

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

大 野 浩 之[†] 猪 俣 敦 夫^{††}

著者らは、平常時における日常生活においては利便性の高い道具群として常用でき、非常時、すなわち大規模災害等の予期せぬ緊急事態が発生した際には情報発信や情報共有のための拠点としても活用可能な小型情報通信装置である ε -ARK のコンセプトを 2007 年夏から提案している。本報告では ε -ARK が分散システムの管理や運用にも有効であることを示すと共に、いくつかの応用例と今後の展開について述べる。

Design and Implementation of "Electronic/Emergency Army Knife" (ε -ARK) and Its Application to Distributed System Management.

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

The concept of the ε -ARK has been proposed since summer of 2007. The ε -ARK is a palm size computer which many useful software tools were built in. It can support not only the daily activity of the owner but also the communication between people and the owner in case of the emergency such as unexpected huge natural disasters. It is also able to be the information providing/control system at the disaster area. In this paper, we mention that the ε -ARK is also useful for the distributed system management. Several new applications and future plans are also discussed.

1. はじめに

ε -ARK は、平常時だけでなく非常時 (大規模災害、感染症の爆発的流行、いわゆる国民保護法が想定する事態の勃発などの「予期しえぬ非常事態」が発生した状態) においても、多目的に活用できる小型情報通信機器のありかたについてのコンセプトである。

手の平に収まる小さな筐体に多数の機能を詰め込む形態が、電子的な「アーミーナイフ」(十徳ナイフ) にたとえ得ることから Electronic/Emergency Army Knife と呼び、 ε -ARK と表記する。

ε -ARK の本来の姿である、「平常時にも非常時にも活用できる電子的なアーミーナイフ」としての特徴や設計/実装/応用については別報¹⁾にて詳しく述べたが、要約すると以下ようになる。

- 日頃からポケット等に入れて持ち歩ける大きさであり、非常事態が発生した場合にも容易に持ち出して利用できる大きさと重さの電子機器である。

- 平常時においては、個人常用環境として利用者の日常生活を支える PDA としての機能に加え、利用者に娯楽を提供する機能も併せ持ち、常に携帯していたいという気持を持たせる工夫がなされている。
- 非常時においては、非常事態発生直後の「自助」状態、避難先でお互いに助け合う「公助」状態、そして公的な支援が行われる「公助」状態の全局面において、情報通信の面で避難者の行動を支援し情報の受発信を提供する機能を持っている。

著者らは ε -ARK が活躍できる場は、平常時の個人常用環境と非常時の情報通信支援以外にもあると考えた。それは、本研究会が対象とする情報通信システムの運用管理の現場である。本報では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について述べる。

なお、著者らはシャープ (SHARP) 株式会社製の Linux (2.4.20 系) を OS とする PDA である Zaurus SL-C3100/C3200 上で ε -ARK の実装を進めているが、一部の実験的実装では Linux 2.4.18 系をベースとする SL-C860 を使っている。Zaurus での実装を ZARK(Zaurus ARK) あるいは ZARK 端末と呼ぶ

[†] 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

^{††} 独立行政法人科学技術振興機構
Japan Science and Technology Agency

が、SL-C860 での実装と SL-C3100/C3200 での実装を区別したい場合には前者を ZARK/860, 後者を ZARK/3100 と呼ぶ。また、Zaurus に限らず Linux 上に実装した ε -ARK を LARK (Linux ARK) と呼ぶ。本報における「現在の ε -ARK 実装」とは、特段の断りがない限り ZARK/3100 端末 のことである。

2. ε -ARK に必要な機能

ε -ARK が備える機能は、当初は以下の (1) と (2) に分類して考えていたが、現在では (3) を独立させている。

- (1) 平常時の道具としての機能 (個人常用環境)
- (2) 非常時の道具としての機能
- (3) 日常業務を支援する機能

上記のうち (1) (2) の範疇の機能は、すでに実装も進み報告もされているので、本報では (3) を中心に述べる

2.1 平常時の道具としての機能 (個人常用環境)

ε -ARK の個人常用環境は、PDA が "Personal Digital Assistance" として本来想定している利用形態の範囲内であり、少なくとも以下の機能が必要であると規定した。

- 基本機能：電子メール送受信、WEB ページへアクセス、テキストチャット、テキスト編集、スケジューラ、住所録
- 拡張機能：文書作成 (ワープロ)、表計算、プレゼンテーション
- マルチメディア機能：音声 (音楽) 録再生、静止画の整理と表示、動画の再生、音声チャット (通話)、ビデオチャット、電子辞書、電子書籍
- 娯楽機能：音楽や映像を個人的に楽しんだりゲーム等をしたという要求に応えるための機能。

2.2 非常時の道具としての機能

ε -ARK が非常時における「電子版アーミーナイフ」として機能するには、想定される非常時において少なくとも以下の主としてサーバーとしての機能が必要になる。

その一つである、データ通信カードと USB 無線 LAN アダプタを組み合わせで実装した、即席 (ad-hoc) アクセスポイントを用いる ZARK 端末 の様子を図 2 に示す。

- 情報発信支援機能：WEB サーバ、安否情報登録支援、簡易プログラミング環境
- 情報検索支援機能：オンライン情報検索 (WEB ブラウズ)、オフライン情報検索 (辞書、電子書籍、文書管理)



図 1 即席無線 LAN アクセスポイントとして運用中の ZARK 端末

- 情報交換支援機能：メールサーバ、音声/映像通話、ネットワークアクセス支援 (アクセスポイント提供)

2.3 日常業務支援機能

ε -ARK が提供する諸機能が所有者の日常業務を支援し得るかは日常業務の業種や形態による。したがって一般化した判断はできないが、著者の周囲の者や同業者すなわち大学等の組織において組織の情報通信システムの基幹部分の運用や管理に関わる部署に所属する者に対して調査したところ、日常業務においては、上述の個人常用環境が提供する諸機能に加えて、以下の機能の一部あるいは全てが備わっていると役立つと考えていることがわかった。

(1) 通信機能 (IP)

- ・IP 通信 (IPv4, IPv6) に関わる基本的な通信機能
- ・ネットワーク構成機能 (経路制御, NAT, トンネル構成等)
- ・トラフィック監視/管理機能 (パケットキャプチャ/パケットフィルタリング/侵入検知他)
- ・セキュリティ関連機能

(2) 通信機能 (非 IP)

- ・シリアルポートを使った周辺装置との通信機能：シリアル端末機能、プリンタ接続機能、シリアルポート付機器との通信/制御機能 他
- ・USB /Bluetooth を使った通信機能：HID デバイス (キーボード/マウス/等) 接続機能、バーコードスキャナ接続機能、プリンタデバイス (バーコード/二次元コードプリンタ) 接続機能 他
- ・赤外線通信ポートを使った通信機能：他の通信機器との非接触通信機能、家電機器等の遠隔操作機能 他

(3) プログラミング機能：

- ・CPAN が利用可能な perl, gcc, X11, Debian

環境等の導入による ε -ARK 単体でのプログラミング機能

(4) 高度な文書処理機能：

・emacs, LaTeX, OpenOffice.org 等の導入による高度な文書処理機能

(5) その他の機能：

・音声録音再生機能, 静止画撮影/再生機能, 動画撮影/再生機能, 接点入出力機能

これらのうち (4) および (5) は、個人常用環境の延長に位置するものであり ε -ARK を PDA として使うパワーユーザーなら情報通信分野の技術者や研究者ではなくても使いこなせる機能である。これに対して (1)~(3) の大部分は、情報通信システムの運用や管理を業務にするか情報通信分野の技術者や研究者であれば、この機能がポケットに入るのなら、活用したいと考える機能である。

上記のリストでは、IP 通信を行う場合は専用の有線あるいは無線ネットワークインタフェースを使うと仮定しているが、もちろん、シリアル、USB、Bluetooth、赤外線各ポートを使い PPP プロトコルを用いることもできるし、イーサネットインタフェースを CF スロットや USB ポートに装着する方法もある。

IP による通信機能を利用したユーザ向けアプリケーションとしては、WEB、メール、チャットなどのコミュニケーション用クライアントアプリケーションが考えられ、これらは日常業務に活用できるが、非常時の運用も視野に入れておく必要がある。すなわち、平常時には高性能性の他の機材が利用できるもので、 ε -ARK がサーバ機能を持っても常用することはないが非常時に備えてクライアントアプリケーションだけでなく当該サービスのサーバも用意し、いつでも利用できる状態にしておくことが望まれる。

非 IP 通信では、シリアルポートを使ったシリアル端末機能は重要である。多くの通信機器が今でもシリアルポートを介してコマンド受け取り結果を応答しているからである。シリアルポートを介して接続する機材は多く、モデムや一部のスキャナ、プリンタなどはシリアルポートを介して接続する。USB や Bluetooth ポートは、シリアルポートとして使う場合には上記に準じる。USB には、シリアルポートとして以外にも、HID やマサストレージといった多様なクラスがあり、Bluetooth についても、さまざまなプロファイルを搭載させることで、これらを活用することによる ε -ARK の応用場面はさらに広がる。

高度な文書処理機能としては、まず emacs による文書編集機能がある。次に挙げるプログラミング機

能とも関わるが、情報通信分野の技術者や研究者には emacs に強く依存している者も多く、高機能な文書処理系としての emacs は必須の機能である。また、業務上の文書が少なからず MS Office 形式になっている現状から、OpenOffice.org による MS Office 形式文書の編集機能も必要になる。さらに、TeX による版組と PDFJ などによる PDF 作成、pdftk による PDF 加工ができれば文書処理については十分である。

簡易なプログラミング機能も必要である。業務上、ネットワーク経由あるいは周辺装置とデータをやりとりしたり、取得したデータを処理することは頻繁に行われ、そのためにスクリプト言語が使われたり、C 言語や C++ でコンパイルしたバイナリを使うが、修正が必要になるたびに他のコンピュータ上で修正したりコンパイルをするのではなく、その場で修正できることは業務の効率的な遂行につながる。

音声の録音再生機能は、会議の会話を録音するといった用途だけでなく、情報通信システム管理中に何らかの異常を検出した際に音声による警報を発したり (再生機能)、情報通信システムを設置した場所の騒音を計測したり、周囲で警報音が鳴っていないかを遠隔から確認する (録音機能) といった用途にも利用できる。

3. ε -ARK の分散システム運用管理への適用

本節では、 ε -ARK を分散システムの運用管理に適用した具体的な事例について述べる。

今回 ε -ARK を実装した Zaurus SL-C3100/C3200 には、前節で日常業務支援に必要な機能を含めて以下の I/O 機能がある。本節で述べるのは、これらの I/O 機能を活用した例である。

シリアルポート × 1

RS-232C 準拠。コネクタ形状と電源レベルは規格に合致していない。変換アダプタが必要。

赤外線ポート × 1

IrDA による通信が可能。OS 側からは半二重のシリアルポートに見える。

USB OTG ポート × 1

USB ホストとしても USB ターゲットとしても機能するが、どちらか一方を選択する必要がある。

オーディオ入出力ポート × 1

3.5mm ϕ のミニステレオジャックがあり、ソフトウェア切替えて、オーディオ出力×2 (ステレオオーディオ出力) にもオーディオ入力×1、オーディオ出力×2 にも対応。

接点入力 × 6 点

本来は、ステレオヘッドホンのリモコンとして用意された機能であるが、同時押しができない6接点入力 (あるいは 2bit のデジタル入力) として利用できる。

以下の二つは、具体的な I/O を行うカードやアダプタを収容するためのインタフェースである。今回 ϵ -ARK を実装した Zaurus SL-C3100/C3200 上で動く Linux カーネル (現在は 2.4.20 系) がサポートしている I/O カードを装着すれば、上記を含む多様な I/O ポートとして利用できる。なお、現時点では、SD カードスロットはメモ리카ードの読み書きにしか使えない。

- (1) CF カードスロット $\times$ 1 (改造によって $\times$ 2 も可能)
- (2) SD カードスロット $\times$ 1

以下の二つは、当該インタフェースが本体に内蔵されているわけではないが、USB ポートあるいは CF カードスロットに然るべきアダプタを装着すれば利用できる。Bluetooth 自体は、CF カードスロットや SD カードスロットと同様に、それ自身は多様なサービスを提供するための受け皿であって、カーネルがサポートする Bluetooth プロファイルを用いる周辺装置を用意すれば上記を含む多様な I/O が実現する。

- (1) 無線 LAN (IEEE 802.11b)
- (2) 有線 LAN (10/100BASE-T)
- (3) Bluetooth

これらの豊富な I/O は、全て同時に利用できるわけではないが、取り付けるアダプタを利用目的に応じて変更することで、多彩な運用が可能になる。

3.1 シリアル端末としての利用

ルータやサーバなどの情報通信機器は、通常時はネットワーク経由でアクセスするので、 ϵ -ARK 端末でも TCP/IP でこれらの機器にアクセスするための機能が必要になる。 ϵ -ARK を実装した ZARK 端末は、IPv4 によるネットワークアクセス機能とターミナルエミュレータソフトウェアは用意されているので、この目的に対応することは容易にできる。

しかし、時にはルータにシリアルポート (主に RS-232C) を介して接続する必要がある。このような場合、ノートパソコンを用意してシリアルケーブルでノートパソコンと当該機器を接続し、ターミナルエミュレータを立ち上げて対処することになるが、近年のノートパソコンは独自のシリアルポートを持たず USB ポートにシリアルアダプタを接続しなければならない場合が多い。シリアルポートの利用頻度が高ければ、日頃

から USB シリアルアダプタを用意したり、当該アダプタのようなドライバをインストールしたりしていつでも対処できるようスタンバイしておくのが妥当だが、実際にはシリアルポートを利用する頻度は低く、しかしひとたび必要となったときには直ちに接続して対処する必要がある。このような場合、日頃持ち歩いている ϵ -ARK 端末にシリアルポートとターミナルエミュレータがあれば、直に対応できる。 ϵ -ARK を実装した SL-C3100/C3200 には、非公式ながら RS-232C 準拠のポートがあるためこれを利用し、フリーソフトウェアの端末ソフトウェア (jerm や minicom) を導入することで、いつでも使えるシリアル端末装置を実現できた。

シリアルポートは、シリアルポート接続する周辺装置を駆動する目的にも利用できる。詳細は割愛するが、著者らはブラザー工業製のテーブルプリンタ (pTouch 9500pc) を駆動したり自作のワンボード PC と接続した実績がある。

3.2 ネットワークトラフィック監視装置としての利用

ZARK 端末では、無線 LAN (IEEE 802.11b) と有線 LAN (10BASE-T) を介して IPv4 による通信ができ^{*}、メールサーバ/クライアント、WEB サーバ/クライアント、SSH サーバ/クライアントを始めとする多種多様なアプリケーションが実装されている。システムの動作状況を確認する原始的ながら基本的な手法の一つに、監視対象のサービスを実際に使ってみるという方法がある。ZARK 端末に搭載された各種クライアントソフトウェアは、個人常用環境として利用できる水準のものばかりなので、無線 LAN あるいは有線 LAN に接続してサービスの動作状況の確認を実施できる。また、ターミナルエミュレータが上で shell が動き、その上で emacs が動き、さらに gcc や perl が利用できるため簡単なスクリプトを書いてサービスの動作を確認するという作業も、ノートパソコンを持ち出すまでもなく行える。

さらに、ネットワークを流れるパケットをダンプするソフトウェアとして tcpdump (有線 LAN) wellenreiter (無線 LAN) が動作するため、管理対象のネットワークを流れるパケットの流量や概要についての把握もノートパソコンを持ち出さずに実施できる。

3.3 セキュリティ支援装置としての利用

前項で述べたパケットダンプ機能は、情報通信シス

^{*} Linux 2.4.18 をベースとした SL-C860 に ϵ -ARK を実装した ZARK/860 では、IPv6 の実装が公表されている。

テムが正常に稼働中であることを確認するだけでなく異常検出にも利用できる。たとえばネットワークトラフィックやアクセスパターンを監視し、特定のトラフィックが発生するなどしてセキュリティ上の問題が発生した場合には直ちに PHS 等のデータ通信カード経由で発呼して通常の経路の状況の影響を受けずに予め定めたプロバイダ経由で異常を通知するといった対応を簡単に実現できる。

その他にも、セキュリティ確保のための作業に必要な脆弱性情報やさまざまなノウハウを保存しておいてオフライン状態でも必要な情報を閲覧できるようにしておく、フォレンジックスを実行するためのツール群を蓄えておくなどすることで、セキュリティ上の緊急時に対処できる。

3.4 KVM スイッチ遠隔操作装置としての利用

多数のコンピュータやルータが集中して配備されている環境では、通常はネットワーク経由で各々の機器にアクセスして管理作業を行う。この方法は十分発達しており実用的であるが、障害発生に対処する場合や OS のセットアップ時、さらに管理対象機器の一部が同一のネットワークに接続されていなかったりセキュリティポリシーの関係でネットワーク経由での特定の作業が認められないといった場合には、ネットワーク経由での管理作業ができず、オペレータは各々の機器のコンソールに直接アクセスして作業することになる。このような場合、数 10 台から時には 1000 台を超える機材の全てにキーボード/マウス/ディスプレイを取り付けることは全く現実的でないが、かといって一組のキーボード/マウス/ディスプレイを用意し作業対象を変更するたびごとにいちいち付け替えるのもあまりに非効率である。そのため、多数のコンソールを一括して管理する「大規模 KVM スイッチ」が用いられ、これを活用したシステム運用技術が重要になる。

著者はかつて本研究会において、大規模 KVM スイッチを活用した分散システムの管理運用手法について検討し報告したが²⁾、その際 KVM スイッチの遠隔操作あるいは自動操作の実現が課題として残っていた。大規模 KVM スイッチでは、 N 人 ($N \geq 1$) のオペレータが、 M 台 ($M \geq 1$) の機器のコンソールの中から 1 台を他のオペレータとは排他的あるいは同時に選択して作業を行う。一部の大規模 KVM スイッチでは、専用のポート (多くの場合にはシリアルポート) にアクセスすることで $N \times M$ 規模のスイッチの動作を制御できるが、全ての KVM スイッチにこの機能が備わっているわけではなく、操作手法も標準化されているわけではない。多くの場合、オペレータが自分のキーボ

ードからあらかじめ設定した特定のエスケープ文字列を入力することで、スイッチの切替えを行っている。

ε -ARK KME は、ZARK の USB ホスト機能を使って、キーボードおよびマウスをエミュレートする。このエミュレーションは、ネットワーク上で公開されている Zaurus SL-C3000/C3100/C3200 用のカーネルモジュールに手を加えて実現した。ユーザプロセスから打鍵およびマウスの動作をエミュレートできるので、キーボードだけでなくマウスも含めた遠隔からの操作やプログラムやスクリプトによる自動操作が実現する。エミュレートするキーボードとマウスは、コンパウンドデバイスとして実装されているので、ZARK の USB ポート一つでマウスとキーボードの同時エミュレーションできるが、一部の KVM スイッチ等で、コンパウンドデバイスを受け付けない (ZARK に限らず「マウス機能付キーボード」のようなコンパウンドデバイスが利用できない) ケースがあった。そこで、そのような場合に備えて ZARK を 2 台用意し、一方はキーボードをエミュレートし、もう一方はマウスをエミュレートするようにした。2 台の ZARK の間はシリアルポートを介して相互接続するようにしたが、どちらも有線あるいは無線 LAN 経由でネットワークに接続しているのなら、この経路で相互に通信しあってもよい。

ε -ARK KME を取り付ける KVM フロントエンドは、以下のような構成とし、 ε -ARK KME がオペレータのキーボード/マウスや、KVM/IP 装置経由の遠隔操作と積極的に共存できるようにした。

大規模 KVM スイッチにおけるキーボードおよびマウスは、依然として PS/2 インタフェースを用いている場合が多い。PC やサーバ類のキーボードおよびマウスインタフェースは、2005 年ころには PS/2 よりも USB の方が優勢になったが、その時点でも大規模 KVM スイッチに接続可能なキーボード/マウスは PS/2 が主流であった。大規模 KVM スイッチの設備更新間隔は、サーバやルータ類を構成する PC や専用の通信装置よりも長いこともあり、大規模 KVM スイッチを使う限りは、現在でも PS/2 インタフェースが多い。そこで、USB キーボードおよびマウスを接続でき、接続する PC が USB マウス/キーボード型でなく、PS/2 マウス/キーボードを要求しても対処できる KVM スイッチを探し出し図 3 のような構成とした。また、実際の動作の様子を図 7 に示した。上述のようなコンパウンドデバイス問題に備え、ZARK 端末 (この写真では ZARK/860) が 2 台投入されている。



図 2 動作中の ε-ARK KME フロントエンド

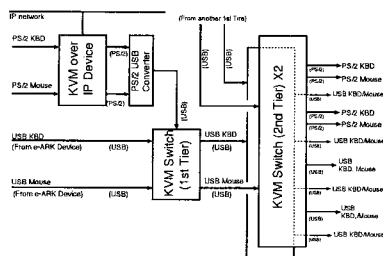


図 3 ε-ARK KME フロントエンドの構成

3.5 HIDブリッジ機能を用いた USB マウス/キーボードとしての利用

前項の実施によって、ε-ARK を実装した ZARK 端末は、USB キーボード、USB マウスをエミュレート可能になり、ZARK 端末上のユーザプロセスから制御可能になった。このユーザプロセスを仮にエミュレートプロセスと呼ぶ。

もし、ε-ARK 端末に USB キーボードと USB マウスが接続でき、キーボード入力やマウスの操作を取得するユーザプロセス (仮に取得プロセスと呼ぶ) が実装できれば、ε-ARK 端末に接続したキーボードやマウスの操作を取得プロセスが情報として取り出し、必要に応じて加工したり記録してからエミュレートプロセスに送り出せる。

すなわち、USB HID (Human Interface Device) のユーザプロセスレベルの (あるいはアプリケーションレイヤの) ゲートウェイを構築できる。著者らはこれを ε-ARK ALG (Application Layer Gateway) と名付けた。ε-ARK ALG では、両プロセスの接続がアプリケーションレイヤで行われているので、リアルタイムでデータを読みだしたり変換したり注入したりできるため、既成のキーボードロガーのような製品では困難な、遠隔リアルタイム監視や遠隔操作が容易に実現できる。なお両プロセスを同一の ZARK に割り当ててる場合には単一の ZARK 端末にホストとターゲットの 2 つの USB アダプタが必要になる。現時点

ではこの実装は ZARK/860 でのみで実現している。

4. 評価と今後の課題

4.1 評価

ε-ARK のシステム管理業務への応用という視点での定量的な評価は行っていないが、ZARK 端末のルータとしての性能についての定量的な評価は別報で述べた。2.3 項で述べた項目の大半は ZARK 端末上で実現し実際に利用できたので、ε-ARK のシステム管理業務への応用可能性は確認できたと言える。

4.2 今後の課題

当面、以下の項目についての実装を急ぎたい。

- IPv6 の運用 (ZARK/860 端末では動作しているが、ZARK/3100 端末では未実装)。
- IEEE 802.1X 認証の実装。
- USB HID ブリッジ機能のための CF 型 USB ホストアダプタの ZARK/3100 への移植。
- HID ブジジジを有効利用するための、API の整備

5. おわりに

本報では、平常時の個人常用環境の提供と非常時の情報通信支援を目的として提案した ε-ARK には、情報通信システムの運用管理の現場における日常業務において活用できる局面が数多くあることを指摘し、ZARK 端末を用いて実装し有効性を示した。

現時点では、API の未整備のためにアプリケーションの実装が暫定的なレベルに留まっていたり、本格的に利用するためには実装をし直さなければならない部分がある。しかし、ポケットに入るサイズの電子機器ひとつで日常のシステム管理業務を支援できることが管理者にとって便利であることはたしかなので、引き続き完成度を高め、本格的に実戦投入するために実装作業を続ける。

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」計画型研究プログラム「高度情報社会の解明と解決」の研究として行われた。

参考文献

- 1) 大野浩之, 猪俣敦夫: 平常時だけでなく大規模災害等の非常時にも活躍する「電子アーミーナイツ」(ε-ARK) の設計と実装, 情報処理学会 MBL/UBI 研究会, Vol.44 (2008)。
- 2) 大野浩之, 三輪信介 他: 高度情報通信危機管理研究施設の構築 (第 1 報) KVM スイッチを核としたオペレーション室の設計と実装, 情報処理学会 DSM 研究会 (2003)