

微弱電波による警報テレメトリ技術

(株)数理設計研究所 ○玉置晴朗, 矢澤正人

1. はじめに

我々は蒲原沢の土石流災害(1996)の2年後、水位型土石流警報機の開発から防災に参入した。現地に入り、2年後には溪流にて運用できるセンサが実用になった。しかし、間抜けなことに防災設備に本当に欠けているのは新たな計測手法ではなく山地で使える低価格な通信装置だった。ほとんどの土石流警報機はケーブルで情報伝送する。豪雪地帯では雪、豪雨時には雷や地すべりによる破損も頻発し設営や維持コストも安くは無い。そこで、山地で簡単に利用できる無線通信システムの研究開発を進めてきた。

この技術は電子通信分野なのだが、目的あってこそその技術なので砂防学会に発表する。

2. 成果の概観

初期の適用目標は土石流警報機であった。谷あいでは太陽電池が使えず、電池のみを電源にして野外設置、標準的には1km長のケーブルの代わりをする無線機である。それはすでにあると言うかもしれない。しかし現実には厳しく、携帯電話や既存の無線通信機ではとても無理だ。

携帯電話は電源と運用コスト。警報用途では接続までの時間、災害時に携帯電話は使えないことが多い。特別小電力も含めて既存の無線機は高い周波数を利用するので山間地の到達距離に限られる。業務用無線機は免許を必要とするので簡易ではなく必要電力も少なくない。そこで防災観測や警報用に適した無線通信機の実現目標を以下のように立てた。

- 周波数が自由 → 微弱電波＝免許不要
- 山地2kmの通信 → スペクトラム拡散
- 数秒で警報が届く → 高速同期法(特許)

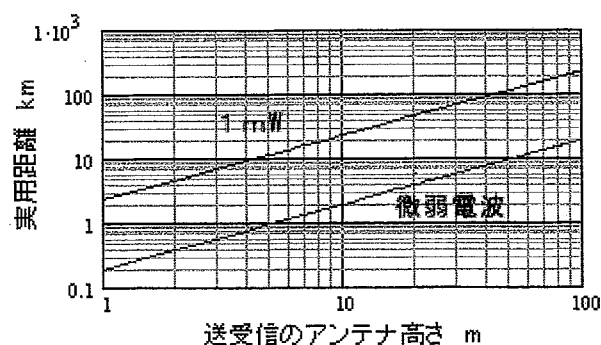
周波数を自由に選べれば低い周波数を使え、土手や小さな尾根を乗り越えることができ、植生の季節変化にも対応できる。免許を必要としな

い微弱電波で実現すればいいのだが、これまで微弱電波の実用距離は30mが限界であった。

研究開発の結果、伝送の必要があるときだけ送信し、雑音以下の非常に弱い電波でも通信を実現するスペクトラム拡散通信の受信法を確立して2007年から実証試験を開始した。

3. 実証試験

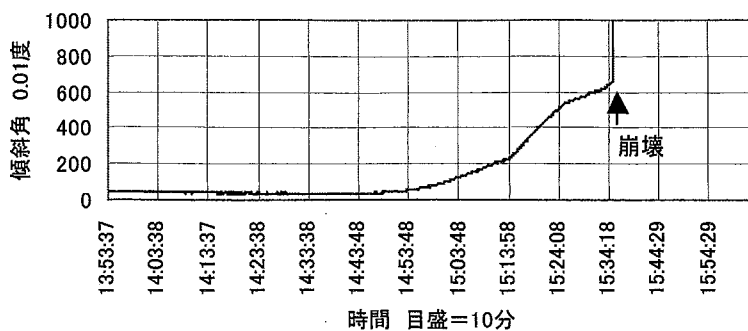
実験機は50MHzと150MHzの周波数で試作した。送受信機のアンテナ高さ1.5m(人の背丈)にて平地500mの距離で通信できた。野外連絡に使われる特別小電力トランシーバと同等の通信距離がある。特別小電力の送信電力10mWに対して実験機は50nWであり、20万分の1の送信電力で同じ距離を通信できた。ただし、伝送速度は毎秒10ビット、送信開始してから2秒後に最初の1バイトが到着する。



グラフは実験と理論計算によって、送受アンテナ間を直線で結んだ直線と大地までの高さをパラメータ(送受信のアンテナ高さ)として、最大通信距離の半分を実用距離として算出した。

微弱電波でも谷を間に挟んでいるならば、2kmの通信ができる。特別小電力(400MHz帯 10mW)の1/10(1mW)もあれば、10m高さで20kmの通信が可能になる。多くの土石流警報機、斜面設置型のセンサ、噴火中の火山観測など太陽電池が使えない環境で、警報テレメトリが可能になったと言えるだろう。

2008/03/14 森林総合研究所と東電の共同による斜面崩壊実験に
無線型の傾斜センサを設置して観測



4. モデル実験

2008/03/14、森林総合研究所と東電の共同研究で森林総合研究所の防災特殊実験棟にある斜面で崩壊実験をした。私たちは許可を得てこの実験斜面に試作物の無線傾斜計を併設した。

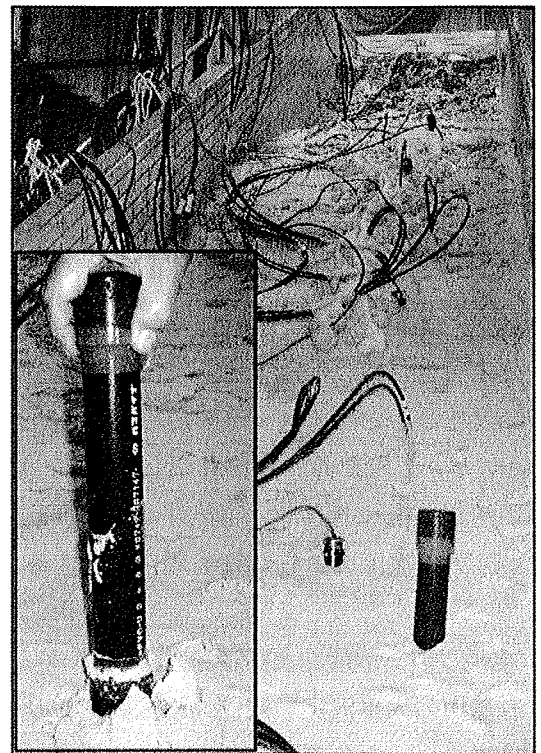
センサはMEMS型、角度分解能0.01度である。観測値を10秒毎に10mほど脇にある受信機でモニタした。崩壊の40分前から傾斜が増加して6度ほどの傾きになってから崩壊した。

長距離で運用した実験ではないが別途実施した距離実験によれば設置斜面の面内で500m、対岸など送受信点を結ぶ経路の地表高度が10mあれば2kmの通信距離が可能だ。

5. 野外運用する無線システムの問題

この無線傾斜計は006P乾電池で10秒に1度の測定と通報を8時間以上続けることができる。約3000回の観測が可能だ。現実の斜面に置いて1時間に1回の観測と通報ならば3000時間＝125日の動作時間でかなり短い。その理由は観測と送信の電力制御をしてないからだ。観測と送信アルゴリズムを最適化することが電池動作させる無線装置を設計試作する勘所だと言える。

警報・観測のための電池で動く無線装置は、できあいの無線機とセンサを適当に組み合わせで構成するのは無理であろう。対象に応じてセンサと無線部を制御して必要なときにのみ無線伝送することで大幅に寿命を伸ばすことができる。また簡易設置＋放置形の無線機には多くの設計上の問題（アンテナ高さ、電波放射の安定性）があることがわかった。



6. 今後の展開

数kmの距離で傾斜計、ワイヤセンサ、雨量計、風向風速計、温湿度計、伸縮計による観測情報を伝送できることが確実にになった。前述の通り【センサ＋無線＋制御部】として試作試験するのが次の段階だ。野外試験をすれば困難が立ちあはだかるのが現実だ。しかし基本技術は確立したので乗り切れるだろう。機器メーカーと協力して新たな防災・環境技術を拓きたいと思います。最後に本技術の利点を明示しておく。

- ・乾電池で数年間動く警報・観測テレメトリ
- ・免許不要の無線通信機で数kmの通信
- ・試作実験用・評価機の供給をしている

7. 謝辞

2008/2-3月の森林総合研究所と東京電力が共同実施した斜面崩壊実験に参加許可をいただき、試作の無線傾斜計のモデル実験によって設置法の重要な情報が得られました。関係者の方に感謝します。

8. 参考文献

- ・数理設計研究所 SS技術の解説
<http://www.madlabo.com/mad/product/ss/>
日本特許「スペクトラム拡散方式の通信装置、及び、その高速同期確立法」