

準天頂衛星を用いた防災情報配信システムの設計と有効性検証に関する研究

原田貴史[†] 石田剛朗[†] 楠田哲也[†] 神武直彦[†]

慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科[†]

1. はじめに

東日本大震災では、災害時における既存通信網の脆弱性が露呈された。通信が遮断された状況においても災害情報を伝達することのできる、既存通信網に非依存な情報配信ネットワークが求められている。この一つとして期待されているのが、準天頂衛星システム（以下 QZSS）の活用である。L1-SAIF 信号は伝送速度が 250bps と極めて低速ではあるが、アジア・オセアニア全域という非常に広範囲に渡る配信が可能になることや、GPS 受信機と互換性があり、市販の携帯電話やカーナビ等を大幅に改変することなくエンドユーザに直接データを伝送できることなどから、広域アナウンスが必要となる大規模災害時等での通信手段としての活用が期待されている。[1]本研究においては、この QZSS を用いた防災情報配信のためのシステムを示し、配信時間の観点から有効性の検証について論じる。

2. システム概要

現行のシステム構成について説明する。本システムは、QZSS の位置測位機能と L1-SAIF による通信機能を連携させることで各地点において適切な災害情報の提供を行う。本システムは主に既存の防災センターで収集された災害情報を、本システムで利用可能なデータ容量、フォーマットに変換し、QZSS 用地上局へ定期的にその変換したデータを伝送するためのデータ生成用のデータ生成センター、データ生成センターから提供されたデータを QZSS にアップリンクするための地上局である QZSS MCS、QZSS MCS から提供されたデータを L1-SAIF 信号として受信端末へ転送し、それと同時に受信端末へ位置情報を提供する QZSS、および QZSS から提供される信号及び位置情報を受信し、位置情報と防災情報を連携させ各位置固有の防災情報を識別して利用者に提示する情報端末により構成される。防災機関から受け取った情報を図 1 の①～⑤の順で QZSS を用いて利用者の持つ端末へと位置情報と共に配信を行う。

Design and validation of information distribution system for the disaster prevention using Quasi-Zenith Satellite.

[†]Keio University Graduate school of System design and Managemnet
Takafumi HARADA[†] Takaaki ISHIDA[†] Tetsuya KUSUDA[†]
Naohiko KOHTAKE[†]

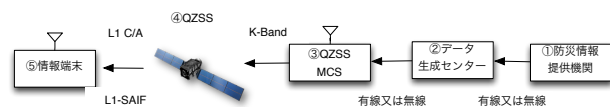


図1 システム構成

L1-SAIF 信号のデータフォーマットは図 2 のように定義されている。[2, 3]全長は 250bits のデータブロックとして定義され、毎秒 1 ブロックが伝送される（本稿では以降このデータブロックを「パケット」と表現する）。データのペイロード長は 212bits であり、本システムではこのペイロード部分に防災メッセージのデータをパッキングして伝送する。また一つのパケット長に収まらないサイズのデータは、複数のパケットに分割されて伝送される。

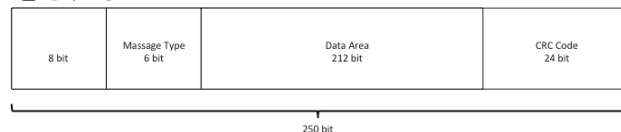


図2 L1-SAIF 信号のデータフォーマット

L1-SAIF 信号は伝送速度が 250bps という極めて低速なネットワークであるのに加えて、測位補強の一部を利用しているため測位補強に影響を与えないよう数秒程度間隔を明けることが推奨されている。メッセージの伝送間隔を $\Delta T_{interval}$ 、パケットの分割数を n 、1 パケットの伝送時間を Δt と置くと、メッセージ伝送に必要な時間 T は、(1) 式にて表される。

$$T = (n - 1) \times \Delta T_{interval} + n \Delta t \quad (1)$$

3. 現状の課題

防災メッセージには情報の鮮度があり、一定の時間内に届けられないと情報が陳腐化したり誤った情報として解釈されてしまうという問題が生じる。メッセージが情報として有用であり続ける期間を、本稿ではメッセージの有効時間と定義する。さらに本システムで取扱いを検討している防災メッセージを挙げ、緊急性と情報量の関係から整理した。図 3 にその一例を表す。緊急性の高いメッセージほど厳密なスケジュール管理が求められる。その中でも情報量の多いメッセージについては複数のパケットに分割して伝送されるため、必然的に伝送時間が長くなる傾向にあり、これを有効時

間内にどのように届けるかが重要になる。

		情報量	
		少	多
高 緊急 性	緊急地震速報 津波警報, 余震情報等		避難経路案内, 安否確認等
	ボランティア情報等		生活支援情報, 物資補給情報等
低			

図3 災害情報の緊急性と情報量の関係

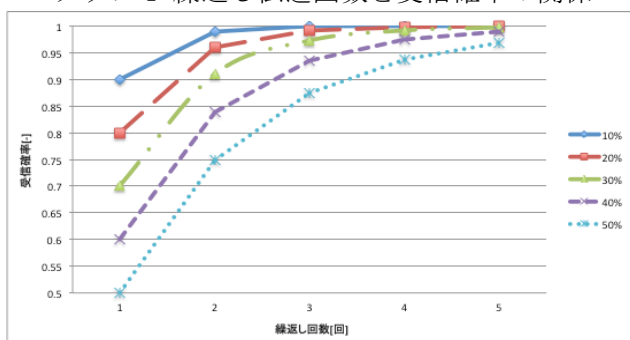
一方, L1-SAIF 信号は片方向のダウンリンク回線であり, 双方向通信で用いられているようなコンジェクションコントロール機能を有しておらず, データ伝達の信頼性は担保されていない. 受信成功率を高めるためにはメッセージを繰り返し配信するなどの冗長性を高めた配信手法が必要になるが, メッセージ伝達の信頼性の向上と配信できる情報量はトレードオフの関係にあり, 限られた帯域を効率的に使いながら, 必要な時間内にメッセージを到達させる仕組みが求められる。

4. 現状の取り組み

前述の式(1)は伝送された全てのパケットが途中で損失することなく受信機側に届くことが前提となっているが, 無線通信では高いパケットロス率を予め考慮しておく必要がありその上でスケジューリング等を考える必要がある. パケットロス率とメッセージ到達率の関係および伝送時間と伝送間隔の関係について計算上のシミュレーションを行った. (2)式において a が通信ロス率, r が取得したいパケット数, n が繰り返し回数, P が受信確率を表している. 分割してパケットを伝送した場合には正確に情報を伝送するために分割した r 個のパケット全てを取得しなければならない. このときの受信確率は (2)式により表され, グラフ2の伝送時間と伝送間隔の関係が得られる. 例えば, パケットロス率 30%の場合に 90%以上の受信確率でメッセージを届けるには, 2 回以上の伝送回数が必要となる。

$$P = 1 - \sum_{n=r-1}^{n=0} {}_n C_r (a)^r (1-a)^{n-r} \quad (2)$$

グラフ1 繰り返し伝送回数と受信確率の関係



例えば津波の場合, 場所によっては気象庁の警報発令後, 数分の猶予もなく津波が到達する可能性がある. 津波警報の有効時間を 60 秒とした場合, 地上局からのアップリンク等に掛かる時間を数秒として, 伝送間隔が 6 秒と想定すると, 本システムで伝送できる情報量はパケット数に直すと 8~9 パケット程度となる. パケットロス率が 10%程度であれば, 8 パケット分の情報量の伝達が期待できるが, パケットロス率が 30%の場合は 4 パケット程度, 50%のときは 2 パケット強程度の情報量しか伝送できないため, これを元にメッセージの構成や配信スケジュールを検討する必要がある。

5. まとめ

本研究において, 災害発生時の情報空白期における準天頂衛星を用いた防災情報配信システムの情報量と信頼性のトレードオフや配信スケジューリングについての重要性を示した. また, 情報伝送速度についてそのシミュレーションを行い, 通信ロスを考慮した上での伝送速度を推定した. 2012 年 1 月に実際の準天頂衛星を使った防災メッセージ配信の実証実験を行う予定である. パケットロス率については受信環境によっても異なるため, 今後実証実験を通じて検証を進め, 最適な配信スケジュールを検討していく予定である。

謝辞

本研究の一部は, 文部科学省宇宙利用促進調整委託費「衛星からの広域同報小容量データを利用したリアルタイム防災ソリューションの構築」の援助により実施した. ここに感謝の意を表する。

参考文献

- [1] 衛星と位置情報を利用したリアルタイム防災 <http://www.ntt.co.jp/journal/1008/files/jn201008029.pdf>
- [2] 野田浩幸, 準天頂衛星システム技術実証: 準天頂高精度測位実験, 測位航法学会 GPS/GNSS シンポジウム, pp. 27~32, Oct. 2011.
- [3] 準天頂衛星システムユーザインタフェース仕様書 IS-QZSS, <http://qz-vision.jaxa.jp/USE/is-qzss/>