

デジタルVHFの概要について

—アナログVHFに代わる移動通信システム—

事業振興部 機械課 ○田所 剛
出崎 幸嗣

国土交通省では、河川・道路の維持管理や災害時の自営通信手段として超短波無線電話装置（アナログVHF）の整備を行ってきた。しかし、設備の老朽化による信頼性低下や、IP統合網への適合という課題のほか、総務省の周波数再編政策に対応するために新たな移動通信設備「国土交通省デジタル陸上移動通信システム（K-λ）」の仕様が策定され、北海道開発局では平成28年度から整備を開始している。本論文では、その概要と機能について紹介する。

キーワード：危機管理、災害対策

1. はじめに

北海道開発局では昭和30年代から超短波無線電話装置（以下「アナログVHF」という。）の整備を開始し、事務所等には携帯型や車載型の陸上移動局および基地局を2,000局以上配置している。陸上移動局は、その機動力を活かして災害発生時の現場からの迅速な情報伝達手段として、また、平常時の現場巡視やパトロールの際の事務所等との連絡手段として長年にわたり活用されている。

その一方で、アナログVHFには設備の老朽化による信頼性低下の対策や、基盤ネットワークであるIP統合網との接続が困難という課題があった。そのほか、電波の有効利用のために総務省が進めている周波数の移行・再編政策のなかで、国土交通省の水防道路用移動無線についてはアナログ方式からデジタル方式へ早期の移行を推進することが示されている。

そこで国土交通省では平成22年度からアナログVHFに代わる次期移動通信システムの検討を開始し、平成26年度に国電通仕第55号「国土交通省デジタル陸上移動通信システム Kokudokoutsuu Land Mobile system By Digital Access K-LAMBDA(K-λ)標準仕様書」（以下「K-λ」という。「K-λ」は「ケーラムダ」と読む。）を策定した。

K-λの整備は中国地方整備局が平成27年度から開始している。北海道開発局では平成28年度の函館開発建設部、小樽開発建設部を皮切りに平成31年度までの計4カ年で各開発建設部ごとに整備を行う計画である。本論文ではK-λの概要と機能について紹介する。

2. アナログVHFとデジタルVHF

無線通信で音声やデータ等の情報を遠方に伝達するには、電波に音声やデータ等を乗せる技術が必要である。この技術を変調（Modulation）といい、変調方式には大きく分けてアナログ変調とデジタル変調の2方式がある。

(1) アナログ変調

アナログ変調方式は、連続的に変化する信号を伝送する変調方式で、振幅変調（AM：Amplitude Modulation）、周波数変調（FM：Frequency Modulation）、位相変調（PM：Phase Modulation）の3方式がある。北海道開発局で整備しているアナログVHF無線は、周波数変調方式（FM）で通信を行う仕組みとなっている。

(2) デジタル変調

デジタル変調方式は、“1”と“0”の二値の信号を伝送する変調方式で、振幅偏移変調（ASK：Amplitude Shift Keying）、周波数偏移変調（FSK：Frequency Shift Keying）、位相偏移変調（PSK：Phase Shift Keying）等の方式がある。デジタルVHF無線では、これらのデジタル変調方式を用いて通信を行う。

3. K-λの変調方式

K-λは、2.(2)に示したデジタル変調方式の中で、周波数偏移変調方式（FSK）を使い通信を行う。具体的には、一般社団法人電波産業会により策定されている「狭帯域デジタル通信方式（SCPC/4値FSK方式）標準規格（ARIB

STD-T102) 」および「放送事業用4FSK連絡無線方式標準規格 (ARIB-STD-B54) 」の2つの標準規格に準拠した仕様となっている。

「ARIB STD-T102」は、400MHz帯及び150MHz帯における狭帯域デジタル通信のうち、変調方式が四値周波数変位変調(4FSK)を用いた単一キャリアによる伝送方式(SCPC)による業務用のデジタル移動通信システムの無線区間インタフェースを規定したものである。

「ARIB-STD-B54」は、「ARIB STD-T102」と整合した上で、さらにグループ通信や個別通信といった音声通信機能のほか、GPSデータ通信、暗号化通信、メッセージモード通信等の機能についても規定したものである。K-λは、これらの様々な機能の中から音声通信機能の一部のみを採用した仕様となっている。

4. システム構成

K-λは主に基地局無線装置、遠隔通信制御装置、遠隔通信装置、移動局無線装置(車載型無線装置、携帯型無線装置)で構成される。また、IP統合網との接続のためIP-GW装置、VPNルータを用いる。基本的なシステム構成を図-1に示す。

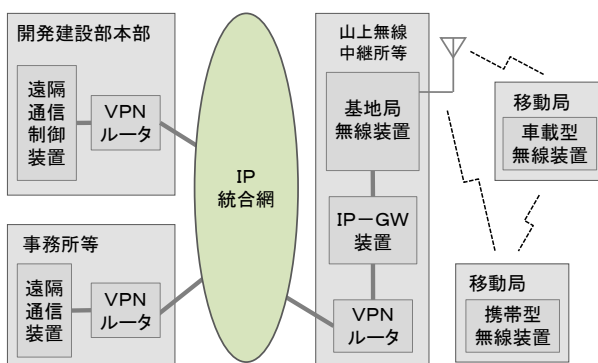


図-1 システム構成図

(1) 基地局無線装置

山上無線中継所等に設置し、開発建設部本部や事務所等に設置する遠隔通信制御装置及び遠隔通信装置や移動局無線装置との通信を行う装置である。遠隔通信制御装置及び遠隔通信装置との通信は、後述するIP-GW装置及びVPNルータを経由して既設のIP統合網を介して行う。一方、移動局無線装置との通信は、周波数偏移変調方式によるデジタル無線通信により行う。

また、移動局無線装置からの上り電波を受信した際にその通信を折返して下り電波を送信する機能を有しており、後述する基地局折返し通信において移動局無線装置同士の通信を中継する役割をもつ。

(2) 遠隔通信制御装置

開発建設部本部に設置し、管内の各基地局無線装置及び遠隔通信装置を統括管理する装置である。IP統合網を介して基地局との通信を確立することにより、移動局無線装置とのグループ通信や一斉通信を行うことができ、同時選択した複数の基地局無線装置との通信やモニタ(聴話)、基地局折返し通信への割り込み等が可能である。

また、各基地局無線装置の運用状態や障害等を監視したり、基地局無線装置の再起動制御を行うことができる。この他に、通信履歴や障害履歴等の通信記録管理機能や各種設定情報等の管理機能を有する。

(3) 遠隔通信装置

事務所等に設置し、IP統合網を介して基地局無線装置及び移動局無線装置とのグループ通信や一斉通信を行う装置である。同時に選択した複数の基地局無線装置との通信やモニタ(聴話)、基地局折返し通信への割り込み等が可能である。遠隔通信制御装置から監視機能と管理機能を省き、簡易化したものである。

(4) 車載型無線装置

パトロール車や連絡車等に取り付け、基地局無線装置を経由して遠隔通信制御装置等との間で通信を行う装置である。基地局折返し通信や専用チャンネルによる移動局間直接通信も可能である。

(5) 携帯型無線装置

職員等が携帯し、基地局無線装置を経由して遠隔通信制御装置等との間で通信を行う装置である。車載型無線装置と同様に基地局折返し通信や専用チャンネルによる移動局間直接通信も可能である。

(6) IP-GW装置

山上無線中継所等に基地局無線装置とともに設置し、音声信号とIPパケットの変換を行う装置である。この変換により、IP統合網を介して基地局無線装置と遠隔通信制御装置および遠隔通信装置との間で通信が可能となる。

基地局無線装置との接続は、音声用の4Wアナログインタフェースとデータ用のシリアルインタフェースの2系統で構築する。IP統合網との接続は、後述するVPNルータを経由して構築する。

(7) VPNルータ

基地局無線装置設置箇所、遠隔通信制御装置および遠隔通信装置設置箇所に配置し、基地局無線装置と遠隔通信制御装置および遠隔通信装置間でマルチキャスト通信を行えるようにする装置である。

IP統合網には多重無線回線が存在し、その場合はマルチキャストが疎通しないためユニキャスト通信となる。

従って、VPNルータによりIPマルチキャストパケットをユニキャストにカプセル化して疎通させる。これにより、IP統合網上の様々なデータの中で優先度の高い音声通信を確実に行うことが可能となる。

5. システム諸元

K-λの周波数、通信方式について以下に示す。

(1) 周波数 (チャンネル)

周波数は150MHz帯を使用し、送信用・受信用で周波数が異なるペア波が9チャンネル、送受信ともに同一周波数を使用する単信2チャンネル、全部で11チャンネルが付与されている。基地局無線装置 (以下「基地局」という。)、移動局無線装置 (以下「移動局」という。) それぞれの周波数の一覧を表-1、表-2に示す。なお、表では周波数の小数点以下をアスタリスクで示したが、実際にはチャンネルごとに異なる周波数がK-λ専用波として割り当てられている。

基地局1局に対して表-1のチャンネル1~9の中から1つのチャンネルを設定する。移動局には表-2のチャンネル1~11全てのチャンネルを設定する。

チャンネル1~9は、基地局と移動局との通信に使用する周波数である。チャンネル10, 11は、後述する移動局間直接通信に使用する周波数である。

表-1 基地局 周波数 (チャンネル) 一覧

チャンネル	送信周波数 [MHz]	受信周波数 [MHz]
1	146.*****	142.*****
2	146.*****	142.*****
3	146.*****	142.*****
4	146.*****	142.*****
5	146.*****	142.*****
6	146.*****	142.*****
7	146.*****	142.*****
8	146.*****	142.*****
9	146.*****	142.*****

表-2 移動局 周波数 (チャンネル) 一覧

チャンネル	送信周波数 [MHz]	受信周波数 [MHz]
1	142.*****	146.*****
2	142.*****	146.*****
3	142.*****	146.*****
4	142.*****	146.*****
5	142.*****	146.*****
6	142.*****	146.*****
7	142.*****	146.*****
8	142.*****	146.*****
9	142.*****	146.*****
10	150.*****	F3
11	150.*****	F4

(2) 通信方式

基地局と移動局とで通信をする際は、基地局からは146 MHz帯の周波数 F1の送信、移動局からは142 MHz帯の周波数F2の送信を行う。表-1、2のとおり、基地局からの送信周波数が移動局での受信周波数となっていて (F1)、逆に移動局からの送信周波数が基地局での受信周波数に等しい (F2)。

移動局同士で通信をする方法には、基地局折返し通信と移動局間直接通信の2通りがある。基地局折返し通信の場合、基地局からは146MHz帯の周波数F1の送信、移動局からは142MHz帯の周波数F2の送信を行う。移動局間直接通信の場合は、専用の周波数 (150MHz帯) F3もしくはF4による単信方式を用いる。

6. 通信機能

K-λの基本的な通信機能を以下に示す。

(1) 一斉通信

本部や事務所等に設置した遠隔通信制御装置等から特定の基地局を選択し、その基地局のエリア内に存在する全移動局に対して一斉に同報通信を行う機能である。また、移動局側から自身が位置する基地局エリア内に存在する他の全移動局に対し通信を行うことも可能である。

図-2は、A・B・Cの3つの基地局のうちA基地局を選択して一斉通信を行った場合のイメージである。この場合、A基地局エリア内に存在する移動局へ向けての通話が可能である。当然、移動局はチャンネル1~9のうち、A基地局に割り当てられたチャンネルに合わせておくことが必要となる。

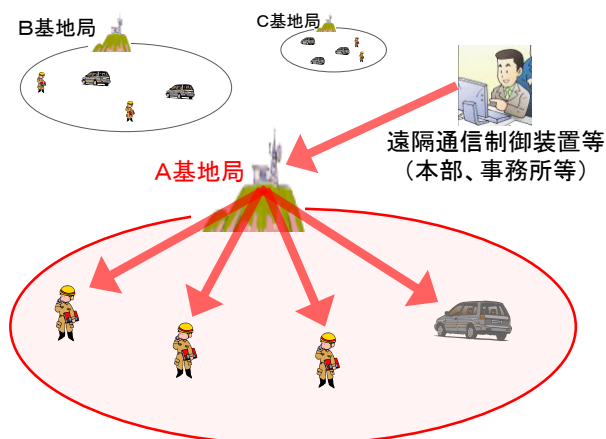


図-2 一斉通信

(2) グループ通信

あらかじめ複数の移動局で構成されるグループを設定しておき、遠隔通信制御装置等から特定の基地局と特定のグループ番号を選択して発信することにより、選択された基地局のエリア内に存在し、かつ選択されたグループに所属する移動局のみに対して通信を行うことができる機能である。

図-3は、A基地局を選択し、a・b・cの3つのグループのうちaグループを選択してグループ通信を行った場合のイメージである。この場合、A基地局エリア内に存在し、かつaグループに所属する移動局のみと通信が確立する。他方、b・cグループの移動局とは、選択したグループが異なることによって通信が確立されないことになる。

このように、無線通信を確立する条件として周波数だけでなくグループ番号というもう一つの要素が加わったのが、アナログVHFとの大きな違いである。

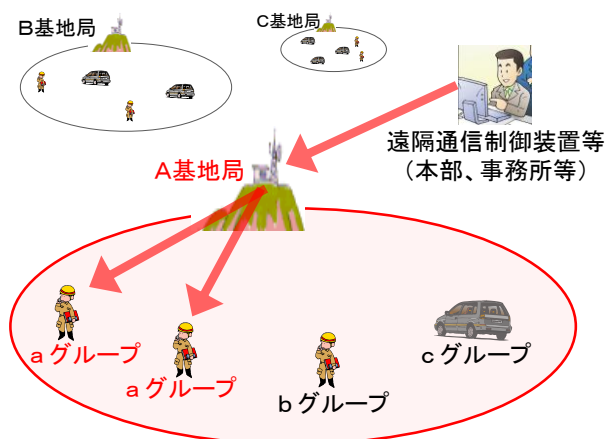


図-3 グループ通信

(3) 基地局折返し通信

同一の基地局エリア内に存在する移動局同士で、基地局を経由して通信を行う機能である。基地局を経由することにより、広範囲で移動局同士の通信が可能。

図-4は、移動局①と移動局②～④とで基地局折返し通信を行った場合のイメージである。移動局①からの電波を受信した基地局がそのまま折返して送信した電波を移動局②～④が受信することによって、移動局①と移動局②～④とで通信が確立する。

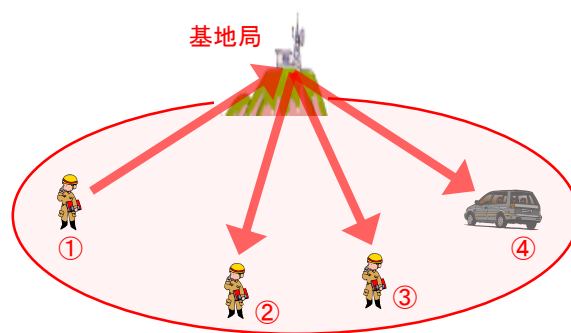


図-4 基地局折返し通信

(4) 移動局間直接通信

移動局間直接通信用の周波数F3もしくはF4を使用し、基地局を経由せずに移動局同士で直接通信を行う機能である。基地局を経由しないため、通信可能範囲は基地局折返し通信と比較すると狭範囲となる。このことから、移動局同士の通信においては基地局折返し通信の使用を運用の基本としている。

しかし、基地局エリア外等で使用する場合には、移動局間直接通信を行うことが適当な場合があると考えられる。

図-5は、移動局間直接通信のイメージである。

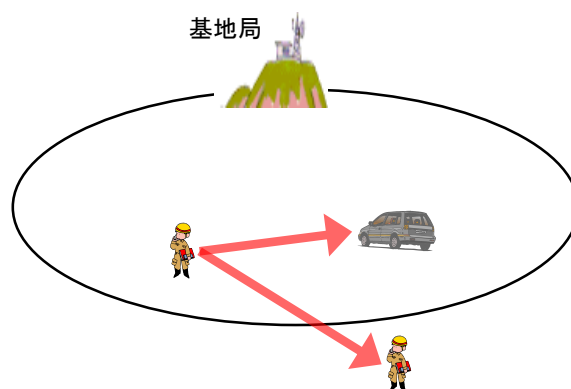


図-5 移動局間直接通信

7. チャンネル切替

デジタル無線は同一周波数の電波が干渉すると、その干渉の程度によっては音声データを復調できなくなり、音飛びが発生したり無音状態となってしまう。よって各基地局は電波干渉を避けるために隣接基地局と異なるチャンネルを設定し運用する。このため、移動局がとある基地局エリアから他の基地局エリアへ移動した時に、基地局に合わせてチャンネルを切り替えることが必要となる。チャンネルの切替方法を以下に示す。

(1) 手動切替

移動局無線装置本体を操作し、自身が位置するエリアの基地局チャンネルに切り替える方法である。これを行うには、各基地局エリアと自らの現在位置との関係を正確に把握しなければならない。そのため、基地局配置図や基地局サービスエリア図、各基地局に割り当てられたチャンネル一覧表等を常時携帯して参照しながらチャンネル切替をする等の対策が必要となる。

(2) チャンネルスキャン

複数の基地局の周波数(チャンネル)を順次スキャンしていき、最初に入感のあった周波数を一定時間保持する機能で、移動局無線装置に備えられている。これにより、移動局自身が現在位置する基地局エリアが判らない場合であっても、基地局からの電波発射を掴むことによって適切なチャンネルに自動で切り替えることができる。

しかし、基地局が電波を発射した時でなければチャンネルを切り替えることができないという欠点がある。遠隔通信制御装置等もしくは他の移動局で通信が行われていない時にスキャンしても、基地局が電波を発射することはないため入感がなくスキャン動作をし続ける状態となる。その結果、チャンネルを合わせることができない。

(3) ビーコン機能

(2)に記載した欠点を補う方法の一つとして、定期的に基地局から電波を発射する機能が有効であると考えられる。本機能の概要を図-6に示す。

上のイラストは基地局からの電波発射が無い時にチャンネルスキャンをした場合のイメージである。電波を掴むことができないため、結果としてチャンネル合わせに失敗している。

それに対し下のイラストは、遠隔通信制御装置が自動で基地局を制御し、一定の時間間隔で基地局から電波を発射させた状態でチャンネルスキャンをした場合のイメージである。この場合、基地局から定期的に発射される電波をつかむことができるため、チャンネルを合わせることができる。本機能を活用することにより、基地局エリアを意識せずに移動局を使用することができる。

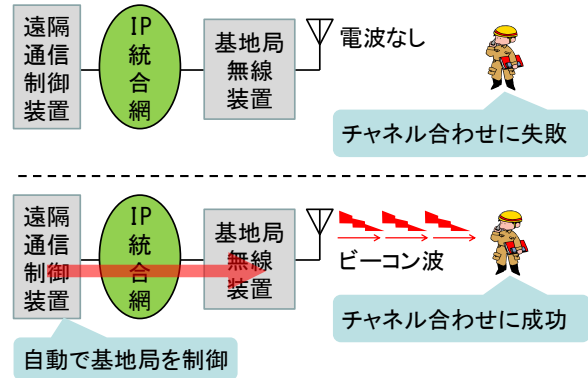


図-6 ビーコン機能

8. アナログVHFとの相違点

デジタルVHF (K-λ)とアナログVHFとの運用上の相違点を以下に示す。

(1) 通話品質

アナログVHFの場合、受信電界が良好な場所ではクリアな音質での通話が可能である。受信電界が変動する場所では、ノイズの発生や音量低下が起り、品質のばらつきが生じる。受信電界が低下するにつれて次第にノイズの影響が大きくなり、最終的には通話不能状態となるが、通話自体は連続し即時途切れるということはない。

これに対しデジタルVHFの場合、受信電界およびビットエラーレート (BER) が良好であれば非常にクリアな音質で通話することが可能である。受信電界やBERが変動しても、多少であれば音質は一定のレベルを保ち続ける。しかし、受信電界やBERがあるレベル以下に低下すると、急激に音質が低下して通話が不可能となる。

(2) 通信機能

デジタルVHFの場合、移動局同士で通話を行う際の基地局折返しによる通信や、グループ通信などアナログVHFではできない通信方法が可能である。

(3) 通信の秘匿性

アナログVHFは、周波数さえ知っていれば通話内容を傍受することが可能であるため、秘匿性は無い。

これに対しデジタルVHFでは、通信を傍受したとしても、符号化されている通信内容を復号しなければならず、通話内容を知ることが容易ではない。よって秘匿性がある。

(4) 機能の拡張性

アナログVHFは音声通話のみでその他データの送受信はできない。K-λ標準仕様も基本的には通話機能のみ

に絞り込んだものとなっているが、「3. K-λの変調方式」で述べたように、準拠元の標準規格「ARIB-STD-B54」にはGPSデータ通信機能やメッセージモード通信機能など、音声通話以外の機能も規定されている。標準仕様で採用していないこれらの付加機能を追加して、デジタルVHFはアナログVHFよりも機能を拡張することができる。

9. まとめ

K-λは、グループ通信や基地局折返し通信といった通信機能の向上や、通信の秘匿性など、これまでのアナログVHFと比較して優れた点が多い。また、デジタルならではの機能の拡張性を生かし、様々な付加機能を取り入れることによって、より利便性を高めることができる

と考えられる。

今後は、平成29年度から実際に運用を開始する函館・小樽開発建設部において見えてくると課題を整理し、新たな付加機能の導入や運用方法の整理など、ハード面とソフト面両方において利便性の向上を検討していくことが重要である。

参考文献

- 1) 国土交通省デジタル陸上移動通信システム Kokudokoutsuu Land Mobile system By Digital Access K-LAMBDA(K-λ)標準仕様書(平成27年10月1日)。
- 2) 国土交通省中国地方整備局企画部情報通信技術課 吉村和洋, 田邊充宏:「国土交通省デジタル陸上移動通信システム(K-λ)の整備について」。
- 3) 日本無線(株) 中村憲昭, 福島勇武:「国電通仕第55号 デジタル陸上移動通信システム(K-λ)標準仕様書の解説