

IL PROGETTO EUROPEO LOCCATEC: DALL'IDEA ALLE PROVE SUL CAMPO DI UN SISTEMA PER LA LOCALIZZAZIONE DI VITTIME IN CASO DI CROLLO DI EDIFICI

Delprato, U.1, Andritsos F.2, Gambardella A.3 e Romano G.4

1 IES Solutions, Via del Babuino, 99, Roma, 00187, Italia

2 EUROPEAN COMMISSION (EC-JRC-IPSC), TP 210, Via E. Fermi 1, 21020, Ispra, Italia

3 Direzione Centrale per le Risorse Logistiche e Strumentali, Ministero dell'Interno Dipartimento dei Vigili del Fuoco del Soccorso Pubblico e della Sicurezza Civile, Via Cavour 5, 00184, Roma, Italia

4 Comando provinciale Vigili del Fuoco di Pisa, Viale G. Matteotti 1, Pisa, 56121, Italia

SOMMARIO

Il progetto LOCCATEC (Low COst CATastrophic Event Capturing - www.loccatec.org) si è svolto nel periodo 2001-2005 sotto gli auspici della Commissione Europea, che ne ha cofinanziato lo sviluppo. Obiettivi principali del progetto sono state la progettazione e la realizzazione di un sistema in grado di rendere disponibili rapidamente alle squadre di intervento informazioni sulla presenza (o no) di persone in ogni ambiente di un edificio durante il suo crollo.

Il presente articolo descrive i presupposti funzionali, i requisiti e le sfide tecnologiche affrontate nello sviluppo dei dispositivi che costituiscono il sistema LOCCATEC. Vengono inoltre descritte le attività sul campo svolte a per la verifica funzionale delle potenzialità del sistema.

1.0 INTRODUZIONE

Il crollo di edifici a causa di eventi catastrofici, sia naturali (come terremoti, inondazioni o frane) che provocati dall'uomo (come esplosioni) è da sempre causa di un notevole numero di vittime ovunque.

La maggior parte di questi eventi non è evitabile e, ovviamente, nessuna azione progettuale o legislativa può impedire che altri edifici crollino in futuro.

In particolare, nonostante i chiari progressi ottenuti nella definizione di misure antisismiche e nella progettazione degli edifici, i terremoti continueranno a rappresentare una minaccia costante negli anni a venire. Inoltre, considerando che la sostituzione dei vecchi edifici con nuove costruzioni progettate e costruite secondo i moderni standard è comprensibilmente molto lenta, la continua crescita in densità e intensità delle attività umane sta incrementando viepiù la vulnerabilità a tali eventi catastrofici.

In questo contesto, l'efficace operatività dei team di "Search and Rescue" [SAR], oltre alla sempre indispensabile educazione sociale al comportamento in caso di terremoto, rappresenta lo strumento più affidabile per la riduzione delle perdite di vite umane.

Il tempo è **IL** fattore critico per questo tipo di operazioni. La disponibilità immediata di informazioni affidabili sulla posizione delle persone intrappolate e lo stato strutturale delle rovine è pertanto di vitale importanza.

Su questo presupposto di base, nel 2000 è stato presentato un progetto di ricerca alla Comunità Europea (programma IST – Information Society Technology, Quinto Programma Quadro) denominato Progetto LOCCATEC [Low COst CATastrophic Event Capturing]. Il progetto, finanziato nel 2001, è stato portato avanti da un consorzio di 8 partners europei (dettagli possono essere trovati visitando il sito www.loccatec.org) e completato nel 2005 con le prove sul campo [1].

2.0 LE TECNOLOGIE USATE NELLE ATTIVITA' DI SEARCH AND RESCUE

Durante le operazioni di SAR, vengono oggi prevalentemente utilizzati 3 metodi di ricerca delle vittime:

1. Ricerca "fisica", che consiste nella richiesta di informazioni ai sopravvissuti e nel muoversi sistematicamente attraverso le macerie cercando di ascoltare eventuali richieste di aiuto;

2. Ricerca “elettronica”, che prevede l'utilizzo di dispositivi elettronici, tipicamente acustici (come array di sensori in grado di catturare i rumori provenienti dalle macerie, discriminando i segni di vita umana dal rumore di fondo), visuali (come piccole telecamere collegate via fibra ottica, in grado di essere introdotte all'interno delle macerie) o ultrasonici (in grado di percepire il movimento). Recentemente, sono state utilizzate e sono tuttora sperimentate soluzioni basate sull'utilizzo di robot appositamente progettati.
3. Ricerca con cani, in grado di percepire tramite analisi olfattiva la presenza di essere umani al di sotto delle macerie.

In generale, tutti i metodi utilizzati necessitano di una installazione sull'area del disastro, con tutti i problemi di accessibilità e operabilità facilmente immaginabili. Inoltre, necessitano di una conoscenza a priori della struttura crollata e, quindi, della probabile posizione delle persone intrappolate. Infine, le informazioni che si possono ottenere hanno un fondamentale valore ma sono limitate all'area nella quale vengono svolte, non fornendo alcun quadro d'insieme della situazione e, pertanto, non contribuendo alla miglior organizzazione e gestione delle risorse da parte di coloro preposti alla gestione della catastrofe.

3.0 LA “VISION” DI LOCCATEC

LOCCATEC ha preso spunto dalla situazione descritta e dalla assunzione che la moderna tecnologia sia in grado di rispondere alle esigenze di migliorare l'efficacia e l'efficienza dei soccorsi. In effetti, come visto, una delle principali difficoltà da superare durante la gestione delle emergenze è identificare le corrette priorità di intervento e di assegnazione delle risorse, sia umane che materiali. Tali priorità potranno essere meglio identificate aumentando la quantità di informazioni disponibili sul reale stato delle cose.

Obiettivi principali del progetto LOCCATEC sono stati la progettazione e la realizzazione di un sistema in grado di rendere disponibili rapidamente alle squadre di intervento informazioni sulla presenza (o no) di persone in ogni ambiente dell'edificio durante il suo crollo. Il sistema è stato inoltre ideato per fornire informazioni aggiuntive importanti (come i piani e la tipologia dell'edificio, l'uso di ogni singola stanza...) e può dare informazioni sulla situazione strutturale delle macerie, eventuali vuoti, ecc. Il sistema consente anche di ascoltare i suoni percepibili all'interno delle macerie, inclusi ovviamente quelli, consci o inconsci, emessi da persone eventualmente intrappolate.

Il sistema LOCCATEC si compone di dispositivi piccoli ed autonomi, che vanno pre-installati in ogni stanza, analogamente ai rilevatori di incendio. Essi si attivano in caso di un crollo, e registrano cosa accade nella stanza osservata, per poi rimanere inattivi sepolti nelle macerie. Non appena la squadra di soccorso arriva, esamina la zona del disastro con l'unità centrale LOCCATEC e, una volta rilevata la presenza di dispositivi LOCCATEC, scarica tramite una connessione wireless le informazioni registrate su ciascun dispositivo. Vengono pertanto rapidamente raccolte informazioni oggettive sulla presenza di persone potenzialmente intrappolate in ciascuna stanza, così come informazioni essenziali di base sull'edificio (piantine dei piani, caratteristiche della costruzione etc.).

Qualora LOCCATEC venisse adottato per una vasta diffusione ed installazione, potrebbe migliorare significativamente l'efficienza delle operazioni di intervento e della loro gestione ed organizzazione, costituendo uno strumento per l'esecuzione di una rapida visione d'insieme dell'area disastrosa al fine di localizzare persone intrappolate e conseguentemente pianificare le operazioni di salvataggio nella maniera più rapida ed efficace. Come parte dei sistemi più generali di risposta alle emergenze, LOCCATEC potrebbe consentire la distribuzione di personale, materiali e informazioni esattamente dove più necessari e contribuire alla definizione delle priorità di intervento ed alla pianificazione delle attività sul sito.

4.0 DESCRIZIONE DEL SISTEMA

Il sistema LOCCATEC (brevettato) è costituito da più dispositivi (denominati LCD), piccoli, non intrusivi, a basso costo, e completamente autonomi, che vanno pre-installati all'interno degli edifici alla stregua dei rilevatori di incendio – e da una o più unità centrali wireless (denominate LCU) – che sono utilizzate dalle squadre di soccorso.



Figura 1. Il sistema LOCCATEC

Ciascun dispositivo LCD, adeguatamente progettato e realizzato in modo da sopravvivere ad un eventuale crollo dell'edificio, analizza continuamente gli elementi della struttura del luogo dove è installato, senza comunque memorizzare o trasmettere alcuna informazione. Quando accade un evento riconosciuto come crollo (ovvero quando gli elementi strutturali monitorati cambiano significativamente), l'LCD comincia a registrare e a memorizzare immagini, che quindi mostrano cosa è accaduto nell'ambiente controllato sia durante il crollo che anche qualche minuto prima. Poi, gli LCD rimangono in attesa tra le macerie.



Figura 2. Il dispositivo LCD

Non appena giunta nelle vicinanze dell'edificio crollato, la squadra di soccorso, equipaggiata con le unità centrali LCU, trasmette un segnale wireless criptato e avvia il recupero delle informazioni immagazzinate in ciascun LCD, ovvero le immagini registrate, il codice identificativo dell'LCD e la sua posizione prima del crollo. La LCU può essere quindi utilizzata per la visualizzazione delle immagini, consentendo la stima delle persone presenti in ciascun ambiente prima e durante il crollo. Le squadre di soccorso possono anche attivare un collegamento audio per ascoltare le persone eventualmente intrappolate sotto le macerie.



Figura 3. L'unità centrale LCU in collaudo

4.1 Le problematiche funzionali

Per la realizzazione del sistema LOCCATEC, è stato necessario risolvere alcuni problemi tecnologici non banali, in particolare per la necessità di mantenere l'operatività sia nella lunga fase in cui nulla accade, sia nella fase immediatamente precedente il crollo, sia durante il crollo che dopo il crollo.

Ognuna delle 4 fasi ha generato requisiti funzionali specifici e spesso contrastanti, ma che possono essere comunque brevemente riassunti come segue:

- il dispositivo deve essere installato all'interno degli ambienti soggetti a protezione, e pertanto deve essere non intrusivo e non deve richiedere manutenzione frequente
- il dispositivo deve essere in grado di registrare immagini immediatamente a partire dal momento dell'instaurarsi delle condizioni di crollo
- il dispositivo deve essere in grado di sopravvivere al crollo dell'edificio
- il dispositivo deve essere in grado di trasmettere con un collegamento "wireless" le immagini registrate e le informazioni relative alla sua posizione originale di installazione

In seguito a questi requisiti principali, ne sono stati identificati altri, di tipo più generale:

- poiché il sistema si basa sulla registrazione e trasmissione di immagini, deve essere garantito il rispetto della privacy degli occupanti l'ambiente
- il meccanismo di identificazione dell'evento "crollo" deve essere assolutamente affidabile e non deve consentire la perdita di un tale evento
- il dispositivo deve essere in grado di registrare immagini in un ambiente potenzialmente invaso da polvere e con condizioni di luminosità variabili
- la modalità di trasmissione deve essere criptata per evitare l'intercettazione dei dati da parte di altri che non siano le squadre di intervento

Dall'analisi poi della sequenza di funzionamento del dispositivo, si sono evidenziate due altre fondamentali necessità:

- poiché il dispositivo registrerà le immagini a partire dall'evento crollo, per poi mantenerle memorizzate senza registrare ulteriormente immagini, è fondamentale la verifica che l'evento sia poi stato effettivamente tale, e non un falso allarme; dovrà pertanto essere prevista una funzionalità di ritorno in condizioni operative qualora vengano verificate le condizioni di “non crollo”
- poiché dopo il crollo dell'edificio i dispositivi saranno dispersi tra le macerie, potrà verificarsi il caso di impossibilità di raggiungere via radio-link l'unità centrale a causa dello schermo alle onde elettromagnetiche rappresentato dalle macerie stesse; i dispositivi dovranno pertanto essere in grado di autoconfigurarsi in rete secondo una modalità tale che uno di essi possa fungere da “ripetitore di segnale” fino a raggiungere l'unità centrale.

4.2 Le soluzioni tecnologiche

L'architettura del dispositivo LCD che è stata utilizzata per il soddisfacimento dei requisiti funzionali prevede i seguenti sottosistemi:

- sottosistema per la cattura delle immagini ed il riconoscimento del crollo sulla base delle immagini acquisite
- sottosistema di comunicazione wireless con la LCU
- sottosistema di supervisione delle operazioni
- sottosistema di alimentazione
- sistema di contenimento meccanico

Di particolare interesse sono le soluzioni adottate per i primi due sottosistemi, che hanno richiesto l'adozione di soluzioni allo stato dell'arte e intense attività di Ricerca e Sviluppo.

4.2.1 Il problema del riconoscimento del crollo

Al di là degli aspetti tecnologici legati alla registrazione delle immagini in un ambiente a luminosità variabile e quasi sicuramente polveroso al momento del disastro, uno dei problemi fondamentali del sistema LOCCATEC è la capacità di riconoscere l'evento catastrofico.

La definizione stessa di un crollo strutturale, e pertanto la sua “osservabilità” da parte di un sistema automatico, richiede alcune assunzioni di base. Esse derivano dalla finalità del sistema LOCCATEC, ovvero la possibilità di fornire immagini ed informazioni relative a ciò che è accaduto all'interno di un ambiente durante “il crollo strutturale dell'ambiente stesso”. Ciò identifica come crollo, ai fini di LOCCATEC, il cedimento catastrofico della struttura costituente l'ambiente osservato. Sono pertanto da escludere le fessurazioni e i cedimenti parziali in genere di una parete, che non dovranno essere identificati come “crollo” dall'LCD.

Questo presupposto conduce alla impossibilità di utilizzare una grandezza fisica (come l'accelerazione) per l'identificazione dell'evento crollo, così come esclude di fatto ogni legame tra il crollo e la cause di esso: semplicemente, il sistema LOCCATEC sarà in grado di identificare una modifica degli elementi strutturali caratteristiche tali da rappresentare un crollo.

La soluzione adottata è pertanto quella di un algoritmo di analisi delle immagini acquisite in continuazione dall'LCD, che, in base ad una sequenza di analisi messa a punto dal progetto, fornirà l'indicazione univoca di “crollo in atto”.

Tale soluzione, brevettata dal consorzio LOCCATEC, costituisce un sicuro elemento di innovazione e rappresenta una risposta di assoluta eccellenza ad un problema non banale.

Le prestazioni e la robustezza dell'algoritmo di identificazione di un crollo sono state verificate utilizzando immagini e filmati ottenuti durante una attività di sperimentazione sul campo effettuata nel 2003 a S.Giuliano di Puglia [2].

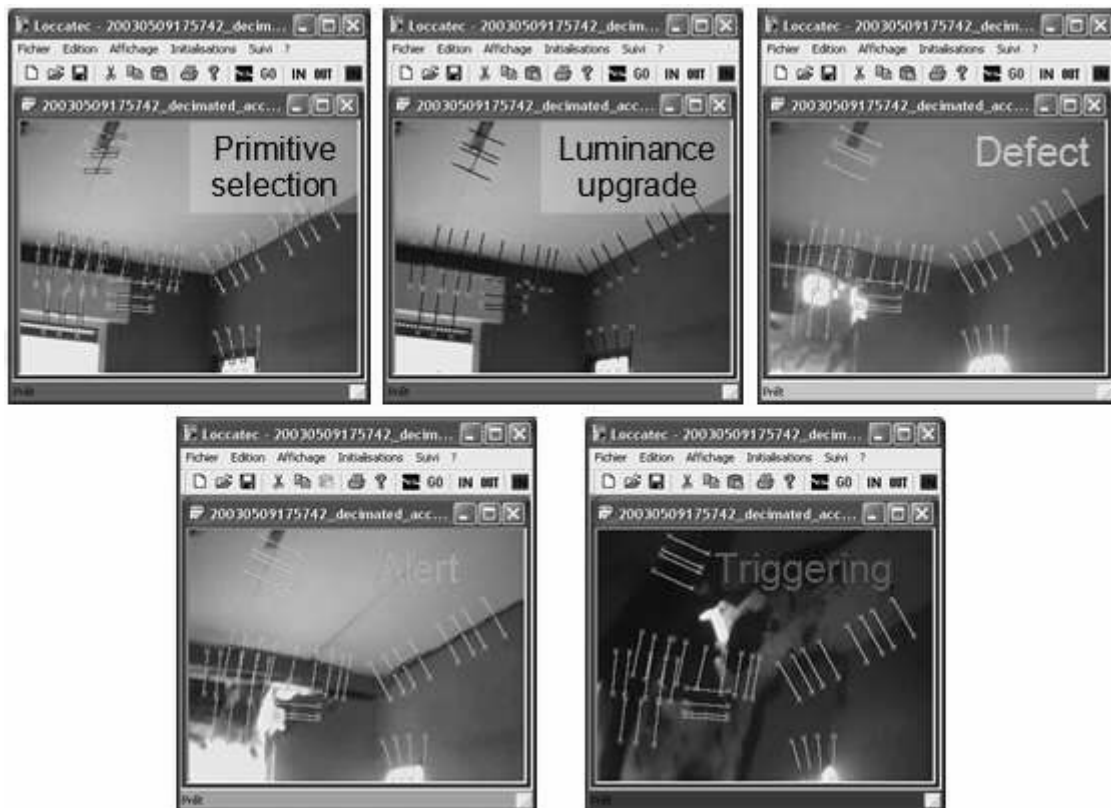


Figura 4. Le condizioni di crollo identificate dall'algoritmo LOCCATEC

4.2.2 Il problema della trasmissione in ambienti ostili

Come definito dallo stesso concetto di LOCCATEC, la trasmissione tra LCD e LCU avviene via radio (wireless). Ciò porta al problema della miglior definizione della frequenza di trasmissione in funzione sia della potenza necessaria che dell'attenuazione del segnale causata dalla presenza delle macerie dopo il crollo (e conseguentemente della probabilità per l'LCD di essere "visto" dalla LCU durante le attività di ricerca).

Inoltre, occorre considerare le limitazioni in potenza del segnale, legate al minor consumo possibile delle limitate risorse energetiche disponibili sull'LCD, e la necessità comunque di una banda sufficientemente larga per garantire una trasmissione rapida e senza errori delle informazioni (vale la pena ricordare, immagini) memorizzate all'interno dell'LCD.

La scelta è caduta sullo standard IEEE 802.11x, affermato da tempo ed anche noto (impropriamente) come WI-FI. Lavorando a 2.4 GHz garantisce le migliori performances rispetto alle condizioni di utilizzo e, in base a simulazioni svolte dal consorzio LOCCATEC, dovrebbe garantire il superamento di diversi metri di detriti da edificio. Tuttavia, neanche ciò può garantire la raggiungibilità di tutti gli LCD sopravvissuti al crollo, specialmente quando i materiali frappono tra LCD e LCU contengano molti componenti ferrose.

A tale problema è stato deciso di rispondere con l'adozione di un protocollo di configurazione dinamica della rete denominato "ad-hoc" network, che consente notevoli prestazioni di robustezza e connettività. Esso infatti permette la configurazione dinamica della rete di comunicazione, in quanto la rete viene instaurata localmente e in modo da consentire la scomparsa di alcuni nodi (ad esempio per esaurimento delle batterie interne di alimentazione di un LCD) o l'inserimento di nuovi nodi di trasmissione (ad esempio quando, per lo spostamento di detriti, un LCD venga a trovarsi di nuovo in "vista" dell'LCU). Aggiungendo a ciò la implementazione della tecnica denominata "multihopping", è stata resa possibile la comunicazione della LCU con un LCD non in vista diretta grazie al servizio di "ponte" di un altro LCD: in questa maniera, la comunicazione tra LCU e LCD avviene "saltando" (hopping) sugli LCD.

4.3 Le informazioni fornite

Le informazioni registrate dalla LCU sono costituite da una sequenza di immagini che coprono da 5 minuti prima a 10 secondi dopo il collasso strutturale. Una volta stabilita la connessione wireless tra LCU e LCD, è poi possibile richiedere la cattura di una ulteriore immagine (potenzialmente utile per acquisire informazioni sulla posizione in cui il dispositivo si è venuto a trovare dopo il crollo) e l'apertura di un canale di comunicazione (in solo ascolto).

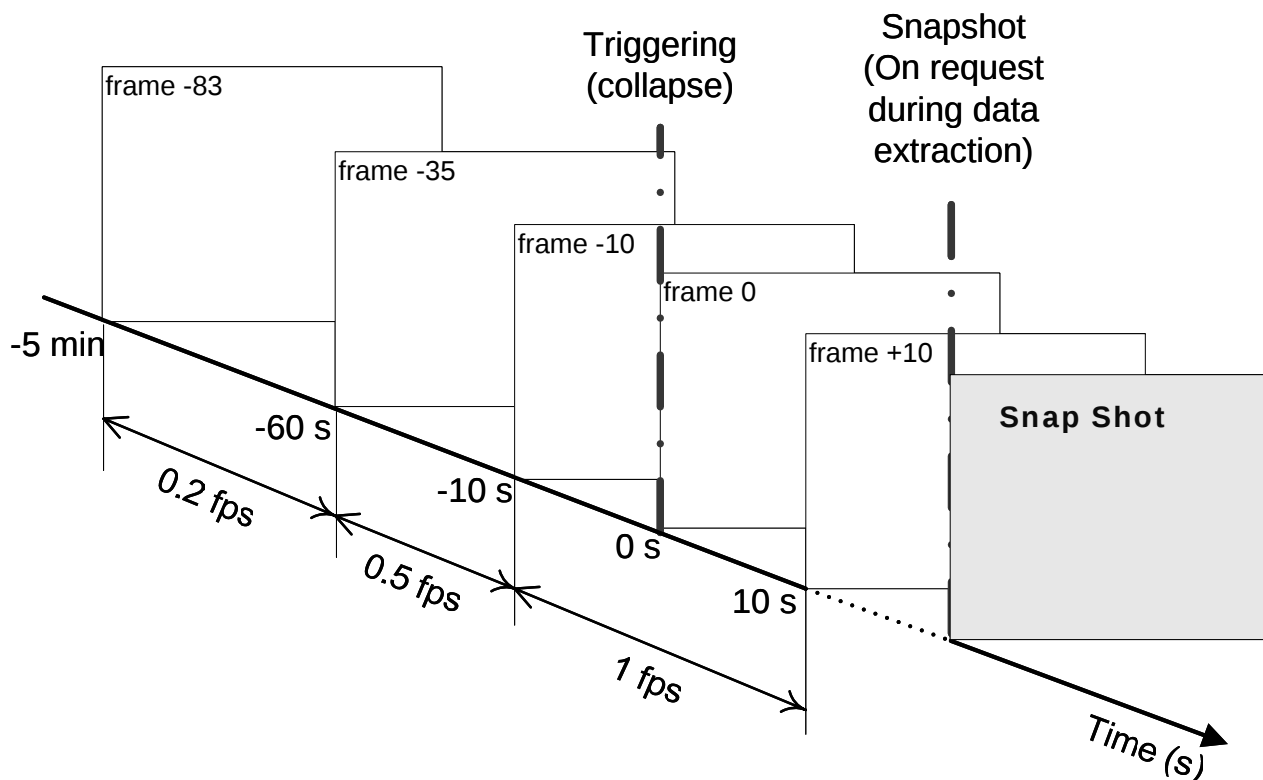


Figura 5. La sequenza di registrazione delle immagini da parte delle LCD

Queste informazioni, assieme a quelle inserite nelle LCD durante la fase di installazione, vengono raccolte sequenzialmente dalla LCU. L'elenco delle informazioni disponibili è pertanto costituito da:

- Data e ora dell'installazione, nome dell'installatore e codice del dispositivo
- Indirizzo dell'edificio, numero di locali e struttura
- Mappa del piano e mappa dei locali in cui gli LCD sono installati
- Posizione e orientamento dell'LCD
- Breve descrizione del locale in cui è installato l'LCD
- Ora dell'ultima allerta
- 106 istantanee del locale che coprono un periodo temporale di 5 minuti
- 1 istantanea (su richiesta)
- Registrazione audio (su richiesta)

Tali informazioni sono organizzate e presentate all'operatore mediante una interfaccia utente che consente sia la visualizzazione delle immagini secondo le necessità, che la registrazione delle eventuali vittime individuate. Due esempi sono mostrati nelle figure 6 e 7.

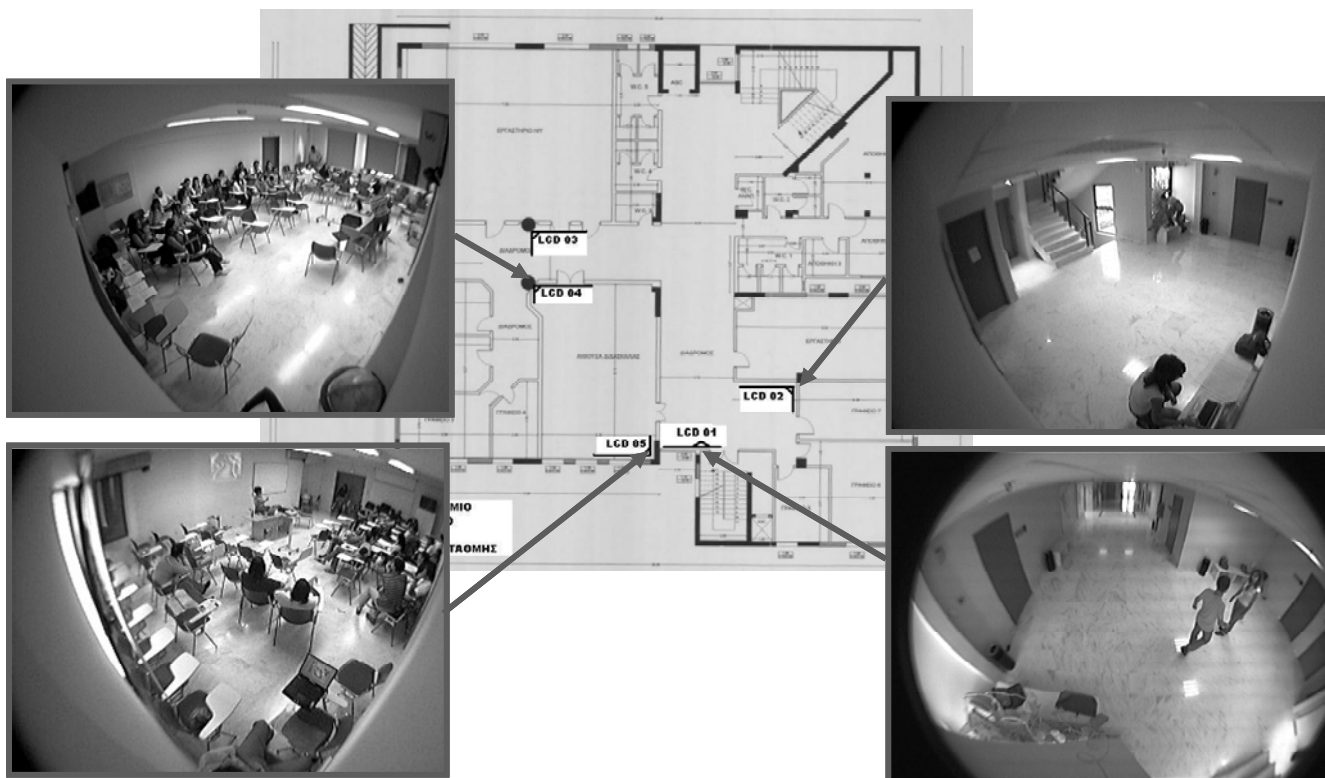


Figura 6. Immagine registrate da diverse LCD presenti nell'edificio

Building ID:
University X., X. Street, Athens, Greece

02

Download Progress:
14/0 of 35 LCDs installed

SerLCD0003

LCD Device	LCD Position	PV	CV/D	CV/L	EV
Corridor, LCD opposite the exit of the classroom	Corridor	X	X	X	X
Classroom, LCD on the corner near the exit	Classroom	X	X	X	X
Classroom, LCD in the corner next to exit	Classroom	X	X	X	X

30/11/2004, 17:07:53

Figura 7. Interfaccia utente della LCU, che mostra l'ubicazione ed il campo di vista delle LCD installate

5.0 LE PROVE SUL CAMPO

A conclusione delle attività di progetto, sviluppo e collaudo in laboratorio, il sistema LOCCATEC è stato oggetto di prove funzionali in campo. L'Ing. A. Gambardella, Dirigente Generale della Direzione Centrale Risorse Logistiche e Strumentali del Dipartimento dei Vigili del Fuoco, – in qualità di membro del Scientific Advisory Group del progetto – ha proposto di coinvolgere per tali attività il Comando Provinciale di Pisa, nella persona del Comandante Ing. G. Romano.

In un'area messa a disposizione dal Comando di Pisa del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco, è stato ricreato il risultato dell'abbattimento di una abitazione da parte di una frana, al fine di verificare la funzionalità del sistema nel trasmettere le informazioni registrate dalle LCD. La disposizione sperimentale, mostrata nelle figure 8 e 9, consisteva in un cumulo di macerie (elementi strutturali in cemento armato con terra e detriti sparsi). E' stato inoltre utilizzato un container con funzioni di comando operativo.



Figura 8. Panoramica dell'area di test, con ben visibili le macerie ed il container di comando



Figura 9. Le unità LCD tra le macerie

Precedute da sessioni di presentazione e training del personale all'uso della LCU, sono state condotte due diverse sessioni di prove (20-21 Aprile 2005 e 14 Giugno 2005). Il personale del CNVVF ha effettuato un totale di 15 sessioni di ricerca LCD, sia in condizioni di tempo soleggiato che immediatamente dopo un violento acquazzone.



Figura 10. Personale CNVVF durante una sessione di prova

Le risultanze dei test hanno messo in evidenza una accettabile funzionalità, sia pure con le cautele derivanti dal fatto che il test è stato condotto in una situazione ottimale rispetto alla realtà, laddove si devono affrontare condizioni molto peggiori in termini di strutture metalliche presenti, maggiori distanze di esercizio ed interferenze.

Durante le ultime sessioni di collaudo è sempre stato possibile trasferire le immagini registrate dalle LCD sulla LCU, consentendo una rapida visione delle condizioni (simulate) di crollo. Tale funzionalità è stata apprezzata unanimemente da tutto il personale coinvolto nei test.

6.0 CONCLUSIONI

Il concetto di sorveglianza autonoma (come alternativa al classico sistema amministrato centralmente) applicato in LOCCATEC è molto attraente per un ampio spettro di applicazioni di monitoraggio ambientale, laddove l'uso di dispositivi a basso costo è premiante. Questo approccio consentirebbe differenti strategie nel monitoraggio di emergenze potenziali o in atto, portando alla possibile implementazione di una rete di sensori distribuita in una larga area e in grado di riportare ad un elemento gerarchico superiore informazioni in tempo reale o a seguito di un evento predefinito.

I primi test, seppure parziali, mostrano un eccellente soddisfacimento dei principali requisiti funzionali definiti, confermando la bontà del concetto e la sua effettiva realizzabilità su scala industriale.

La Protezione Civile è un'ovvia area di applicazione per LOCCATEC. La chiara finalità è migliorare la gestione delle emergenze con crolli di edifici dovuti a varie cause, naturali (terremoti, inondazioni, frane), derivanti da attività umane (per esempio esplosioni di gas) o intenzionali (per esempio attentati)

Una ampia adozione di LOCCATEC potenzierà significativamente l'efficacia delle operazioni di "Search and Rescue", in quanto (i) sarà uno strumento in grado di eseguire velocemente una analisi del luogo del disastro (ii) consentirà di rilevare persone potenzialmente intrappolate e (iii) metterà rapidamente a disposizione informazioni a supporto di una pianificazione più efficace delle operazioni di soccorso.

Come parte di un sistema complessivo di emergenza, permetterà di assegnare il personale e le attrezzature dove è più necessario, di far pervenire le informazioni critiche sullo stato dell'emergenza e di contribuire alla definizione delle priorità organizzative delle operazioni di soccorso.

Ringraziamenti

Il progetto è stato parzialmente finanziato dalla Comunità Europea nell'ambito del programma IST, secondo il Contratto di Ricerca e Sviluppo LOCCATEC [IST-2000-29401].

Bibliografia

1. Project IST-2000-29401 "Low Cost Catastrophic Event Capturing"
2. La gestione dell'emergenza da evento catastrofico: il progetto LOCCATEC". U.Delprato, F.Andritsos, F.Ferrucci, E.Karvelas, N.Katevas, V.Moreau, L.Eck, G.Papadopoulos, G.Karastergios and T.Thoma, Convegno Scientifico Nazionale - "Sicurezza nei Sistemi Complessi", Bari, 16 – 17 Ottobre 2003