

乾電池でも運用可能な「非常時対応電子アーミーナイフ」(ϵ -ARK)を用いた 非常時情報通信システムの実装

大野 浩之[†] 猪俣 敦夫^{††}

著者らは、大規模自然災害発生時のような「非常時」において、その自助共助期に資する情報通信端末を社会に普及させるべく、「 ϵ -ARK」コンセプトを昨年度(2007年度)から提唱している。このコンセプトに基づき、 ϵ -ARKの実装をLinuxをOSとする市販のPDA上に行っておりZarkと名付けた。本報では、Zarkが提供可能な非常時情報通信機能のうち、ルータ機能を利用した「無線アクセスポイント」と、非常時の制約のある電源環境を想定した「乾電池での連続運転体制」を取り上げ、非常時の自助共助期における非常時情報通信システムとして機能することを示す。

An Implementation of Emergency Communication System using Dry-Battery-Driven ϵ -ARK(Emergency/Electrical Army Knife) Device

HIROYUKI OHNO[†] and ATSUO INOMATA^{††}

The authors' current consideration is what kind of telecommunications system is required for the early stage of an emergency. The new concept " ϵ -ARK" was introduced based on this consideration, and development of " ϵ -ARK device", which is an implementation of the ϵ -ARK concept, has been continued since early 2007. The first ϵ -ARK device has been built on Linux based PDA, and named "Zark". In this paper, basic functions of "ad-hoc wireless access point service" and continuation operation driven by dry cell battery are described.

1. はじめに

著者らは、昨年度(2007年度)から「 ϵ -ARK」というコンセプトを提唱している¹⁾。 ϵ -ARKは、「大規模自然災害発生直後のような『非常時』に、その被災地で用いる多目的小型情報通信端末のありかたに関するコンセプト」である。 ϵ -ARKは、以下を開発者と利用者に要請している。すなわち、(1)多種多様な情報通信機能を主にソフトウェアで実現し、(2)それらを携帯電話や電子手帳(PDA)のような日頃から常用し携帯している電子デバイスの中に組み込み、(3)これを常に持ち歩いて日頃から有効活用して操作に習熟し、(4)万一予期せぬ事態に遭遇しても、遅滞なく利用できる体制を築いておくこと、の4点である。

ところで、実世界には、「スイス・アーミーナイフ」(十徳ナイフ)と呼ばれる、さまざまな工具類をコンパクトにまとめた道具がある。上記のコンセプトと要請は、「スイス・アーミーナイフの電子版」の実現と普及を意図していると考えるとわかりやすく、それ

ゆえ、スイス・アーミーナイフの電子版という意味で"Electronic/Emergency Army Knife"と名付け、その頭文字をもとに「 ϵ -ARK」と表記することにした。日本語での読みは「いーあーく」である。

本報では、 ϵ -ARKが提供する諸機能のうち、ルータ機能を利用した「無線アクセスポイント」の構築と、非常時の制約のある電源環境を想定した「乾電池でも可能な連続運転体制」を取り上げ、非常時の特にその初期における非常時情報通信システムとして機能することを示す。

2. 非常時の自助共助に資する情報端末への要件

非常時とは、広辞苑第六版では「非常時」を「(1)国家的または国際的に重大な危機に面した時、(2)事変のおこった時」としており、事変については「(1)天災その他の変事。人力で避けられない出来事、(2)警察力では鎮定し得ない程度の擾乱。国際間の宣戦布告なき戦争をもいう。」としている。これを参考に、本研究では「非常時」を「大規模災害、感染症の爆発的流行、国民保護法が想定する事態の勃発などのような『予期せぬ非常事態』が発生した状態」と定義し、「平

[†] 国立大学法人 金沢大学 総合メディア基盤センター
Information Media Center, Kanazawa University

^{††} 国立大学法人 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科
Nara Institute of Science and Technology

常時」を「非常時でない状態のこと」と定義する。

一般に、なんらかの原因によって非常時に陥った場合、いくつかの状態を遷移して平常時に復帰するが、大規模な自然災害の場合、完全復旧には10年近い年月を要する場合もある。本研究では、非常時に陥った直後の状態に注目し、この時期を「自助期」「共助期」「公助期」の3つの段階に分けて考えている。もともと、「自助」「共助」「公助」は、行政が自らが提供するサービスを検討する場合などに好んで用いてきた概念であるが、最近では非常時における行政の対応を検討する中で「非常時における自助・共助・公助」という文脈で語られることも増えている。著者らは、非常時における自助・共助・公助は、以下のように定義した。

- ・自助期 非常時最初期の自らの命を自ら守る状態
 - ・共助期 被災した者同士がお互いに助け合って非常事態に対峙する状態 (自助の次の段階)
 - ・公助期 行政などの公的機関や公共性の高い組織による被災者支援が始まった状態 (共助の次の段階)
- このうち、自助・共助の状態は、「自分ひとり」か「自分たち」かの違いはあっても、自力で対応する必要があるのに対し、公助の状態では公的な被災者ではない第三者の支援を期待できる。

言うまでもなく、もし非常時になっても直ちに公助の状態になるのが理想的である。しかし、非常時の規模や種類、さらに発災地域の準備状況にもよるが、公助がすぐ開始される保証はない。よって、公助が始まることを期待して待機したままでは無為に時間が過ぎ、二次災害や救援体制の遅れなどで本来なら助かるはずの人々への対応が間に合わなくなるなどの事態も考えられる。したがって、公助が始まる前の自助共助期のありようについても十分な検討を行う必要がある。

2.1 自助共助期における情報通信

従来、非常時における自助共助は、自主的な事前の備えに基づく衣食住および医療品の確保がほぼ全てであり、自助共助期における情報通信のあり方については、ほとんど検討されていない。したがって、これからの検討とそれに基づいた対応が重要である。

非常時における被災者の通信手段として期待される携帯電話は、自助共助の段階では、基地局や中継局の損傷が復旧しておらず携帯電話サービスに到達できない可能性ある。携帯電話のサービスは、通話だけでなくメールやWEBの利用を含むデータ通信サービスも提供しているが、利用者の携帯電話が携帯電話事業者と直接継続していることがサービス提供の前提であり、通信が途絶するとサービスも途絶するのが普通である。俗にいう「圏外」の状態である。もし、「基地局

や中継局に接続できなくても、利用者が作成したメールや、どのWEBページの情報が欲しいといった情報を携帯電話内に蓄えておき、回線状態が良い時に自動的に少しずつ通信を行う」といったサービスがあればよいが、少なくとも現状では提供されていない。また、ひとたび回線が回復しても携帯電話の音声通話には輻輳の問題がある。携帯電話のメールサービスは、同一携帯電話事業者内であればここ数年で大きく改善されてきているが、インターネットとの間でのやりとりは大きく遅延する可能性がある。

2.2 自助共助期における電源確保

さらに、携帯電話側、中継局/基地局側双方に、電源がいつまで確保できるかという問題がある。新潟県中越地震では、震源地周辺で中継局の設備損壊や停電などがあり、中継局の機能維持のための非常用バッテリーも1日ほどで使い果たされ、中継局が機能を停止した例がある。携帯電話のみに頼る情報通信は、自助共助期が長引けばさまざまな不安要因が表出する。

公助期に入り、通信衛星経由等による通信路確保と、電源車等による電源供給が始まれば、これらの問題は徐々に解消するが、情報通信の利用が活発な現在の日本においては、情報通信のない状態の自助共助期が長引くのは被災者に大きな不安を与え、厳しい状況になる。また、海外にあっては、そもそも公助の準備が十分でない地域も多く、長期間の自助・共助が必要になる場合もある。

2.3 自助共助期における情報通信への必要性

自助期を脱し共助期に入った被災者は、各々の経験や技術や手持ちの道具を持ちよって衣食住を確保し、公助の開始を待つことになる。

情報通信についても、通常の情報通信サービスが復旧するまでの間、可能な範囲で暫定的なサービスを提供しようとする者がいても不思議ではない。そのような状況で利用される情報通信装置は、自助共助期の特殊性から、どこでも利活用が可能な小型の情報通信端末になり、この目的に合致した小型情報通信端末に必要な機能要件を以下にまとめる。

- ・可搬性 小型で軽く常に持ち歩ける。
- ・汎用性 広く普及し普通に入手できる、いわゆる枯れた技術で作られている。
- ・多様性 さまざまな用途に利用できる。
- ・可用性 平常時にも利用でき、誰にとっても使いやすく、誰もが使い慣れている。
- ・安全性 脆弱性などの問題がなく、正しく使う限り安心して使える。

2.4 ϵ -ARK - 非常時対応電子アーミーナイフ

非常時における自助共助に資する小型情報端末を社会に広く普及させようというコンセプトが、著者らが提唱する「 ϵ -ARK」であり、 ϵ -ARK コンセプトを実現した装置を、「 ϵ -ARK 端末」あるいは「 ϵ -ARK デバイス」と呼ぶ。

とにかく生き延びる必要がある自助共助期には、スイス・アーミーナイフは大活躍し、雨露をしのぐ仮設テントを作るのには役立つが、公助期に入り本格的な復興支援住宅の建設には全く適さず、当該目的に合致した専用工具が用いられる。同様に、 ϵ -ARK デバイスの利用を想定している自助共助期においては、何もできずに漫然と過ごすよりは、多少性能が悪くても情報のやりとりを可能にする手段があるのなら、それを活用するはずである。そのため、 ϵ -ARK デバイスは非常時の自助共助に資するために、対外接続機能を持つルータ、WEB サーバやメールサーバ、さらにマルチメディアデータベースを始めとする多種多様な機能を提供する。これらは自助共助期以外でも重要な機能であるが、公助期や平常時であれば、ルータであればサーバであれ、十分な性能を持つ専用機材を使うのがよく、一時的な機能障害を回避するといった場面を除けば ϵ -ARK デバイスの出る幕はない。実世界のスイス・アーミーナイフも平常時に使う場面は限られており、この点でもスイス・アーミーナイフと ϵ -ARK には類似点がある。

ϵ -ARK 専用のデバイスを新規に開発するのではなく、誰もが日頃から持ち歩いている電子デバイスに ϵ -ARK の要求を満たすための機能を組み込む必要がある。この理由は、滅多に使わないデバイスを日頃から持ち歩くよう要請するのは現実的でないし、仮に持ち歩いている、いざという時には電池が切れていたり使い方がわからなかったりすることは容易に予想できるためである。

2.5 小型情報端末の意義

一方、携帯電話や PDA のように、現代の日本人のほとんどが日頃から肌身離さず持ち歩いている電子デバイスを ϵ -ARK 化するというアプローチを取り、平常時であっても ϵ -ARK の機能の一部は、個人の楽しみのために利用できるようにしておけば、いざという時にも積極的に活用してもらえ可能性が高く、また、日頃から利用していれば、通常の通信の合間にソフトウェアのアップデートを少しずつ行うといった対応も可能である。また、携帯電話や PDA に ϵ -ARK の機能をあらかじめ入れておき、使いたいという意志があるものだけが電子的な封印を解除して利用すると

いう方式にしておけば、ある所有者がその機能を活性化していなくても、非常時においては、使い方を知る周囲の誰かがその機能を活性化して役立てるというシナリオも考えられる。よって ϵ -ARK デバイスは、利用者が多い携帯電話か PDA 上に実現し、製品に最初から組み込んでおくのがよい。

なお、 ϵ -ARK デバイスをどのようなプラットフォームのどのような OS 上に構築するかについては、 ϵ -ARK コンセプトの提唱者たる著者らはなんの制限も指定もしていない。著者らは、試行錯誤を含めた初期の開発が行い易いことと、ライセンス問題に悩まされずに成果を広められるという理由で、Linux を OS とする PDA 上で開発している。

3. Zark の実現

Zark とは、SHARP 社製の Zaurus SL-C3000 シリーズを用いて ϵ -ARK デバイスを試作したもので、“Zaurus ϵ -ARK” の頭文字を採って “Zark” とした。SL-C3000 シリーズは、Linux 2.4.20 カーネルを OS とした、豊富な機能を標準搭載した PDA である。Zark では、SL-C3000 シリーズの標準搭載機能を全て温存しつつ、 ϵ -ARK に必要な機能を新規に追加実装している。本報では、非常時における情報通信のサービスの提供の一つとして、Zark による無線アクセスポイントの構築と関連機能について以降の節で述べる。

3.1 Zark の基本機能

前節で述べた ϵ -ARK のコンセプトを実現した ϵ -ARK デバイス試作を開始するにあたり、最初にターゲットになったのが SL-C3100 であった。SL-C3100 は付録に記した諸元を持つ Linux PDA であり、平常時は、当該 PDA が当初から搭載している機能や、フリーソフトウェアとして入手できる、emacs からテトリスに至る多様なソフトウェアを追加して、個人常用環境を構築して活用できる。(1) エディタとして emacs 23 が使え、(2) gcc によってアプリケーションだけでなくカーネルのセルフコンパイルまででき、(3) tcsh や bash が使える日本語ターミナルエミュレータがあり、(4) CPAN を含む perl, ruby, python といったスクリプト言語が用意され、(5) X window system が実装され (6) apt-get でソフトウェアを取得できる環境なので、非常時におけるさまざまな情報通信サービスを構築できる可能性は十分にある。

しかし、デスクトップ機に比べれば、処理速度の遅さは否めない。また、主記憶が 64MB しかなく、スワップ領域は 2 次記憶装置に十分に確保できるものの、2 次記憶装置はアクセス速度が遅いマイクロドライブ

やコンパクトフラッシュ(CF)メモ리카ードなので、メモリを消費する傾向が強いアプリケーションを複数走らせた場合には、スワップ発生に伴う性能の低下が見られる。SL-C3100の内蔵HDDの向上初期出荷時は4GBであるが、Zark実現にあたり8GBのCFメモリに換装し、4つのパーティションに区切って使っている(第1パーティション8MB Linux Ext3, 第2パーティション3.9GB FAT32, 第3パーティション3.9GB Linux Ext3, 第4パーティション256MB Linux swap)。多くのソフトウェアを追加したため、第2, 第3パーティションの空き領域は各々1GB未満になっており、16GBあるいは32GBのCFメモリへの換装を検討している。なお、外部記憶装置としては、USBメモリ、CFメモ리카ード、SDカード、SDHCカード(USBポート経由)の他にもUSBインタフェースの通常のハードディスクも利用可能である。上記の中では、外付USBハードディスク以外は、電源の新たな手当は不要である。なお、外付けUSBハードディスクの一種であるiPodの場合は、iPod本体の電池で駆動できるので、外部電源を用いずにZarkの外部記憶装置として利用できる。著者のひとはZark用に第5世代iPod(80GB)をわざわざFAT32フォーマットに変更してデータアーカイブとして携帯し、自宅では1TB USB HDDをバックアップ用途に使っている。

3.2 Zarkの通信機能

SL-C3100には、豊富なI/O機能があり、さまざまな周辺機器を接続できる。IPv4による通信に限っただけでも以下のI/Oが何らかの形で利用できる。

- ・CFカードスロット(×1)
- ・USB On-The-Goポート(×1)
- ・Bluetooth(USBポート/CFカードを介して実現)
- ・IrDA(×1)
- ・「サービスポート16」(×1)

CFスロットには、各種通信カード(無線LAN, 有線LAN, シリアル通信(RS-232C), PHSデータ通信, 3Gデータ通信, Bluetooth等)が接続でき、USBポートにも、各種通信アダプタ(無線LAN, 有線LAN, シリアル通信(RS-232C), Bluetooth)が接続できる。

カードを1枚しか挿せないCFカードスロットと違い、USBポートにはUSBハブを装着できるので、複数のUSBアダプタを装着できるというメリットがあるが、SL-C3100はUSB 1.1(規格上の上限は12Mbps)にしか対応していないため、多数のアダプタを取り付けられればそれだけ通信速度は劣化する。

BluetoothアダプタはSL-C3100本体には内蔵さ

れておらず、USB-BluetoothアダプタをUSBポートに接続するかCF-BluetoothアダプタをCFポートに接続して実現する。本項の主旨からは外れるが、Bluetoothは、SPP(Serial Port Profile)によって仮想的な無線RS-232C回線を何本も同時に張れるので、低速な周辺装置の接続には大変便利であり、Zarkにおいても、バーコードリーダ、モバイルプリンタなどを接続した実績がある。

IrDAは、十分な速度が出ないこと、IrDAでなければ通信できない機器は存在するが、本報で議論する使い方の範囲には存在しないことなどからこれ以上は言及しない。

「サービスポート16」は、SL-C1000, SL-C3000シリーズ等に用意されている非公開扱いの「非公開I/Oポート」で、RS-232Cに近い仕様のシリアルポートが用意されている。このシリアルポートは、一定の条件を満たすRS-232C機器とは直接接続でき、460,800bps設定のPPP接続で330kbps程度の実行速度が得られている。著者らには、2台のSL-C3100のPPP接続や、SL-C3100とApple MacBook ProのPPP接続を行った実績がある。

3.3 Zarkによる無線アクセスポイントの実現

Zarkは、Linux 2.4.20をカーネルとして持つUNIX機であるので、CFカードスロットにPHSや3Gのデータ通信カードを装着し、USBポートにUSB無線LANアダプタを取り付ければ、即席のホットスポットを構築することが可能である(図1)。さらに、必要であれば、NAT機能、DHCP、WEBキャッシュ機能の実現、iptablesでのパケットフィルタリングも容易である。

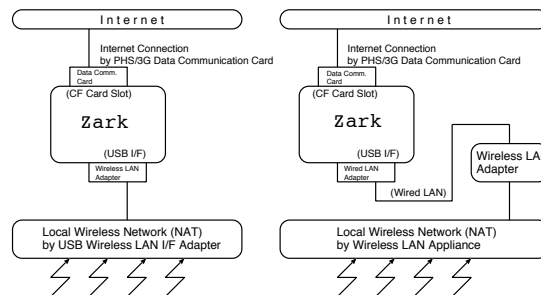


図1 ε-ARKを用いたワイヤレスアクセスポイントのネットワーク構成図(2形態)

3.3.1 3G/PHSデータ通信

著者らには、データ通信カードとして、WILCOM AX420Nとau(KDDI) W05Kの利用経験がある。これらは定額制の料金プランがあり大量のデータ通信に向いている。

このうち、著者が常用している au W05K は一定期間に一定量以上のデータ通信を行うと、不定期に通信速度を落す対応を行い、ストリーム系のアプリケーションが長時間連続して動作することに一定の制限をかけているように見える。ε-ARK では、無線アクセスポイントを提供して被災地と外部との間でメールや WEB の利用を支援するが、どちらも通信速度が一時的に大きく変動してもその影響は受けにくいのであまり問題にならない。通信速度は、通信場所によっても大きく変化するが、条件がよいと 1Mbps 程度は確保でき、都市部ではビル群内を移動中でも 300kbps～600kbps は可能である。また、通信条件が悪くても通信速度を大きく落として通信を維持する性質があり、郊外や山間部では 80kbps 程度まで落ちることがあるが、それでも極力接続を維持し、一時的に途切れてもやがて復旧することが多い。ここで大事なことは、最高速度よりも「継続した接続性の範囲」である。

一方、この 2 機種以外にも、EMOBILE D01NX が利用可能だが、執筆時点において、著者の居住地では利用可能なエリアがほとんどないため未評価である。また、NTT docomo の CF カード型 FOMA カード、あるいは USB ポート経由で docmo FOMA SO702i に接続して通信することも確認しているが、定額料金制ではないため詳しい評価は行っていない。また、各社のデータ通信が、実際の非常時においてどの程度機能するかについても現時点では未知数である。

また、非常時には基地局が倒壊するなど完全に通信機能が遮断される可能性も否めない。ε-ARK が目指すところでは、例えば地方自治体、市町村レベル（石川県金沢市では、小学校の通学域を基本とする区域ごとに校下という区分が存在する）において、小規模な連携を迅速に構築することも考慮にいれている。当然、インターネットが不通になった場合においても、メールをスプールするなどのバッチ処理を自治体ごとに取り決めをしておけば、通信が復活した際に慌てることはない。これは、かつての UUCP (Unix to Unix CoPy) の通信形態である。

3.3.2 無線 LAN

無線 LAN には IEEE 802.11b/g を採用し、今回はインフラストラクチャモードとして構成する。接続には以下の 4 つの方法がある。

- (1) CF カードスロットに CF 型無線 LAN カードを装着。
- (2) USB ポートに USB 無線 LAN アダプタを装着。
- (3) CF カードスロットに CF 型有線 LAN カードを装着し、その先に小型無線 LAN ルータ (アプ

ライアンス) を接続。

- (4) USB ポートに USB 有線 LAN アダプタを装着し、その先に電池駆動可能な小型無線 LAN ルータ (アプライアンス) を接続。

前述のように、対外通信には CF 型データ通信カードを主として利用しているため CF スロットは塞がっていることが多い。そこで上記のうち (2) と (4) をもつばら用いている。(4) を採用すると、無線 LAN 部分は専用アプライアンスが担当することになるので、アクセス制御やアクセスログの取得が WEB ベースでできるなどのメリットがあるが、機材の点数が多くなり、全体としての消費電力も増してしまう。これに対して、(2) を採用すれば小型にまとまるが、現時点ではアクセス制御などの準備が十分できていない上に、当該 USB 無線 LAN アダプタ用のカーネルモジュールの完成度が低く、USB アダプタが不意に外れてしまった際にカーネル全体がハングアップするといった問題を抱えている。この部分を有線 LAN アダプタにしている (4) では、不意に外れても kernel がハングアップすることはない。(2) を全面採用するにはもう少し開発を進める必要がある。

4. 非常時における電源確保

本節では、商用電源の存在を前提とせずに、ε-ARK デバイスを用いた非常時情報通信を継続して行う手法について述べる。非常時の特に自助共助期にあつて、情報通信システムを提供する場合、前節で述べた対外接続の確保以上に問題となるのが電源の確保である。停電のために商用電源の確保が困難、あるいは停電していなくても移動中の運用になることが想定されるため、商用電源に頼らない電源供給が必要になる場合が考えられる。幸い、ε-ARK デバイスは PDA や携帯電話をベースに構築することを前提としており、商用電源の供給がなくても一定時間の動作は可能である。しかし、継続して運用するには電源についての配慮が必要になる。

4.1 ε-ARK デバイス用電源の確保

Zark の場合、無線 LAN アダプタを含めると、DC +5V 1A 弱程度の電源を確保する必要がある。Zark 本体は PDA なので、内蔵バッテリーでの駆動が可能であるが、商用電源のない環境で無線アクセスポイントとして長時間の連続運転を行うためには、外部バッテリーを用意して電源を補助する必要がある。また、無線 LAN アダプタや USB ハブを接続した場合には、これらの機器へ給電するためバッテリーが必要になる。

詳細は次項で述べるが、今回は、DC +5V 3400mA

と同 1700mA のリチウムイオン電池を 1 セットとし (この 1 セットのバッテリーを、以後「バッテリーセット」と呼ぶ)、これを正副 2 セット用意して運用を行った。バッテリーセットは、常に 1 セットが運用状態にあつて、Zark や無線 LAN アダプタに電力を供給し、もう 1 セットは待機状態にあり、必要であれば以下に述べる方式で充電することとした。この方式で Zark の連続運転を可能にするためには、(単一のバッテリーセットでの運用可能時間) \gg (バッテリーセットの充電時間) でなければならない。状況によっては 3 セット以上の電池を用意する必要があるが、今回の運用においては 3 セットは必要なかった。なお、前節でのべた無線アクセスポイントを運用した場合、単一のバッテリーセットで連続運用できる時間は、6~7 時間であった。

4.2 バッテリーセットへの充電

待機状態のバッテリーセットに充電するには、何らかの電源を用意してバッテリーセットに充電すればよい。商用電源が利用でき、商用電源に接続する充電器が手元があれば単に接続すればよいし、次目で述べるさまざまな発電装置を接続して充電する方法もある。しかし、今回はあえて充電装置とバッテリーセットの間にもう一種類の充電電池 (以後「中間充電電池」と呼ぶ) を配置し、何らかの方法で得た電力は、まず中間充電電池に蓄え、バッテリーセットは中間充電電池で充電する方法を試みた。Zark, バッテリーセット, 中間充電電池, および電力源 (充電装置) の関係を図 2 に示す。

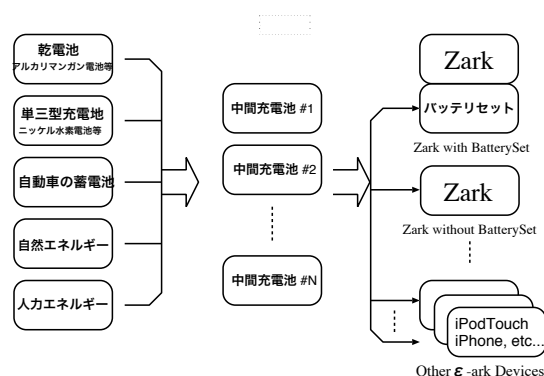


図 2 Zark, バッテリーセット, 中間充電電池, および電力源 の関係

中間充電電池は、出力電圧、電流、充電方式などの電氣的仕様を明確に定めた電池で、 ϵ -ARK デバイスの運用者は、複数個の中間充電電池を常に持ち、運用者同士が必要に応じて互いに貸し借りする体制を想定している。非常時においては、電池への充電ができる場所と、情報通信機器を設置し運用する場所が物理的に離れていることがあり得る。 ϵ -ARK デバイスの運用場所は屋内であっても、太陽電池パネルで充電するなら

充電する場所は屋外になる。エンジンをかけた自動車でも充電するなら充電場所は駐車場の車両の中になる。中間充電電池を用いれば、 ϵ -ARK デバイスの運用場所と電池の充電を行う場所が離れていても、両者を支援する者が中間充電電池を持って往復することで「電力のバケツリレー」が可能になる。

中間充電電池を用いる方法は、電力の利用効率は高くはないが、上述した「電力のバケツリレー」ができるだけでなく、以下に示す利点が挙げられる。

- ・中間充電電池の電氣的仕様を定めることで、次目で述べる多種多様な電力源は、中間充電電池を充電することだけを念頭において用意すればよく、将来 ϵ -ARK が多種多様な電子デバイス上に実現され、電源に対する要求が各 ϵ -ARK デバイス毎に異なっても、そのことを意識しなくてよい。

- ・同様に、各 ϵ -ARK デバイスは、外部電源からの電源供給を考える場合、中間充電電池の存在を前提とした充電だけに配慮すればよく、その先にある電力源の仕様について配慮する必要がない。

- ・電氣的仕様が明確なので、中間充電電池を並列接続して供給電力の増加を図るといった対応が安全に行える。

4.3 中間充電電池の仕様

中間充電電池の最終的な仕様は今後の調整が必要であるが、現在は以下の 2 種類を定めている。電力源の特性からすると、今後もどちらかに一方に絞り込むのではなく、この 2 つが併立することになると考えている。

(1) 中間充電電池 1 型

- ・DC +5V の直流電源から充電。充電用コネクタ形状は USB MINI-B 型。
- ・DC +5V 500mA~1000mA 程度を供給。給電用コネクタ形状は USB A 型。
- ・内部に着脱できない充電電池を持ち、外部からの電力はこの電池に充電する。

(2) 中間充電電池 2 型

- ・DC +5V の直流電源から充電。充電用コネクタ形状は USB MINI-B 型。
- ・DC +5V 500mA~1000mA 程度を供給。給電用コネクタ形状は USB A 型。
- ・内部に着脱可能な単三型充電式電池を 2 本程度装着でき、外部からの電力はこの電池に充電。
- ・DC +5V を供給するだけでなく、単三型充電式電池の充電器としても利用可能。

当初は、中間充電電池 1 型のみを想定していたが、環境問題への配慮から繰り返し充電可能な単三型電池が急速に普及しており、非常時においても当該電池を必要量確保できる状況になってきたため中間充電電池 2 型

を追加した。ただ、中間充電電池 2 型は、同じ大きさであれば中間充電電池 1 型より電力容量が小さいため、中間充電電池 1 型と 2 型を併存させている。

両者に該当する製品は、何社かから入手できる。著者らは、現時点では以下の製品を利用している。

・中間充電電池 1 型 - SANYO eneloop KBC-L2S (内蔵リチウムイオン電池の容量は 3.7V 5000mAh)

・中間充電電池 2 型 - SANYO eneloop KBC-E11

4.4 中間充電電池の充電

日本国内では、携帯電話の普及から携帯電話を充電するためのバッテリーや充電器が安価かつ多数販売されていて、コンビニエンスストア等で買える機種も少なくない。これらの一部は、USB MINI-B プラグを備えており、その一部は中間充電電池を充電できる容量がある。また、広く普及している携帯型ゲーム機は、パソコンの USB ポートや同形状のレセプタクルを持つ電源アダプタから充電できる機種が多く、結果として、家電量販店だけでなくコンビニエンスストアなどでも、USB ポートからの充電を受け付ける機材のための電源アダプタやバッテリーが充実している。これらは、Zark のようなデバイスを直接充電するには容量不足の場合があるが、中間充電電池であれば確実に充電できる。

市場では、USB の単一ポートの電源供給の基準である DC +5V 500mA を目安にして多種多様な製品が供給されており、この傾向は今後も続くと思われる。中間充電電池を充電するための電圧やコネクタ形状を市場動向にあわせてあるので、現在だけでなく今後もさまざまな充電方法が安価に確保できると言える。

中間充電電池を充電する方法として、現時点では以下を評価している。

(1) 乾電池

アルカリマンガン乾電池を 4 本直列に接続することで、中間充電電池を充電できる。非常時でも入手可能な電源の最有力候補である。資源の再利用という観点からは、以下に述べるニッケル水素電池等の充電により再利用可能な電池の方が優れている。

(2) 単三型充電電池 (ニッケル水素電池等)

最近では、コンビニエンスストアでも確保でき、環境への配慮から、充電ができない従来型の乾電池 (アルカリマンガン電池等) から、充電可能なニッケル水素電池への置換が進んでいるので、今後は個人の備蓄も期待できる。中間充電電池 2 型に対応している。

(3) 車載バッテリー

通常、DC +13.8V のタイプが一般的である。非常時の種類によっては利用しやすいが、DC +5V へ変

換するための電源アダプタが必要になる。

(4) 自然エネルギー (太陽光、風力、水力等)

太陽光はエネルギー源としては無尽蔵だが、夜間や雨天曇天の場合の配慮が必要である。また、エネルギー密度が高くないので、充電には長時間を要するという問題がある。風力や水力の利用は、現時点ではまだ検討していない。

(5) 人力エネルギー (手回し/足こぎ等)

自転車の発電器は有望かもしれないが、電圧が安定しないという問題がある。電子機器への充電を念頭においた手回し発電機も流通している。

図 3 の上段には、本研究で評価中の太陽電池充電装置の運用中の様子と手回し発電機を示す。太陽電池充電装置は、内部に充電電池を内蔵し太陽電池で発電した電力を蓄える。また、USB 機器を接続して当該機器の充電や単三型充電電池の充電も可能である。図 3 の下段には、Zark のバッテリーセット (2 種類)、および中間充電電池 1 型、同 2 型を示す。



図 3 太陽電池充電装置 (上段右), 手回し式発電機 (上段左), Zark バッテリーセット 2 種 (下段左), 中間充電電池 2 種 (下段右)

(6) 携帯電話用バッテリー

最大の特徴は、豊富に存在することである。デジタルカメラやビデオカメラの DC +3.7V バッテリーを電源として USB デバイスを充電するためのアダプタなら市販されており、中間充電電池も充電できる。携帯電話の電池も大半は +3.7V なので、多少の調整で携帯電話のバッテリーから中間充電電池を充電する体制が構築できる。携帯電話の電池から電力を回収する方法は、専用のアダプタを用意する必要がある上に、「ε-ARK の運用が、ε-ARK デバイス所有者の本来行いたいことを阻害してはいけない」(所有者の自己犠牲を強くない) という ε-ARK のコンセプトにも抵触しかねないので、慎重に対応する必要がある。

4.5 中間充電電池を介した運用

前項で述べた方法を用意すれば、非常時においても中間充電電池への充電は可能である。ε-ARK デバイス

の運用拠点とは離れた場所であっても電力を得て中間充電電池を充電する環境があり、十分な数の中間充電電池が利用できれば、ε-ARK デバイスの手元には常に充電された中間充電電池を配置できる。

ところで、十分充電された中間充電電池があり、この電力を Zark のバッテリーセットに移せたとしても、前節で述べたような無線アクセスポイントを停止させずに運用するためにはもう一工夫必要となる。もし、何の工夫もなければバッテリーセットを交換する際に、Zark や USB デバイスへのバッテリーセットからの給電は一度途絶えてしまう。Zark 本体は、内蔵電池を有しており、バッテリーセットからの給電が数秒途絶えても問題はないが、無線 LAN アダプタや USB ハブ、さらに USB ハブから電力供給を受けている機材は、数秒の電力供給の停止でも影響を受ける。

この問題への対処にはいくつかの方法があるが、今回は、バッテリー内蔵型の USB ハブを用いて対処した。USB ハブに単四型のニッケル水素電池が組み込まれているため、バッテリーセットなしでも短時間であれば接続機器への給電が維持できる。Zark にバッテリー内蔵 USB ハブを接続し、バッテリーセットを接続した状態を、電源系に注目して記した構成図を示す (図 4)。

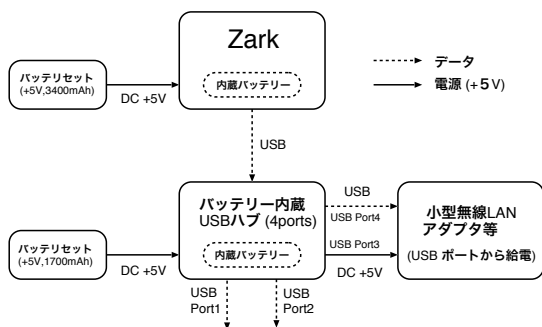


図 4 電源系に注目して記した構成図

5. ε-ARK の実装と実運用

著者らのプロトタイプでは、データ通信カードとして au W05K を採用し、USB 有線 LAN アダプタの先に無線 LAN ルータ Logitec LAN-PWG/APR を用いた場合の運用中の様子を図 5 に示す。

ところで、ε-ARK のコンセプトを満たすためには可搬性を考慮する必要がある。現状では Zark 本体とそれ以外の機材 (USB アダプタ、無線 LAN ルータ、バッテリーセット) をまとめたポーチの二つが必要であり (図 6)、非常時には最低限この二つを持ち出す必要がある。今後、上記の (2) の方法に変更するなどして機材数を減らすための方策も検討中である。



図 5 ε-ARK を用いたワイヤレスアクセスポイントの運用中の状況 (左: iPodTouch (アクセスポイントに接続中)、中: Zark、右: 無線 LAN アダプタ)



図 6 (左: Zark、右: ポーチ型バッグに入れた無線 LAN アダプタとバッテリーセット)

5.1 実運用における利点

データ通信カードと無線 LAN アダプタを組み合わせ、無線アクセスポイントを実現する方法にはいくつかの利点が挙げられる。

(1) squid を用いた WEB プロキシを組み込み、対外アクセスを絞り込める。平常時のアクセスでは、ユーザは各自の好みの WEB ページをアクセスするのでプロキシはあまり効果がない場合が多い。しかし、非常時の自助共助期という条件をつければ、利用者は被災者であり、被災者は同じような問題を抱えて WEB ページにアクセスするため、被災者は同じページにアクセスする可能性が高く、プロキシは効果をあげる可能性がある。

(2) iptables を用いてアクセス制限することで、透過的 WEB プロキシを実現でき、提供する無線アクセスポイントに多少なりとも安全と安心を提供できる。さらに、当該 Zark 自身で WEB サーバを立ち上げられるため、アクセスポイントにアクセスしてきたユーザに対し、必要な情報をその場で提供することが可能であり、また、あらかじめ用意したデータベースをもとに半自動で作成した当該非常時のページへ誘導するなどして、対外アクセスを軽減させられる。インターネット側からのアクセスに対しても WEB を介して最新の被災状況を提供することも可能である。

このようにさまざまなメリットがある半面、インターネット側からの大量のアクセスに対する耐性は低く、大量のアクセスに対しては通信性能の極端な低下

が懸念される。インターネット上のどこかにリバースプロキシを設置するといった対応で、アクセスを「そらす」仕組みについての研究が必要である。

6. 議論

6.1 セキュリティ

Zark に限らず、 ϵ -ARK デバイスを運用することは、ルータやサーバやそれらに継る対外通信機構を任意の場所に新規に設置することを意味する。その意味では、従来でもノートパソコンが1台あれば実現できた範疇であり、むしろノートパソコンの方がより高性能なサービスを実現できる。いっそうの可搬性が確保され、電池での運用に配慮されている点を除けば、ラップトップ環境での運用からの技術的な進歩はない。

しかし、運用面で考えると事情は異なる。従来であれば、かなりのスキルを有する者があらかじめ十分な準備を施したノートパソコンを用意して常に持ち歩かなければ実現できなかったサービスを、携帯電話やPDAの所有者が誰でもいつでもどこでも運用開始できるのが ϵ -ARK デバイスである。

Zark では、Zark の所有者は当該 Zark に対して root 権限を持つ。よって、ネットワークをモニタするソフトウェアを動かすことは容易で、事実 Zark には無線 LAN のパケットをキャプチャするツールが最初から搭載されている。したがって実際のスイス・アーミーナイフで犯罪が可能なのと同様に、 ϵ -ARK デバイスを悪用して不正な行為を行うことは可能である。

著者らは、全ての人の携帯電話や PDA に ϵ -ARK 機能を含ませおき、非常時に遭遇した際、運用スキルのある者が「アーミーナイフとして」活用することを想定している。例えば、ある地域で ϵ -ARK デバイスを使った不正行為が発生した場合、何らかの歯止めの枠組みがないと、当該時間帯に当該地域にいて携帯電話の保持者全員に容疑者の疑いがかけられてしまうなどの問題が発生しかねない。インターネット上のサービスに積極的に介入するような不正であれば、アクセスログ等から ϵ -ARK デバイスの所有者を特定することも可能かもしれないが、パケットを傍受してその情報を活用するといった不正の場合、積極的なアクセスは起きないので、傍受した ϵ -ARK デバイスの検出は難しい。

この問題については、悪用が懸念される機能については、ソフトウェア的に「封印」をし、「当該機能を一度も使っていないか」「一度は使ったことがあるか」だけでも識別できるようにするといった対処が必要となり、現在、匿名署名を利用した手法を検討中である。

6.2 Zark 以外の実現

現在は SL-C3100 で ϵ -ARK を実装しているが、SL-C3000 シリーズはすでに製造を終了しており、後継機の予定もアナウンスされていない。今後 ϵ -ARK を実現するのに適した機材には以下がある。

- (1) Apple iPodTouch, iPhone 3G
- (2) UMPC (Ultra Mobile PC)
- (3) Google Android を搭載したスマートフォン

このうち (1) については、すでに検討を始めている。特に iPhone 3G は、デジタルカメラ付の携帯電話なので、Zark が実現できなかった携帯電話としての通話機能が最初から用意されている。Zark を利用する限り、「デジカメ付携帯電話」を常時携帯しなければならないが、iPhone 3G に ϵ -ARK を実現できれば、iPhone 3G が1台あればよい。一方、現時点の iPhone 3G は、ソフトウェア開発を Apple Macintosh 上で行うことを前提としており、iPhone 上で動くコンパイラは提供されていない。何よりカーネルのソースコードが公開されていないので、技術的側面に限っても改変には限界がある。また、接続可能な周辺装置も限定されてしまう。このような理由で ϵ -ARK デバイスの後継ハードウェアという視点で見た場合、iPhone 3G は SL-C3100 の上位互換にはならない。

UMPC は期待できそうである。これは通常の PC アーキテクチャで同型であるため、ソフトウェア開発に何の支障もない。Windows 上で ϵ -ARK 機能を直接実現してもよいし、 ϵ -ARK 機能は Linux 上に作り、仮想マシンで動かすなり USB メモリからブートする ϵ -ARK on Linux を作るのでもよいだろう。ただし、現在の Zark と同じく携帯電話機能はないので携帯電話との併用が必要になる。

6.3 電源供給に関する考察

現行の方式は、発電装置から中間充電電池に充電し、これをバッテリーセットに充電し、さらにこれを Zark が利用する方法を採用しており、電力の使用効率は高くはない。今回報告した事例に限って言えば、バッテリーセットを中間充電電池に置換することは可能で、この場合、電力の使用効率は改善する。しかし、バッテリーセットのサイズが大きくなってしまい、この方法が使えない電源仕様の ϵ -ARK デバイスも考えられる。

充電のための電力源としては自動車の車載バッテリー単体、あるいはエンジンをかけながらの給電は多いに期待できるが、従来の自動車は、電子機器に対して安定して DC +5V を供給することは想定しておらず、安定化電源装置なしでは中間充電電池への充電はできない。

今後は、中間充電電池の普及が必要だと考えているが、DC +5V 出力の安定化電源装置の自動車への搭載を呼びかけるといった社会への展開も検討する必要がある。

6.4 今後の展開

現在、以下の研究発表の準備を進めている。

・非常時における運用を念頭においた小規模文書管理システム (IPSJ-SIG-DD, 2008 年 9 月)³⁾

・ ϵ -ARK 端末を Apple iPhone で実現するための技術的・制度的考察 (IPSJ-SIG-IOT, 2008 年 9 月)²⁾

前者では、市販の Bluetooth モバイルプリンタ用のプリンタドライバと、文書発行および管理システムを新規に開発し、 ϵ -ARK デバイスに組み込んで非常時における行政やボランティアの文書発行を支援する方法について述べる。後者では、 ϵ -ARK デバイスの次期実装の最有力候補である Apple 社の iPod Touch や iPhone 3G の ϵ -ARK デバイスとしての可能性と問題点を技術面と制度面の両面から検討する。

また、IPv6 対応、2 台以上の ϵ -ARK デバイスの連携、VoIP 端末機能の導入等にも着手している。

7. おわりに

本論文では、Zaurus SL-C3100 上に ϵ -ARK デバイスを実装し、同機が提供可能な非常時情報通信機能のうち、(1) ルータとしての機能を利用した「無線アクセスポイント」の有効性と、(2) 非常時の制約のある電源環境を想定した、商用電源に頼らない乾電池等での連続運転が可能であることを示した。今後は、 ϵ -ARK デバイスの相互連携、IPv6 への対応、iPhone 3G への移植などを実施し ϵ -ARK デバイスの有効範囲の拡大とその検証を継続し、社会への普及を目指す。

謝 辞

本研究は、独立行政法人 科学技術振興機構社会技術研究開発センター「情報と社会」計画型研究「高度情報社会の脆弱性の解明と解決」において購入したハードウェアを一部利用している。関係各所に深謝する。

参 考 文 献

- 1) 猪俣敦夫, 多田浩之, 大野浩之ほか: 大規模災害等における非常時情報通信システムに対する社会的・制度的課題と提案, 情報処理学会 第 103 回情報システムと社会環境研究会, 研究報告, 2008-IS-103, pp.1-8(2008).
- 2) 大野浩之: 非常時の自助共助に資する ϵ -ARK 端末を Apple iPhone で実現するための技術的・制度的考察情報処理学会 第 3 回 インターネットと運用技術研究会, 研究報告, 2008-IOT-3-4, pp.13-18(2008)

- 3) 大野浩之: 非常時における運用を念頭においた小規模文書管理システム, 情報処理学会 第 68 回 デジタルドキュメント研究会, 研究報告, 2008-DD-68-2, pp.9-14(2008)
- 4) 大野浩之, 猪俣敦夫: 非常時を前提に開発した ϵ -ARK のシステム管理業務への応用, 情報処理学会 第 48 回分散システム/インターネット運用技術研究会, 第 26 回高品質インターネット研究会, 研究報告, 2008-DSM-48-9, 2008-QAI-26-9, pp.49-54(2008).

付 録

- (1) Zark ハードウェア諸元 (抜粋)
 - ・プラットフォーム
SHARP SL-C3100
 - ・CPU
PXA270 416MHz
 - ・メモリ
SDRAM 64MB, Flash 128MB
 - ・HDD
8GB CF (購入後換装)
 - ・キーボード/ディスプレイ
ミニチュアキーボード, **3.7 型 VGA LCD**
 - ・その他の I/O
CF カードスロット×1, SD カードスロット×1, On-The-Go USB ポート×1, IrDA ポート, シリアルポート, アナログオーディオ入出力, 接点入力 (最大 6 点)
 - (2) Zark ソフトウェア諸元 (抜粋)
 - ・OS
Linux 2.4.20 (“Special Kernel” を使用), **Blue-Z** 等のカーネルモジュールを多数追加.
 - ・PDA 機能 (標準搭載)
QT/Embedded (GUI プラットフォーム), **ToDo** リスト, メモ帳, メーラ, **WEB** ブラウザ, **MP3** プレーヤ, ムービープレーヤ, **MS Word** 互換ソフト (**HancomWord**), **MS Excel** 互換ソフト (**HamcomSheet**), プレゼンテーション支援, 電子辞書 (**EPWING** 形式対応), 電子書籍ビューア, 英和/和英翻訳ソフト, 他
 - ・文書編集処理関連機能 (別途導入)
emacs22, ptex312, qpdf2, pdftk, gs, Openoffice.org 他
 - ・WEB 関連機能 (別途導入)
firefox, opera, w3m, apache 他
 - ・マルチメディア対応機能 (別途導入)
mplayer, zplayer 他
 - ・プログラミング/スクリプト言語 (別途導入)
gcc, perl, ruby, python 他
 - ・ネットワーク関連機能 (別途導入)
OpenSSH, stone, wget, kismet, wellenreiter, tcpdump, nmap, aircrack 他
 - ・その他 (別途導入)
X11(on Qt), Debian/XQt, ターミナルエミュレータ, **UNIX** コマンド類.
- (注) 「標準搭載」 - **SL-C3100** にあらかじめ用意されているソフトウェア。
「別途導入」 - **Zark** を実現するにあたり、著者らが別途インストールしたソフトウェア。