNET CABLATE ȘI WIRELESS CA SISTEME DE COMUNICAȚII DE SIGURANȚĂ RELEVANTE ÎN MINE SUBTERANE

Conducător științific
Prof.dr.ing. SZEKELY Iuliu

Doctorand
MÜLLER Christoph

REZUMAT

Siguranța la locul de muncă devine din ce în ce mai importantă în minele subterane. Având în vedere că minele moderne sunt dotate cu sisteme de rețea bazate pe Ethernet, lucrarea de față descrie ideea utilizării rețelei subterane nu numai în scopuri operaționale, ci și ca platforma computerizată distribuită în sprijinul minerilor din subterane în caz de urgență, sub formă de "Sistem de asistență de siguranță". Autorul respectă, conform dreptului internațional, procedurile și sistemele aferente prezentate în această lucrare.

Conform analizei situației existente, doar Ethernet are flexibilitatea necesară pentru a îndeplini cerințele actuale privind siguranța de funcționare și flexibilitatea sistemelor de comunicații subterane privind securitatea, deoarece poate fi încastrat în structuri „plasă” sau inelare.

În cazul în care nodurile rețelei subterane pierd contactul cu serverele de la suprafață, acestea intră în regimul de urgență, menținând rețeaua în funcțiune și informând oamenii cu privire la situațiile critice de mediu și îndrumându-i spre punctele de întâlnire și ieșiri.

În acest scop, a fost necesară dezvoltarea unui nod de rețea hibrid compus dintr-un procesor de aplicație, WLAN și comutator de administrare împreună cu dispozitive portabile. Dezvoltarea funcțională include disponibilitatea funcțiilor centrale într-un model de rețea aleatoriu pentru situații de urgență, precum și pentru asigurarea aplicațiilor de asistență de securitate.

Hardware-ul sistemului este deja implementat, iar lucrarea de față oferă și realizarea conceptului pentru toate funcțiile esențiale. Hardware-ul este deja folosit în scop comercial în minele din Germania, Polonia, Republica Cehă și Slovenia.

APPLICABILITY OF WIRED AND WIRELESS ETHERNET NETWORKING SYSTEMS AS UNIFIED SAFETY RELEVANT COMMUNICATION SYSTEM IN UNDERGROUND MINES

ABSTRACT

Safety of work becomes more and more important in underground mines. As modern mines are equipped with Ethernet based network systems, the thesis describes the idea of using the underground network not only for operational purposes but also as a distributed computing platform for supporting underground miners in case of an emergency as "Safety Support System". The related procedures and systems presented in this thesis are subject to an international patent by the author.

According to the status quo analysis only Ethernet has the required resilience to fulfill today's requirements on functional safety and resilience of safety related underground communication systems as it can be built up in meshed or ring structures.

In case the underground network nodes loose contact to above ground servers, they enter into an emergency mode keeping the network alive and informing the people about critical environmental situations as well as guiding them to meeting points and exits.

For this purpose, a hybrid development of a network node consisting of an application CPU, WLAN and managed switch was required together with handheld devices. The functional development includes the availability of central network functions in a random network layout in an emergency as well as providing the safety support applications.

The system hardware is already implemented as well as the proof-of-concept for all crucial functionality has been given within this thesis. The hardware is already being used commercially in mines in Germany, Poland, Czech Republic and Slovenia.

Curriculum Vitae

Informatii personale

Nume: Müller
Prenume: Christoph
Adresa: Goethestrasse 50
D- 49549 Ladbergen
Germany
Telefon Mobil: +49 172 283 2717
Email: chmueller@dm-technologies.com
Data, locul nașterii: 1963-05-06 (YYYY-MM-DD), Osnabrück / Germany
Naționalitate: German

Experiența profesională

2011 – prezent Fondator, acționar și director general al MT-Silesia Sp. z.o.o. În Wrocław/Polonia
2009 – prezent Fondator, acționar și director general al MineTronics GmbH
2007 – 2009 Manager general al Embigence GmbH (S.R.L.)
2002 – 2007 Deținător și președinte al Embigence GmbH (S.R.L.), o compania axată pe IT și sisteme de comunicare pentru zu subteran.
2000 – prezent Președinte al standardului internațional de schimb de date în domeniul excavării stâncilor, o inițiativă industrială care stardardizează schimbul de informații între mașinile miniere și sistemele centrale de calculator („IREDES”).
1997 – prezent Deținător și președinte al DM Technologies GmbH (Societate în comandită pe acțiuni), o companie de consultanță, axată pe automatizare, comunicare și design IT, arhitectură și management de proiect pentru mașini subterane și operațiuni miniere
1992 – 1997 Lider de echipă pentru automatizarea mașinilor în divizia de minerit a E. Heitkamp GmbH (S.R.L.) Herne. Dezvoltarea de componente IT pentru sistemul de control avansat și bazat pe IT al mașinilor.
1990 – 1992 După trei luni, avansat pe postul de lider de echipă pentru sistemele UNIX la grupul Heitkamp. În acest timp, responsabil, de ex., integrarea de succes al stațiilor de lucru de calculatoare personale și implementarea unei rețele bazată pe Ethernet la sediul central

Training profesional

2008 Training de management (Malik Management St. Gallen, Elveția)

Educație

1969 – 1972 Școala primară, Liebbrauengrundschole Osnabrück
1972 – 1979 Liceul-colegiul Vinzenz Pallotti Kolleg, Rheinbach lângă Bonn
1980 – 1982 Liceul Kardinal von Galen, Mettingen/Vestfalia, examen: bacalaureat
1982 – 1987 Diplomă de studii de inginerie agricolă la Fachhochschule (Universitatea de Științe Aplicate) Osnabrück, inclusiv semestru de practică și prelungire de studii universitare cu parte practică în domeniul electronicelor și al mașinilor agricole
1989 – 1990 Studiul ingineriei tehnice de software la Siemens AG (S.A.)

Experiența în muncă, expertiză și realizări

1986 – 1987	Dezvoltarea unui modul de unitate de calcul la bordul mașinilor agricole (lucrarea de diplomă); după susținerea lucrării de diplomă, aplicație la diferite mașini (combine, secerători)
1997 – 2000	Management de proiect pentru primul proiect, complet comercial, la nivel mondial, de platformă de foraj autonomă cu până la 6 echipamente de forare fără pilot, operate dintr-o sală de control centrală în minele de minereu de fier al LKAB, Suedia.
2000 – 2001	Design al conceptului de control de la distanță pentru mașini miniere, inclusiv al implementării demonstratorului (Atlas Copco Rock Drills AB, Örebro, Suedia)
2003	Firma Embigence efectuează primele implementări fără fir pentru mașini subterane
2006	Firma Embigence este deschizătoare de drumuri în utilizarea sistemelor fără fir pentru mineritul de cărbune în subteran prin livrarea de 200 de puncte de acces către Deutsche Steinkohle AG
2006	Firma Embigence implementează cu succes și complet comercial primul sistem de abataj cu front larg ce comunică fără fir
2004 – 2007	Firma Embigence implementează un sistem de monoșină complet autonom (fără pilot) pentru utilizarea în subteran
2005 – 2007	Embigence implementează o comunicare fără fir cu un sistem video digital integrat cu trafic de date fără întreruperi

Premii

2007	Premiul de inovare al „Deutsche Steinkohle AG“ pentru sistemul autonom de monoșină
------	--

Activități la conferințe științifice

2001	Conferința ISMMA: președinte de sesiune
2002	Conferința CIM: președinte de sesiune
2005	Conferința APCOM 2005: membru al comitetului internațional, inclusiv recenzie scrisă, președinte de sesiune
2007	Conferința APCOM 2007: membru al comitetului internațional, inclusiv recenzie scrisă, președinte de sesiune
2008	Conferința MassMin 2008: membru al comitetului internațional, inclusiv recenzie scrisă, președinte de sesiune
2008	Conferința MinIn 2008: membru al comitetului tehnic, inclusiv recenzie scrisă
2009	Conferința APCOM 2009: membru al comitetului internațional, inclusiv recenzie scrisă, președinte de sesiune
2011	Conferința APCOM 2011: membru al comitetului internațional, inclusiv recenzie scrisă, președinte de sesiune
2012	Conferința MassMin 2012: membru al comitetului internațional, inclusiv recenzie scrisă

Limbi

germană:	excelent (limbă maternă)
engleză:	foarte bune abilități de scris și vorbit (nivel de negociere)
norvegiană:	bune abilități de scris și vorbit (nivel de negociere)
suedeză:	bune abilități de scris și vorbit (nivel de negociere)
olandeză:	pasiv (înțeles și citit)

Curriculum Vitae (English)

Personal information

Surname: Mueller
First Name: Christoph
Address: Goethestrasse 50
D- 49549 Ladbergen
Germany
Phone: +49 172 283 2717
Email: chmueller@dm-technologies.com
Date / Place of Birth: 1963-05-06 (YYYY-MM-DD), Osnabrück / Germany
Nationality: German

Professional Career

2011 – present Founder, shareholder and CEO of MT-Silesia Sp. z o.o. in Wrocław / Poland
2009 – present Founder, shareholder and CEO of MineTronics GmbH
2007 – 2009 General Manager of Embigence GmbH
2002 – 2007 Owner and president of Embigence GmbH, a company focused on IT and communication systems for underground use.
2000 – present Chairman of the International Rock Excavation Data Exchange Standard (“IREDES”); XML based standardization of application level information exchange in mining .
1997 – present Owner and president of DM Technologies GmbH&Co, consulting for automation, communication and IT in mining.
1992 – 1997 Group leader for mining machine automation in the mining division of the E. Heitkamp GmbH Herne. Development of IT components for advanced and IT based machine control systems.
1990 – 1992 After three months in the support team group leader for UNIX systems of Heitkamp, Herne. Responsible for UNIX/PC systems

Professional Training

2008 Management training (Malik Management St. Gallen, Switzerland)

Education

1969 – 1972 Elementary School, Liebfrauengrundschole Osnabrück
1972 – 1979 Gymnasium Vinzenz Pallotti Kolleg, Rheinbach bei Bonn
1980 – 1982 Kardinal von Galen Gymnasium, Mettingen/Westf Exam: Abitur
1982 – 1987 Diploma Studies of Agricultural Engineering with Fachhochschule Osnabrück incl. practical semesters and postgraduate extension of diploma works on electronics for agricultural machines
1989 – 1990 Studies of Technical Software Engineering at Siemens AG

Key Working Experience and Expertise

1986 – 1987 Development of a modular on board computing unit for agricultural machines (Diploma thesis); After Diploma thesis application on different machines (Combines, harvesters)
1997 – 2000 Project management for the worlds first fully commercial autonomous drill rig project at LKAB, Sweden.
2000 – 2001 Design of a generic remote control concept for mining machines including demonstrator implementations (Atlas Copco Rock Drills AB, Örebro, Sweden)

2003	Embigence performs first wireless LAN implementations for underground machines
2006	Embigence pioneers the WLAN use in underground coal mining by supplying over 200 accesspoints to Deutsche Steinkohle AG
2006	Embigence successfully and fully commercially implements the world's first longwall coal shearer communicating via WLAN
2004 – 2007	Embigence implements a fully autonomous (unmanned) monorail system for underground use.
2005 – 2007	Embigence implements WLAN communication and integrated digital video with seamless roaming for Atlas Copco loaders.
2009 – present	MineTronics implements Safety Support Networks for mining.
2010 – present	Responsible for the functional description and automation of a new mechanical rock excavation machine as a joint project of Atlas Copco and Rio Tinto

Awards

2007	Innovation award of „Deutsche Steinkohle AG“ for an autonomous monorail system
------	--

Scientific Conference activities

2001	ISMMA conference: Session chairman
2002	CIM conference: Session chairman
2005	APCOM 2005 conference: Member of the International Committee incl. paper review, Session chairman
2007	APCOM 2007 conference: Member of the International Committee incl. paper review, Session chairman
2008	MassMin2008 conference: Member of the International Committee incl paper review, Session chairman
2008	MinIn 2008 conference: Member of the technical committee and paper review
2009	APCOM 2009 conference: Member of the International Committee incl. paper review, Session chairman
2011	APCOM 2011 conference: Member of the International Committee incl. paper review, Session chairman
2012	MassMin2012 conference: Member of the International Committee incl paper review

Languages

German:	Excellent (mother tongue)
English:	very good written and oral skills (Negotiation level)
Norwegian:	good written and oral skills (Negotiation level)
Swedish:	good written and oral skills (Negotiation level)
Dutch:	passive (understanding and reading)