

Development of functionally distributed sensor network for rescue.

- 正 羽田靖史 (理研), 平野慎也 (理研), 正 川端邦明 (理研)  
羅志偉 (理研) 正 嘉悦早人 (理研), 正 淺間一 (東大)

Yasushi HADA, (RIKEN), had@riken.jp, Shinya HIRANO, (RIKEN), Kuniaki KAWABATA, (RIKEN)  
Luo Zhiwei, (RIKEN), Hayato KAETSU, (RIKEN), Hajime ASAMA, (The Univ. of Tokyo)

In this paper, we functionally distributed sensor network for rescue. It consists of base Rescue-Communicators with global mesh network, and client Rescue-Terminals with local hub network. Rescue-Terminals have microphone, speakers, network and cheap CPU, and gather victims' voice in rubble. Rescue-Communicator accumulates and shares the voices to other Communicators with mesh network. The functionally layered system allows to reduce the total system cost and network congestion compared to many Communicators with one mesh network.

**Key Words:** Rescue-Communicator, mesh network, sensor network

1. 緒言

我々は大震災等における被災者探索システムの研究開発を行っている。本稿ではまず開発したインテリジェントセンサを用いた被災者の探索実験について述べ、現状の問題点について述べる。また、多種のインテリジェントセンサセンサとネットワークを用いてより機能的かつ安価にユビキタスセンサネットワークを構築するための、機能とネットワークの切り分け、また実装したシステムと開発中の小型低機能のユビキタスセンサについて述べる。

2. レスキュー・コミュニケーター

我々は、地震、洪水等による被災地内に分散した多数のインテリジェントセンサ、ネットワーク家電、携帯端末、ロボット等の情報を、動的にメッシュネットワークを形成しながら、上空からの収集・中継した情報も含めリアルタイムに GIS 上で統合し、被災地状況の推定、情報収集のための行動計画等に資する技術を研究開発している。これまでに我々は、レスキュー用のマイクロサーバとして、レスキュー・コミュニケーター (R-Comm.) を開発してきた。このセンサは音声入出力等のセンサ機能と、センサデータを蓄積するストレージ機能、無線 LAN を用いてメッシュネットワークを形成する機能を持っており、これにより被災者音声等を大域的かつユビキタスに収集することができる。 [1][2]



図 1 : レスキュー・コミュニケーター

表 1 : R-Comm. のスペック

CPU	SH7751R 内部:100MHz, システムバス:25MHz
OS	CE_Linux1.0(Linux2.4.20 ベース)
RAM	SDRAM 32MB
ROM	FLASH ROM 8MB
増設スロ	CF コネクタ×3 (有線 LAN, 無線 LAN, Modem)

ット	
音声再生録音機能	マイクroフォン×1, スピーカ×1, 外部端子付
シリアル	RS232C x2 (9 極ミニチュアコネクタ×2)
電源	ACアダプタ (DC9V), または内蔵バッテリー (DC6V) 外部増設バッテリー利用可能. 本体でのバッテリー充電可能.
操作パネル	電源スイッチ, シャットダウンスイッチ, ウェイクアップスイッチ, リセットスイッチ, ユーザ利用可能スイッチ, 電源オン LED, ユーザ利用可能 LED

3. R-Comm. による実証実験

4月24日に東京消防庁立川訓練場で行われた、IRS-U[参考文献]の総合訓練において、R-Comm.を用いた実験を行った。この実験では、大震災により瓦礫内に閉じ込められた被災者を IRS-U レスキュー隊が各種 RT 機器を利用して生存確認と救出を行うものであった。(図2) この実験において、R-Comm. はあらかじめ瓦礫内に設置され、内蔵マイクにより瓦礫内の音声を集音する。また、レスキュー隊の車両に受信の無線 LAN 内蔵ノート PC を設置し(図3)、レスキュー隊が救出現場に到着した際の初動活動において、瓦礫内 R-Comm.からの無線を車両側で受信し、瓦礫内の音声を聞くことができることを確認した。 [3]



図 2 : 4月訓練の様子 図 3 : 車両上の音声受信 PC

また、6月24日には同じく立川訓練場において、地下街において NBC テロ災害が起こったことを想定した訓練が行われた。(図4) この際にも R-Comm. は調査活動の初動において入ることができない地下街の内部の音声を集音し(図5)、安全な場所から確認することが可能であることを実証した。



図4：6月訓練の様子



図5：音声受信機

2つの実証実験においては十分に音声が集音でき、比較的安全に被災地内での初動確認が可能であることが確認できたが、確認側のノートPCの日光下の可視性、操作性などが問題として挙げられた。また、想定地下街での実験では、コンクリートや鉄扉などにより、8%の確率で無線の受信ができないことが問題として確認された。

#### 4. レスキュー用ユビキタスネットワークの改良

R-Comm.を用いた被災者探索システムは、あらかじめ災害前から家屋内にセンサを配しておくことにより、被災直後から迅速かつ広範囲にセンサネットワークを展開することが可能であるが、実際には以下の欠点が存在する。

- ・高コスト…家屋内の各部屋に高性能高価な R-Comm.を配置する必要があり、全体としてコストが高くなる。
- ・ネットワークの輻輳…R-Comm.はそれぞれがノードとなりメッシュネットワークを形成するが、各家屋内の全ての R-Comm.がメッシュネットワークに参加するため輻輳おきネットワークの性能が低下しやすくなる。

これらの問題を解決するため、レスキュー・コミュニケータの機能を分離し、ストレージ機能やメッシュネットワーク機能を持つ高性能高価な親機と、センサ機能や簡素なネットワーク機能のみを持つ低機能安価な子機に分けることを提案する。各家屋内には一台の親機と複数の子機を配置し、まず第一段階として親機をハブとしたスター結合でセンサネットワークを形成する。(図6)

子機は親機からの指示により内蔵スピーカ及びマイクを動作させ周囲の音声を収集し、直ちに親機に転送する。親機は各子機からの音声を蓄積し、親機同士でメッシュネットワークを形成し情報を共有、転送する。この方式を用いると、子機はマイク、スピーカ、ネットワーク機能と比較的簡素なCPUのみで構成可能であるため、安価に開発することができる。また、ネットワークを親機-子機間の簡素なネットワークと親機間のメッシュネットワークに分割することによって、ネットワークの輻輳を防止しすることができる。(図7)

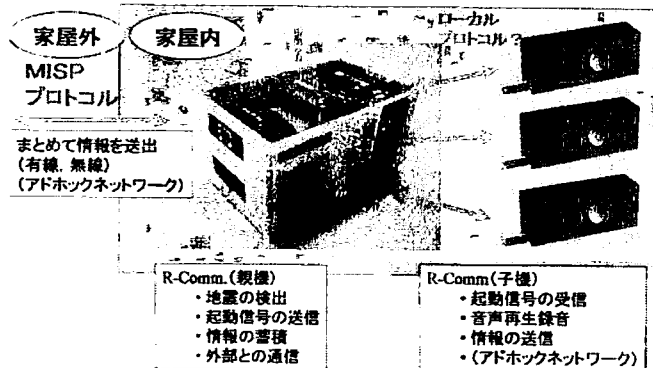


図6：親機と子機による家庭内ネットワーク

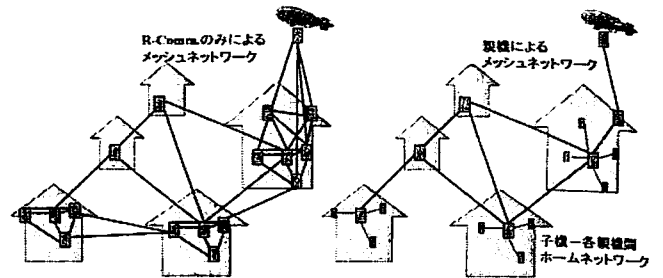


図7：階層化によるメッシュネットワークの簡素化

#### 5. R-Comm.子機の試作

我々は現在、上記の設計に基づいた R-Comm.子機の試作を行った。主要なスペックを表2に示す。R-Comm.子機はストレージ機能や高度な CPU を必要としないため、CPU として dsPIC(30F6012A,120MHz)を用いた。また、ネットワーク機能として無線 LAN よりも省電力、長距離通信が可能なスペクトラム拡散超小型無線データ通信モジュールを用いた。子機は直接家庭用コンセントに接続して動作するほか、バッテリーを内蔵し停電時も動作可能である。またサイズは R-Comm.親機と比較して約9分の1となっている。

この子機のマザーボードは我々の研究グループで以前に開発された C-CHIP バスを搭載しており、SH2 や FPGA 等を搭載した他のボードから利用することも可能であるため、ボードの追加により今後計算能力を向上させることも容易である。[4]

現在、R-Comm.子機はハードウェアが完成し、ファームウェアの開発を行っている。今後実証実験において順次有効性を確認する予定である。

表2：R-Comm.子機のスペック

CPU	dsPIC 120MHz
RAM	8KB (CPU 内蔵)
ROM	144KB (CPU 内蔵) 128KB(外部 EEPROM)
OS	なし
録音可能時間	一度につき最大 32 秒(4kHz 録音時)
無線規格	2.4GHz 特定省電力無線
無線速度	160kbps
I/O	マイク、スピーカ、USB、C-CHIP バス
消費電力	5V70mA(待機時) / 300mA(最大時)
バッテリー	ニッケル水素二次電池(充電可能)
サイズ	50mm*75mm*30mm(突起部除く)

#### 参考文献

- [1] Hajime Asama, Yasushi Hada, et. Al. : "Introduction of Task Force for Rescue System Infrastructure in Special Project for Earthquake Disaster Mitigation in Urban Areas." IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO), Aug. 22 -- 26, 2004.
- [2] 羽田靖史, 淺間一, et. Al. : "社会インフラ研究プラットフォーム「レスキュー・コミュニケータ」の開発," 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2005, 2P1-S-092, 2005.
- [3] <http://www.rescuesystem.org/tmp/NEW/press.htm>
- [4] 平野慎也, 羅志偉, 小田島正, 加藤厚生 : "環境適応ロボットにおける分散型汎用コントローラの開発," 第 21 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 1B22, 2003.