

音声データ伝送にかかる 無線センサーシステムの諸元について

2014年10月2日

1. 920MHz帯無線センサーシステムの諸元 (1/2)

資料2-3

1) 無線局の諸元

項番	項 目	仕 様
1	使用周波数	920.6MHz～923.4MHz
2	空中線電力	250mW (定格出力)
3	最大占有周波数帯幅	800kHz (1chあたり200kHz 4ch束ね)
4	変調方式	GFSK変調方式
5	無線伝送レート	400kbps以下
6	メディアアクセス方式	CSMA/CA方式
7	キャリアセンスレベル	-88dBm
8	空中線利得	2.15dBi (詳細は次ページ参照)
9	デューティ制限	1時間あたりの送信総和時間が360秒以下
10	送信休止時間	2ms
11	無線機器の構造等	・外形寸法: 289(幅)×281(奥行)×624(高さ)mm (突起物は除く) ・質量: 50Kg以下 (蓄電池除く) ・電源電圧: AC100V±10V 50/60Hz ・防塵防水: IPx4 (防沫) ・消費電力: 124VA以下 ・外部接続インタフェース: RS232C、Ethernet(RJ-45)、アンテナ接栓 x 2

1. 920MHz帯無線センサーシステムの諸元 (2/2)

資料2-3

2) 空中線仕様

項番	項 目	仕 様
1	アンテナ形式	スリーブ型アンテナ
2	入力インピーダンス	公称50Ω
3	VSWR(定在波比)	1.5以下
4	利得(標準値)	2.15dBi
5	アンテナサイズ	860mm
6	質量	約0.6kg

3) データ伝送仕様

項番	項 目	仕 様
1	ホップ数	最大30ホップ
2	接続台数	最大100台

注:本諸元は、沖電気工業(株)の製品をモデルとしている

2. 920MHz帯無線局の概要 (1/3)

資料2-3

1) 空中線電力について (項番1-2)

特定小電力無線である20mW出力の場合、電波伝搬測定結果※より、市街地では数百m程度の到達距離であるため、山間部でのインフラシステムとしての利用を想定して、法令で認められている最大空中線電力250mWとした。

※ 見通し距離(大地反射2波モデルに相当)での測定では、到達距離は3km程度 <参考1>

2) 周波数帯域幅について (項番1-3)

4)の無線伝送レートにおいて、最大伝送レートを400kbpsとしており、その時の必要となる周波数帯域幅が800KHzとなるため、この周波数帯域幅とした。

3) 変調方式について (項番1-4)

920MHz無線の規定に適用可能な国際標準として、センサーネットワークやスマートメータなどへの適用が期待されているIEEE802.15.4gが挙げられる。IEEE802.15.4gの変調方式では、OFDM方式、O-QPSK方式、FSK方式が定義されているが、無線伝播の到達性を考慮して、FSK方式を採用した。

4) 無線伝送レートについて (項番1-5)

間欠的に送信されるセンサーデータだけでなく、音声データのようなストリーム型のデータにも適用可能な構成とするため、IEEE802.15.4gにおけるFSK方式の最大伝送レートである400kbpsモードを選定した。

2. 920MHz帯無線局の概要 (2/3)

資料2-3

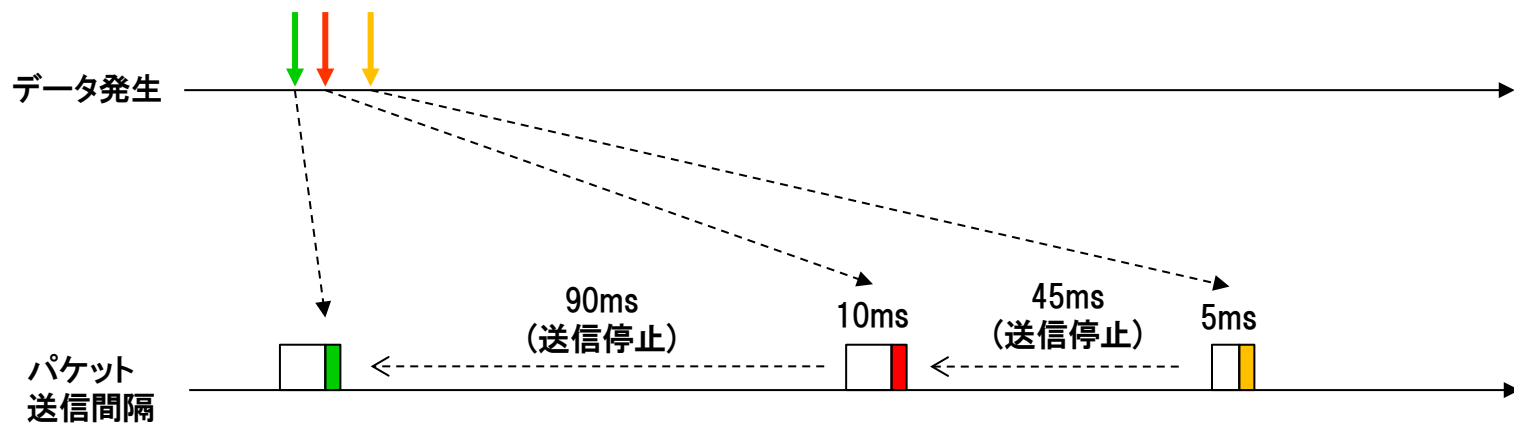
5) デューティ※制限について (項番1-9)

920MHz帯無線は、様々なシステムで共用する帯域として使うことを想定しているため、特定の無線局が帯域を占有することがないように、送信時間の制限が既定されている。〈参考2〉

1時間あたりの送信総和時間が360秒以下 (10%デューティ)

本既定を無線局に実現する方法として以下の方法が考えられる

実装例: パケットの送信時間の9倍分の時間は送信を停止



※ デューティ: 周期的な現象において、“ある期間” に占める “その期間で現象が継続される期間” の割合

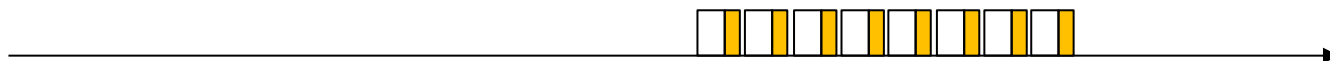
6) 送信休止時間について (項番1-10)

デューティ制限と同様に、特定の無線局が帯域を占有することがないように、連続送信の制限が既定されている。

- 送信時間が6ms～200msの場合、2msの休止時間が必要
- 送信時間が200msを超える場合、送信時間の10倍の休止時間が必要

パケット送信時間6ms以下

休止時間=0



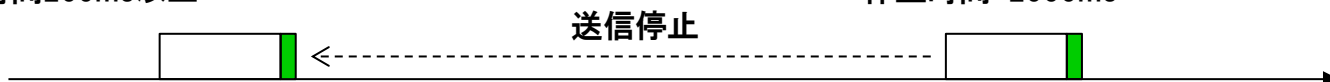
パケット送信時間6ms～200ms

休止時間=2ms



パケット送信時間200ms以上

休止時間=2000ms



7) 空中線仕様について (項番2-1)

アンテナ利得を上げる方法として、指向性を持ったアンテナを使用することが考えられるが、マルチホップ環境においては、送信局と受信局の関係が必ずしも1対1とならないため、すべての隣接局間で指向性を合わせる事が困難である。そのため、一般的なマルチホップ無線ネットワークでは、指向性が少なく、小型で安価なスリーブアンテナを採用している。

3. 音声データ伝送に対するシステム要件

資料2-3

■ 音声データ伝送時に考慮すべき事項

- データ伝送を主目的としたセンサネットワーク上で、音声データを伝送する場合は、センサー用途のデータ伝送の要件に加えて新たに以下の要件を考慮する必要がある。

1) 音声データ伝送の要件

項番	項 目	要件	備考
1	音声コーデック	選択する音声コーデック種別により発生するデータ量が異なる G.711 (64kbps) G.729 (8kbps) G.723.1 (6.3/5.3kbps)	<参考3>にコーデック種別の概要を示す
2	伝送遅延	End to Endで片方向300ms以下	
3	パケットロス	1%未満	VoIP-GWの音欠け補完機能により通話品質の向上は可能
4	通話時間	連続通話が可能なこと	

- これらの要件を既存の無線センサーシステムで実現する場合、いくつかの課題が挙げられる

4. 音声データ伝送における課題と対策

資料2-3

1) 音声データ伝送における課題

既存の無線センサーシステムにおいて、音声データを伝送するにはいくつかの課題がある

項番	課題	要因
1	最適なコーデック/パラメータの選定	コーデック種別やパケット送信間隔の違いにより、パケットあたりのヘッダ量が異なるため
2	衝突/干渉による再送パケットの増大	マルチホップ環境では隠れ端末の関係になりやすいため
3	伝送遅延の増大	パケット再送/中継時にデューティ制御が働くため

2) 課題への対策

上記の課題に対して、以下の対応策を提案する

項番	課題	対策
1	最適なコーデック/パラメータの選定	コーデック種別やパケット送信間隔を変更し、音声データ伝送に 最適なパラメータ を抽出する
2	衝突/干渉による再送パケットの増大	音声/制御データの種別により、パケット毎の 再送制御 を変更する
3	伝送遅延の増大	デューティ実装 方法を修正し、瞬間的に連続送信が可能な仕様とする

■ 机上検討(ラボ内検証)

- 前述した対策の効果を検証するために、提案手法を実装した試験システムを構築し、ラボ内環境での検証を実施する
- 詳細は資料2-4で説明する

■ 実証試験

- 机上検討で検証した試験結果に基づき、屋外での外来ノイズや電波強度の変動の影響を検証するために、大槌町でのフィールド試験を実施する
- 詳細は資料2-5で説明する

<参考1> 250mW出力の電波伝搬測定結果

資料2-3

■ 測定条件

- 場所: 千葉県 九十九里浜
- アンテナ高: 2m
- 周波数: 922.7MHz
- 出力: 250mW
- 伝送レート: 100kbps※

■ 測定結果

- 最長距離: 3km (PER1%以下の地点で判定)
- 最大RSSI変動幅: 6dB

※400kbpsモードでは、受信感度が劣化するため、距離は短くなるとされる

ダイバシティ ON

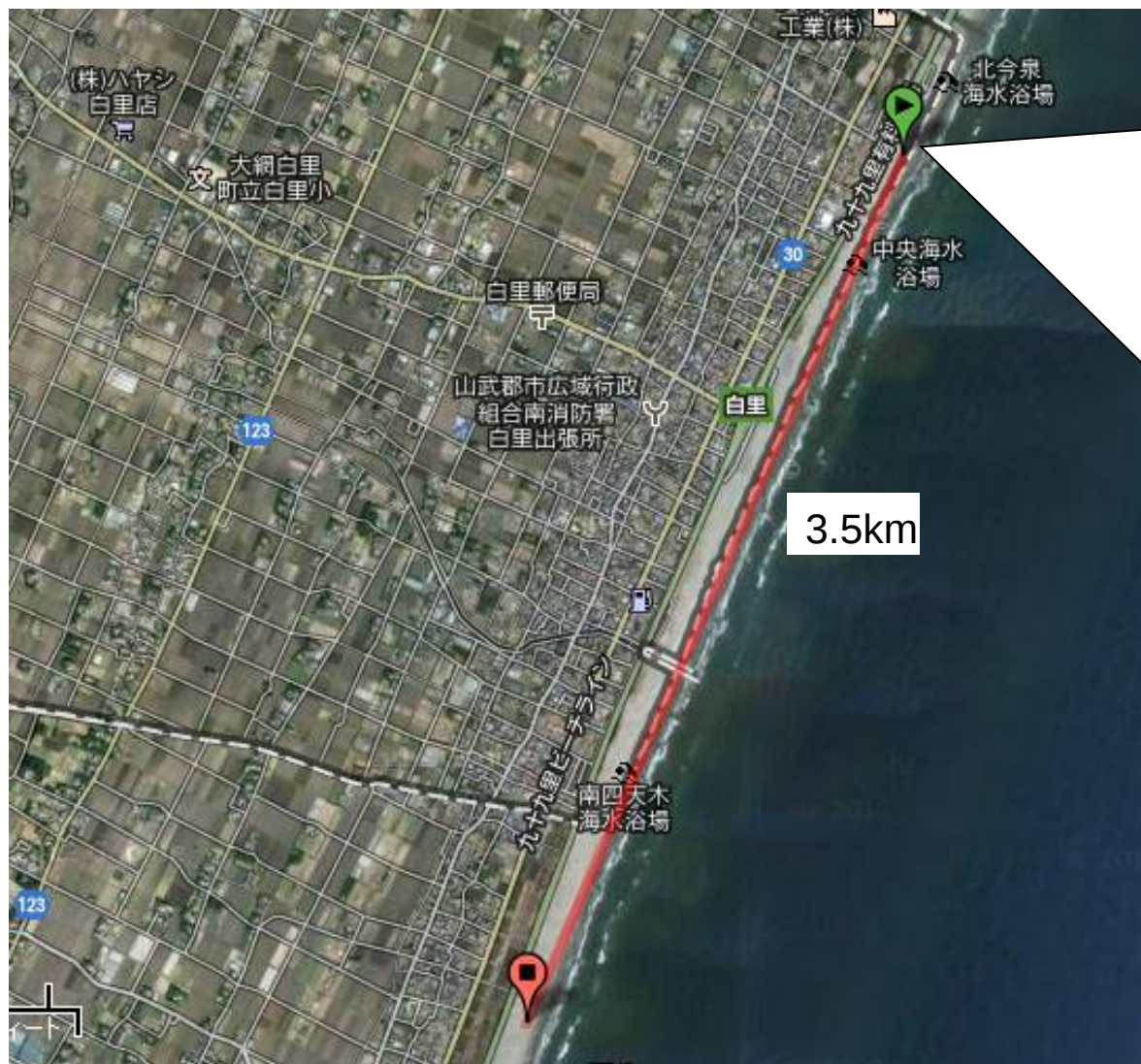
距離	RSSI				PER
	平均	最大	最小	変動幅	
50m	-50.7	-50	-52	2.0	0
200m	-57.9	-57	-59	2.0	0
500m	-72.1	-71	-73	2.0	0
1000m	-84.9	-84	-86	2.0	0
1500m	-90.7	-90	-92	2.0	0
2000m	-97.7	-96	-99	3.0	0
2500m	-98.8	-98	-100	2.0	0
3000m	-100.1	-99	-102	3.0	0.8
3500m	-102.8	-101	-105	4.0	12.8

ダイバシティ OFF

距離	RSSI				PER
	平均	最大	最小	変動幅	
50m	-50.7	-50	-52	2.0	0
200m	-57.9	-57	-59	2.0	0
500m	-72.2	-71	-73	2.0	0
1000m	-83.2	-82	-85	3.0	0
1500m	-90.7	-90	-92	2.0	0
2000m	-93.2	-92	-98	6.0	0
2500m	-97.5	-96	-100	4.0	0.1
3000m	-100.4	-99	-103	4.0	1.0
3500m	-100.3	-99	-102	3.0	3.3

＜参考1＞ 250mW出力の電波伝搬測定結果

資料2-3



☆中継ノードでの衝突回避／待合せ頻度の低減

無線センサーネットワークを利用する場合、

- ・10%デューティ*（大槌町の場合、伝送レート400Kbpsだから利用できるのは40Kbps）

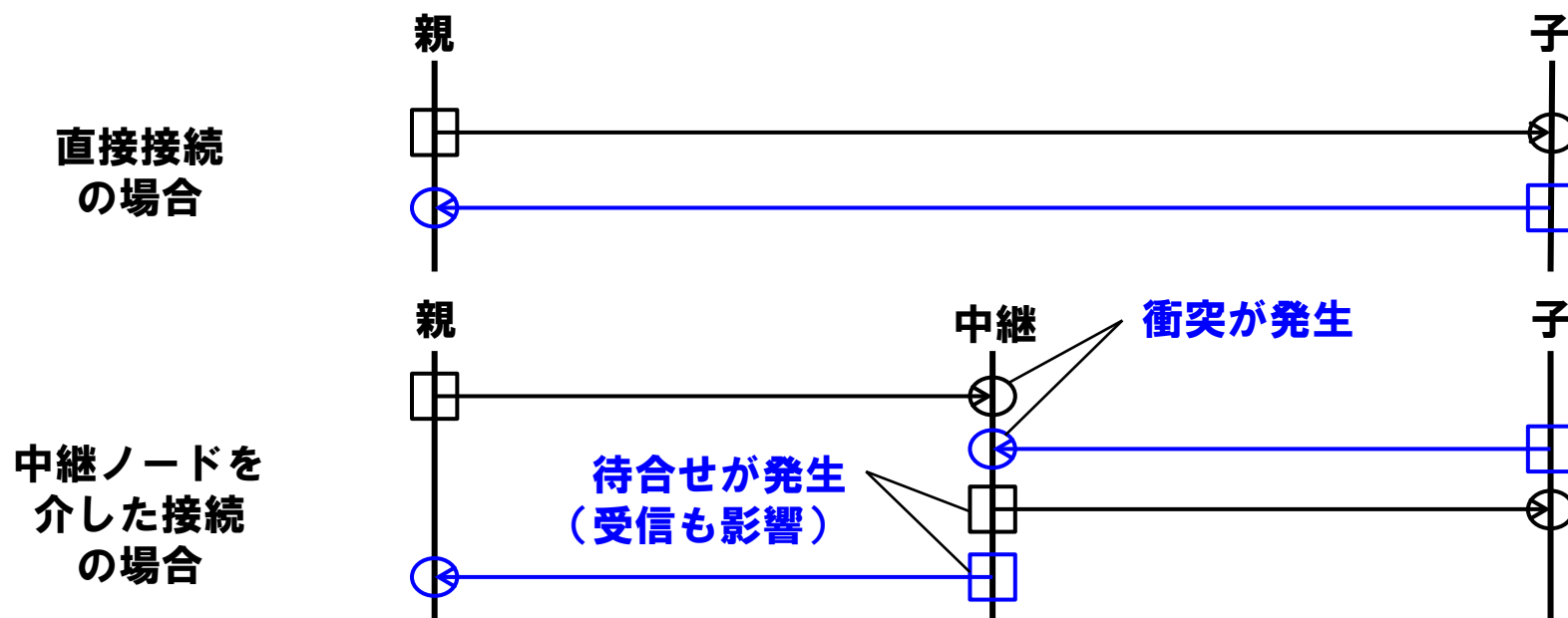
* 電波法令において「1時間あたりの送信時間の総和が360秒以下（デューティ10%以下）であること」となっている。

- ・互いに通信が可能なノード同士は同時に通信できない（先行優先）

の条件下で通信します。この時、各ノードで**待合せ**や**衝突（再送）**が発生します。

これは、**中継ノード**で顕著で、**音声遅延が拡大、通話不可の状態に至ります**。

この問題を解決するため、衝突や待合せを低減する送信制御の検討が必要です。



■ 音声コーデックとは

- 音声データのネットワーク上の伝送は、多くの情報量を持っているため破綻してしまう。
- このため、ネットワーク上で効率的に音声データを伝送するための圧縮するコーデックが必要となる。
- コーデックとは、アナログ信号である音声をデジタル化する際の符号化/復号化する装置やデバイスをいう。
- 国際標準を策定するITU-T※で様々な音声コーデックが勧告されており、特にVoIPで使用されるものとしてG.711、G.723.1、G.729などがある。

主な音声コーデック種別

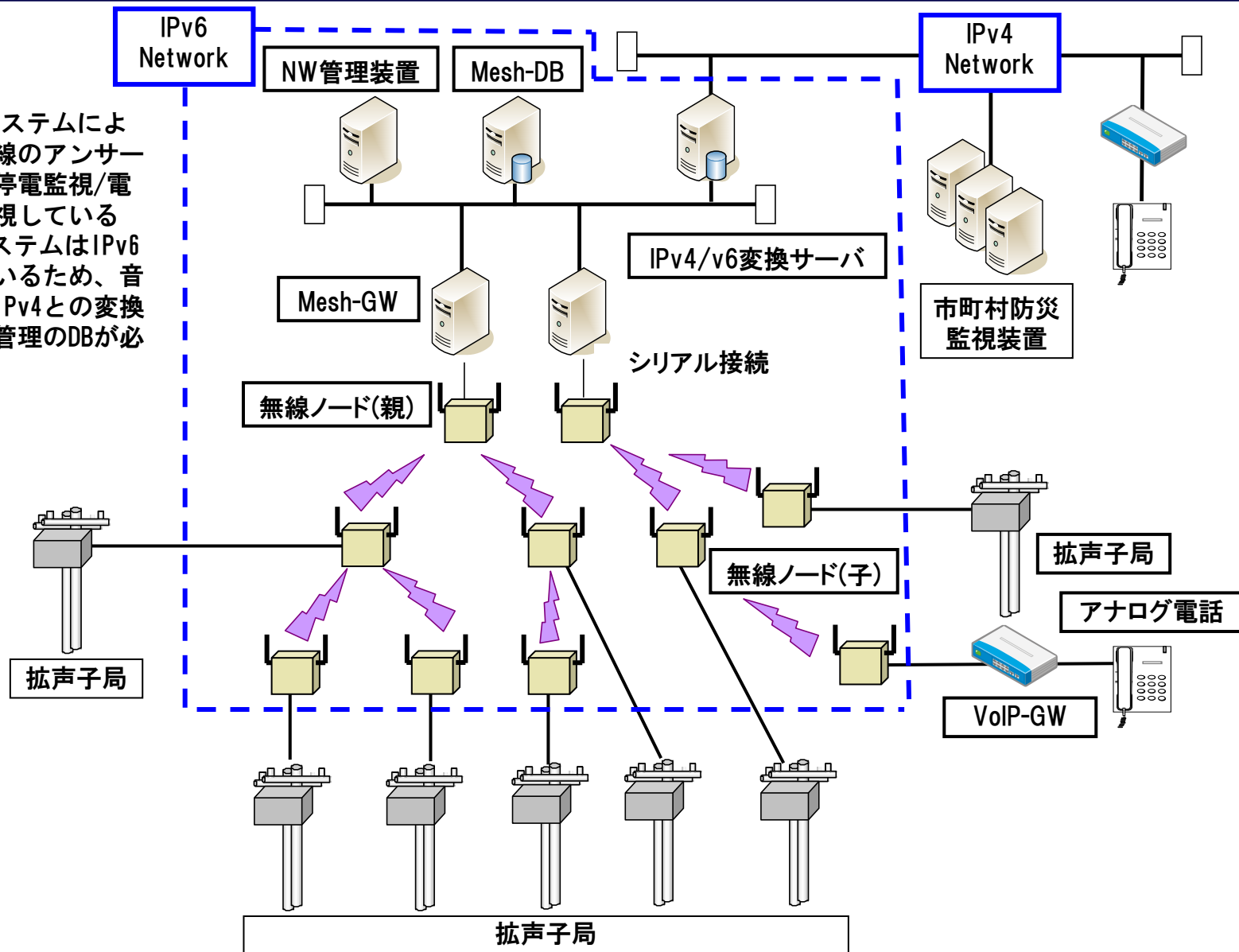
コーデック	帯域	概要
G.711	64kbps	・ISDN上での伝送を実現するために1972年にITU-Tが標準化 ・u-law(日本や米国で利用)とa-law(欧州で利用)の2種類の方式が存在
G.729	8kbps	・VoIPの利用実績が多い ・G.729a, G.729bなどの拡張方式あり
G.723.1	6.3kbps 5.3kbps	・30ms単位のフレームで圧縮 ・固定ビットレート(5.3kbps:20バイト、6.3kbps:24バイト)

※ ITU-T:国際電気通信連合の部門の一つで、通信分野の標準策定を担当する「電気通信標準化部門」

＜参考4＞ 大槌町様 無線センサーシステム構成

資料2-3

- ・ 無線センサーシステムにより、防災行政無線のアンサーバックや子局の停電監視/電圧低下などを監視している
- ・ 無線センサーシステムはIPv6をベースとしているため、音声データであるIPv4との変換装置やアドレス管理のDBが必要となる



＜参考5＞ VoIP-GWの仕様

資料2-3

項目		仕様
WAN	インターフェース	RJ-45×1 10Base-T／100Base-TX
	IPアドレス	固定IPアドレス
	セキュリティ	パスワード
LAN	インターフェース	RJ-45×1 10Base-T／100Base-TX
VoIP	インターフェース	アナログ電話 1ポート(RJ-11×1) 公衆 1ポート(RJ-11×1)
	プロトコル	SIP(RFC3261準拠)
	音声圧縮	G.711、G.729a
	FAX通信	T.38、インバンド
	エコーキャンセラー	G.165、オフセット設定により最大64ms
	音関連	DT／RBT／BT
	音声品質確保	自動ゆらぎ吸収、遅延回復機能
	QoS	TOS設定
サービス機能		装置間迂回機能(最大30台)
状態表示		障害有無、ONLINE状態等
ネットワーク品質監視		パケット送受信数、パケット転送遅延、廃棄率
使用電源		定格AC100V
消費電力		最大20VA
動作環境		0℃～+40℃、20～80%RH(結露なきこと)
外形寸法/質量		72(W)×197(D)×170(H)mm／約1.0kg