

減災 CS コミュニケーション端末の開発

"Gensai Communication System": Development of the terminal device

四柳 靖彦 Yasuhiko Yotsuyanagi, 笛木 正 Tadashi Fueki, 都甲 和幸 Kazuyuki Toko,
寺岡 延和 Nobukazu Teraoka, 黒須 歩刀 Ayuchi Kurosu

[要 旨] 災害時の情報伝達率の向上, 安否情報の収集を可能とする双方向通信の実現を考慮して減災コミュニケーションシステムを開発した。開発の要点は, 各住民宅に設置するコミュニケーション端末におけるアドホック無線通信方式を採用し, 災害などで通信経路が切断されても自らがネットワークを再構築し通信を継続できるようにしたことである。本システムは, 災害時の確実な情報伝達に対し有効に機能する。

[Summary] We developed "Gensai Communication System" to realize certain communication and collection of replay information in the disaster. We thought that maintaining communication is the most important point of the development. So, we adopted and developed the wireless ad-hoc network system. In this system, terminals reconstruct the network independently, and make it possible that maintain the communication in the disaster.

1 まえがき

多くの市町村の防災用無線システムには, 住民に対する災害時の情報伝達を目的とし, 60 MHz 帯無線を使用した防災行政無線システムが導入されている。しかし, 近年の大災害における教訓から, 住民に対するより確実な情報伝達や, 安否情報の収集等, 更なる改善のニーズが高まっている。

減災コミュニケーションシステム(以下, 減災 CS)は, これらのニーズに応えるべく開発を行った。本稿では, 減災 CS(図 1)の核となる, コミュニケーション端末(図 2)について主に記述する。

なお, 本稿では防災行政無線をはじめとする防災用無線システムにおける一般的な家庭用端末を戸別受信機と記述し, 減災 CS についてのみコミュニケーション端末と記述する。



図 2 コミュニケーション端末外観
Communication Terminal appearance

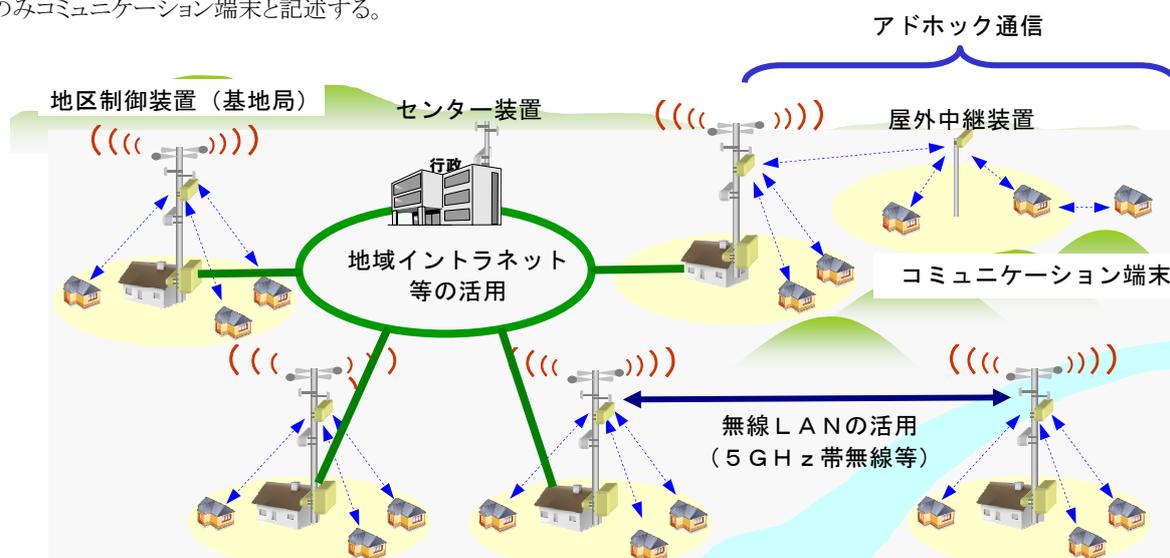


図 1 減災 CS 概要
Gensai Communication System summary

2 開発の条件

2.1 開発の背景

現状の市町村に広く導入されている防災行政無線システム(図3)は、役場からの放送を流すだけの単方向型の通信システムとなっている。しかし、屋外拡声器からの放送だけでは、屋内では聞き取りにくい、屋内設置用の戸別受信機を導入したとしても、正常に動作しているのか、放送が届いたのかを知るすべがないといった問題を抱えている。

これからの防災用無線システムには、住民への確実な情報伝達に加え、住民の安否確認や、被災状況の把握により、迅速な救助活動や援助活動、さらには復旧活動につなげられる役割が求められている。

そのためには、全住民宅に戸別受信機を設置し、情報を伝えるとともに、住民からの応答を取得できる双方向型通信の仕組みが必要となる。併せて、戸別受信機設置に要する機器コストおよび運用コストの抑制も求められている。

今回我々は、戸別受信機としてのコミュニケーション端末と、基地局を新規に開発することで上記ニーズに応える減災 CS を開発し、より充実したサービスの実現を目指した。

本開発は 株式会社 NTT データ殿との共同開発であり、システム制御用のサーバソフトウェア開発を株式会社 NTT データ殿が、その他のコミュニケーション端末、基地局などの機器開発を当社がそれぞれ担当した。

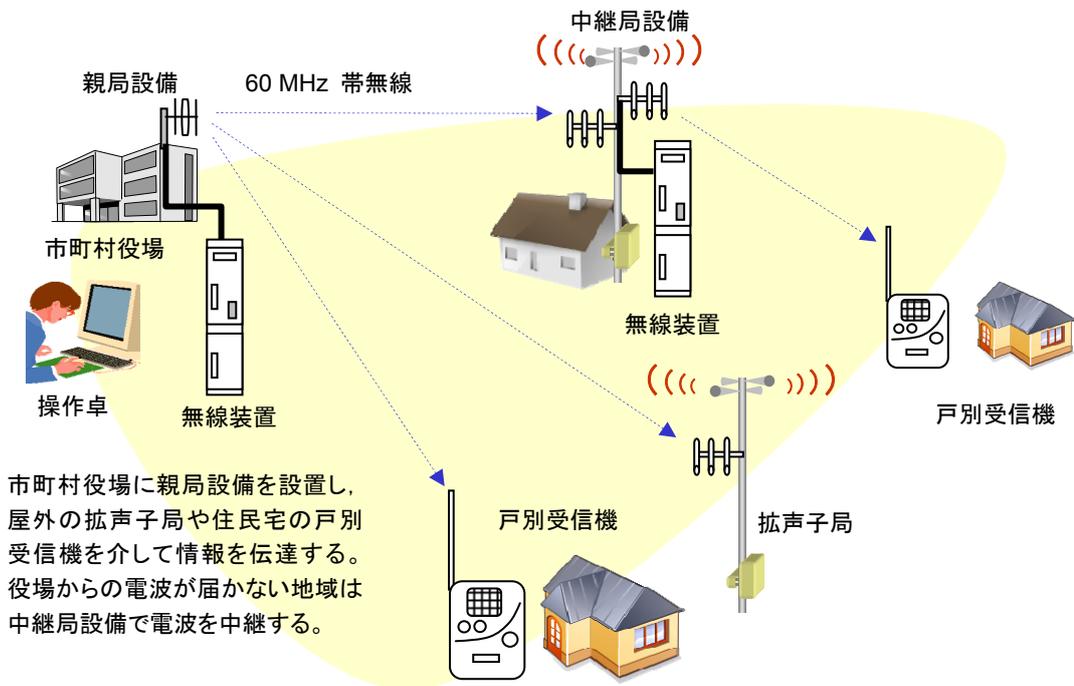


図3 防災行政無線(同報系)システム概要図
“Bousai Gyousei” radio system summary

2.2 開発の基本方針

減災 CS コミュニケーション端末の開発方針は以下の通りである。

(1) 双方向通信

従来の 60 MHz 帯無線を使用した防災行政無線システムでは、戸別受信機は受信専用であるため、住民に対して情報を伝えるだけの一方通行のサービスしか提供できない。防災用無線システムとしてのサービスを向上させるためには双方向通信機能が必須であり、減災 CS では双方向型の通信システムとすることを第一方針として開発を進めた。

双方向通信を実現することにより、以下のサービスの実現を可能とした。

① 住民の安否確認

戸別受信機との双方向通信により住民からの応答を収集可能とした。減災 CS では住民がコミュニケーション端末を通して応答できる機能を提供することで、各住民が避難情報を聞いたのか、避難を開始したのか、さらには支援を必要としているか等の情報を集め、行政側で安否確認ができるシステムとした。

② 機器の監視

従来型戸別受信機は各住民宅に設置されるため、行政側では設置状況を把握できない。電源が切られているもの、電池の容量がなくなっていて停電時に使用できない状態のもの等様々な状況が想定される。そのため、非常時に避難情報を発令しても戸別受信機が動作せず、情報を入手できない住民が発生するケースがあり得る。減災 CS ではコミュニケーション端末の状態を常時監視することで情報が届かない恐れのある住民宅や、実際に情報が届かなかった住民宅を把握できるようにした。

(2) 運用コストの削減

従来の 60MHz 帯無線を使用した防災行政無線システムでは戸別受信機は受信専用機である。これは現在の電波法上、戸別受信機が無線送信機能を備えると電波使用料がかかるためである。送信機能の付いた戸別受信機を全住民に配布した場合、その全台における電波使用料を考えると運用コストは膨大なものになる。減災 CS は電波使用料のかからない無線システムを採用することで、運用コストのかからない双方向通信システムを構築した。

(3) 簡単な操作

戸別受信機はすべての住民が使用するものである。従って、操作が複雑なものはたとえ高機能なものであっても受け入れられない。また、非常時においては複雑な操作が情報の取得や避難の妨げとなることも考えられる。減災 CS のコミュニケーション端末はすべての住民が正しく簡単に扱うことができるようにした。

また、高齢者や障害を持った方でも扱えるように、以下のことを考慮した設計を行った。

- ① 音声と LED による 2 通りの通知
- ② 大きく見やすいボタン
- ③ 誰もが認識しやすい表示

(4) アドホック通信

無線通信システムにおいて問題となるのが電波の到達性である。山間地域や住宅密集地域では基地局からの電波が遮蔽され、正常に受信できない住民宅が発生することが想定される。減災 CS ではアドホック無線通信方式^{※1}によりこの問題を解決した。この方式により、基地局からの電波を受信できないコミュニケーション端末に対しては、近隣のコミュニケーション端末が電波を中継する。独自のアドホック

通信方式を考案し、数百台規模でマルチホップ無線ネットワークを構築する機能を実現した。

※1: アドホック無線通信方式

マルチホップネットワーク環境において、各無線端末自身が自律的にルーティングを行い通信する方式。無線端末が周囲の機器と接続を確立しながら自立的にネットワークを構築する。

(5) 停電時対策

停電により商用電源の供給が断たれた場合でも 20 時間以上の動作を可能とした。

(6) 平常時でも使用できる音声配信機能

コミュニケーション端末は、緊急情報を伝達することが第一の目的であるが、平常時の行政からの連絡等にも活用できるものとした。

3 設計の要点

3.1 減災 CS の構成

減災 CS は図 1 に示した通り、各地区の避難所等に基地局を設置し、周辺の住民宅に設置したコミュニケーション端末に対する情報配信および情報収集を行う。市町村役場と各基地局間の通信は TCP/IP を採用しており、光ファイバ等の地域イントラネットや無線 LAN 等の活用により、インフラを問わずに接続可能とした。

3.2 双方向通信

基地局と各住民宅に設置したコミュニケーション端末との間は限られた無線チャンネルでの 1 対多の無線通信となる。この条件下で双方向通信を実現するには、基地局からのポーリング方式と端末間の競争方式などの技術的アプローチが考えられる。減災 CS では 1 台の基地局で数百台のコミュニケーション端末と通信すること、すべてのコミュニケーション端末に等しく通信機会を与える必要があることを考慮し、ポーリング方式を採用した。

基地局がコミュニケーション端末 1 台 1 台をポーリングし、住民からの応答情報や、各コミュニケーション端末の動作状況を収集する。全台のポーリングに要する時間はコミュニケーション端末が 200 台の場合に約 2 分となるように設計した。

このポーリング要求に対する各コミュニケーション端末の応答内に、表 1 に示す情報を含めるようにした。これらの情報の収集により、非常時における住民の安否確認や情報伝達確認および、日常的な機器の監視ができるシステムを実現した。

表1 コミュニケーション端末の応答項目
Response form communication terminal

項番	項目	応答種別	目的
1	ボタン押下情報	住民応答	住民の安否情報確認
2	配信情報の受信状況	伝達確認	役場等からの情報が届いたかを確認
3	配信情報の再生状況	伝達確認	役場等からの情報を再生したかを確認
4	機器の電源状態	動作状態	日常的な機器監視
5	機器の乾電池残量の有無	動作状態	日常的な機器監視

3.3 アドホックネットワーク

無線通信システムにおいてはしばしば電波不感地域ができてしまうことが問題となる。減災 CS はコミュニケーション端末が、基地局からの通信を中継する機能を持ち、アドホックネットワークを構築することでこの問題を解消した(図4)。

(1) アドホックネットワーク構築の仕組み

コミュニケーション端末によるアドホックネットワークの構築はスキャンとネゴシエーションの2つのフェーズにより実現した。

① スキャン

コミュニケーション端末は起動後、接続要求パケットを一定時間ブロードキャストで送信し、それに対する周囲の機器からの応答を集める。

この動作により周囲の通信可能な機器の存在を把握すると同時に、以下の情報を集める(図5 ①-②)。

- ・ 各機器から応答を受信した際の電波レベル
- ・ 各機器の基地局からの中継段数
- ・ 各機器の種別(基地局, 中継装置, コミュニケーション端末)

② ネゴシエーション

通信可能な機器の情報を収集した後、その中でもっとも最適な機器を選定して接続確立を行う。スキャン処理で収集した情報を使用し、もっとも基地局に近くかつ電波レベルの高い機器を最適な機器として選択するようにした。本処理は相手先を指定した接続要求を送信し、相手先機器からの接続要求受付の応答を受信することで完了とする(図5 ③-④)。

また相手先機器からの接続要求受付応答に、この後の通信に使用する無線チャネルを含め、コミュニケーション端末に動的に割り当てるようにした。

コミュニケーション端末への事前設定なしに、どの場所に設置しても通信可能となるようにこのネゴシエーションの仕組みを考案した。

すべてのコミュニケーション端末が上記2つの処理を行うことにより、アドホックネットワークの構築を実現した。

(2) アドホックネットワークにおけるポーリング

前述したように、減災 CS では基地局からのポーリングにより双方向通信を実現している。しかし、コミュニケーション端末が通信を中継しているアドホックネットワーク環境では、単純に基地局から全台をポーリングすることができない。

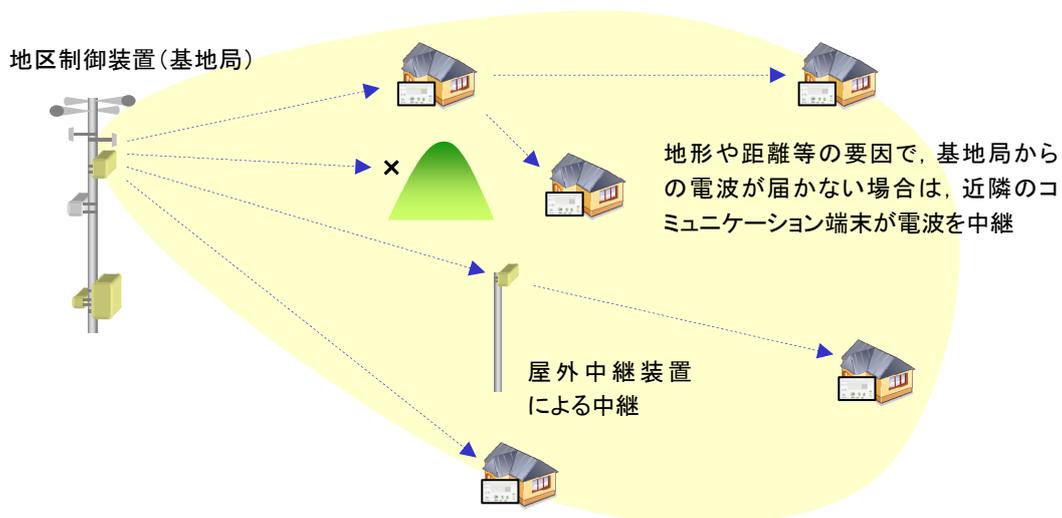


図4 コミュニケーション端末によるアドホックネットワークの構築
Construction of ad-hoc network by communication terminal

減災 CS ではメインポーリングとサブポーリングと呼んでいる 2 種類を組み合わせた独自の方式を考案し、アドホックネットワーク環境におけるポーリングを実現した。以下にその概要を簡単に説明する。

① メインポーリング

基地局が直接接続しているコミュニケーション端末に対して行うポーリングである。通常のポーリング動作と同様、コミュニケーション端末 1 台 1 台から応答を受信する。

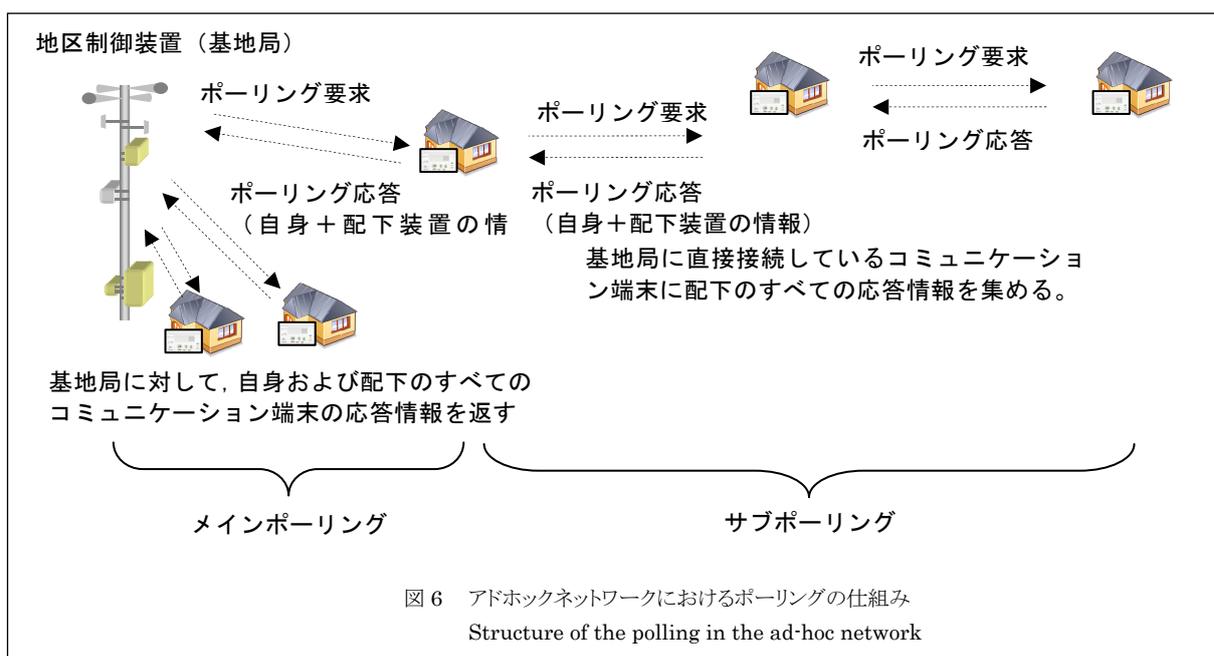
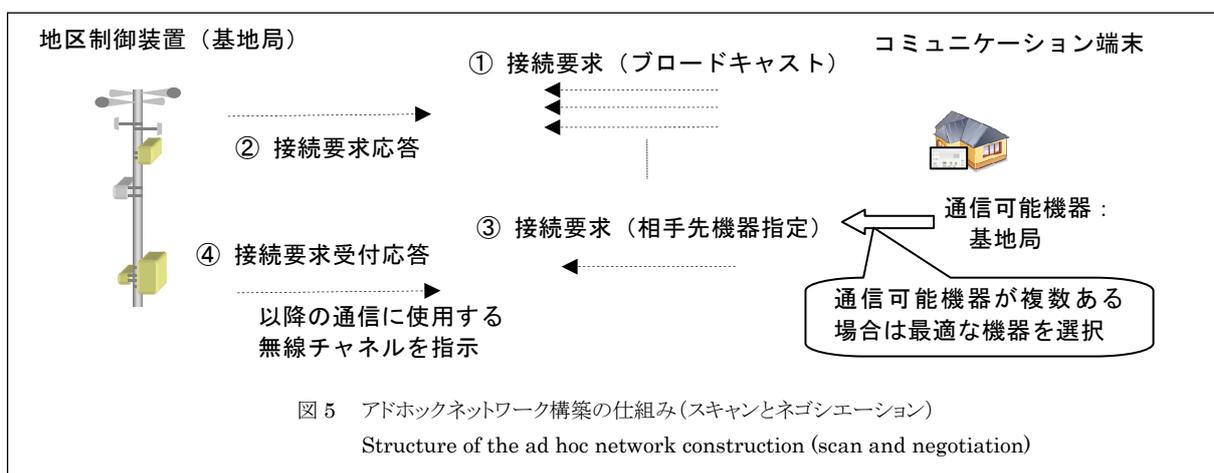
図 6 の例では基地局に 3 台のコミュニケーション端末が直接接続されており、基地局はこの 3 台を順にポーリングして情報を収集する。

直接接続されていない 2 台のコミュニケーション端末の情報は、この後説明するサブポーリングにより直接接続しているコミュニケーション端末まで情報を集めた上でメインポーリングの応答としてまとめて情報を受信する。

② サブポーリング

基地局に直接接続していないコミュニケーション端末に対して、基地局に直接接続しているコミュニケーション端末を基点に行うポーリングである。図 7 の例のように、多段接続している場合は末端までポーリング要求を伝播させ、各コミュニケーション端末の応答をまとめて要求元に返すようにすることですべての応答が集まる仕組みにした。

上記 2 つのポーリングを組み合わせ、最終的にすべてのコミュニケーション端末の情報が基地局に集まる仕組みを実現した。

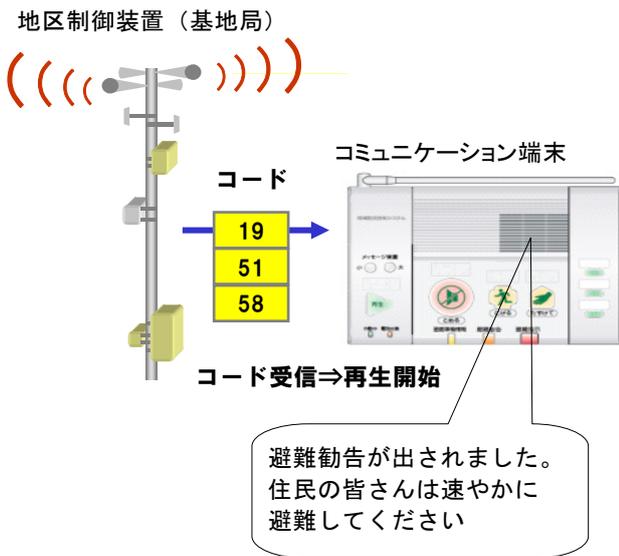


3.4 定型文と音声情報配信

コミュニケーション端末は2種類の音声再生に対応した。

(1) 定型文

コミュニケーション端末に地震や津波などの警報発令に関する音声フレーズを100通り以上格納し、基地局から番号で指定したフレーズの組み合わせを再生可能なようにした。非常時の使用を想定した機能で、警報発令から1分以内にすべてのコミュニケーション端末に情報を行き渡らせることができる(図7)。



内蔵音声フレーズ

19	避難勧告が出されました。
20	警報が発表されました。
21	注意報が発表されました。
...	...
51	住民の皆さんは
52	この放送をお聴きの皆さんは
53	沿岸の皆さんは
...	...
58	速やかに避難してください。
59	十分に注意してください。
60	落ち着いて行動してください。

図7 定型文再生の仕組み

Structure of fixed phrase announce

(2) 音声情報

定型文では伝えきれない詳細な情報を住民に提供するために、市町村役場等で録音した音声情報を受信し再生する機能を実装した。音声情報の録音、再生にはボコーダを採用し、2 kbit/s まで圧縮した音声情報を再生可能とした。

3.5 使いやすさ

コミュニケーション端末はあらゆる住民が使用することを想定し、使いやすさを追及した(図8)。

(1) 操作性

減災CSでは住民がコミュニケーション端末のボタンを押下した情報を基地局が収集する。高齢者でも使いやすいようにボタンを大きくし、かつ非常時は中央の3つのボタンのいずれかを押すだけの単純な操作とした。

(2) ユニバーサルデザインの採用

ボタンの印字にはユニバーサルデザインを採用し、ボタンの意味を視覚的に認識しやすいように工夫した。

(3) 視認性

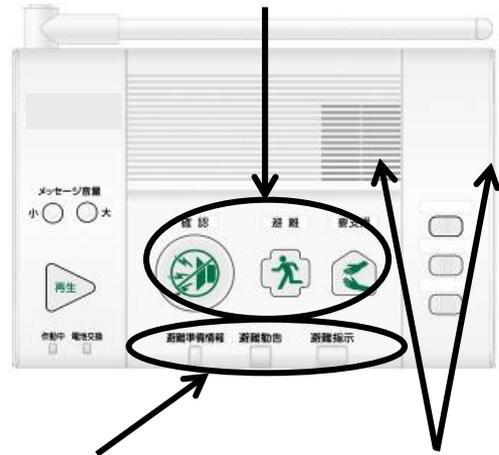
非常時の警報の発令には「避難準備情報」、「避難勧告」、「避難指示」の3種類がある。発令された警報の種類をLED表示により通知するが、設置場所を問わず視認性を確保する構造とした。

(4) 音声の聞きやすさ

内蔵スピーカからの音声がかんこえやすいように筐体にスリットを入れ、全方向で音が聞こえるように設計した。

(1) 応答を返すためのボタンは3種類に単純化

(2) 直感的にわかりやすいユニバーサルデザインを採用



(3) 発令された警報の種類に応じてLEDを点灯。L字型のパネルにより視認性を向上。本体上部、正面の両方向から視認可能とした

(4) 筐体前面および側面にスリットを入れ、スピーカからの音声が全方位で聞き取りやすいように工夫

図8 コミュニケーション端末操作性

Operability of communication terminal

3.6 停電時動作

コミュニケーション端末は停電時でも電池駆動により 20 時間以上の動作を可能とした。電池は入手性を考慮し、単三アルカリ乾電池を採用した。

3.7 運用コストの削減

基地局とコミュニケーション端末との間の無線システムには電波使用料のかからない 429 MHz 帯特定小電力無線を採用した。これにより、コミュニケーション端末設置による運用コストはわずかな電気料金のみとなる。消費電力を動作状態で約 1 W とし、月の電気料金を 20 円程度と、住民の負担がなるべくかからない設計とした。

4 機能

コミュニケーション端末の主要諸元を以下に示す。

表 2 コミュニケーション端末主要諸元
specification of communication terminal

項番	項目	仕様	
1	無線規格	ARIB STD-T67	
2	無線周波数	429MHz 帯	
3	送信電力	最大 10mW	
4	通信速度	最大 2.4kbit/s	
5	無線通信方式	単信通信方式	
6	変調方式	FSK 変調方式	
7	外部 I/F	外部音声出力 × 1 (3.5mm ミニジャック) RS-232C × 1 (RJ-11)	
8	電源	AC100V (50/60Hz, AC アダプタ) DC6V (アルカリ単3乾電池 4 本)	
9	停電時動作	20 時間以上	
10	質量	0.5kg 程度 (AC アダプタ, 乾電池除く)	
11	動作温度	-5 から 40°C	
12	外形寸法	40 (H) × 155 (W) × 120 (D) 程度 (アンテナ折りたたみ自, 突起部除く)	
13	LED / ボタン仕様	作動中 LED	LED 色 緑 / 赤
		電池交換 LED	LED 色 赤
		避難準備情報 LED	LED 色 黄
		避難勧告 LED	LED 色 橙
		避難指示 LED	LED 色 赤
		音量調整ボタン	大 / 小各 1 個, LED なし
		再生・停止ボタン	LED 色 緑
		警報確認ボタン	LED 色 赤
		避難開始ボタン	LED 色 黄
		支援要請ボタン	LED 色 黄
		オプションボタン I	LED 色 青
		オプションボタン II	LED 色 黄
オプションボタン III	LED 色 緑		

5 むすび

これからの市町村防災用無線システムには、災害時における防災情報の伝達だけではなく、住民の安否確認や、被災状況の把握など様々な機能が要求される。阪神・淡路大震災以降、日本の災害対策は「防災」から「減災」へと転換している。東日本大震災でも明らかのように、地震の後の津波からいかに住民を安全に避難させるかで被害は大幅に減らすことができる。避けられない災害による被害を、「防ぐ」のではなく「減らす」。今回我々はそれを実現するための 1 つのモデルとして減災 CS を開発した。今後も更なるニーズに応え、住民の安心、安全に貢献する機器を開発して行きたい。

謝辞

本システム開発にあたり、コミュニケーション端末の操作性等、多くのアドバイスを頂いた 株式会社 NTT データの関係各位に感謝の意を表す。

執筆者



四柳 靖彦
アンリツネットワークス(株)
第2 技術部



笛木 正
アンリツネットワークス(株)
製造部 生産技術グループ



都甲 和幸
アンリツネットワークス(株)
第2 技術部



寺岡 延和
アンリツネットワークス(株)
第2 技術部



黒須 歩刀
アンリツネットワークス(株)
第2 技術部

公知