

国家プロジェクト提案部門 プロポーザル

1. プロジェクト申請予定のテーマ

「環境情報ネットワークリンクと環境情報空間の構築」

キーワード：環境情報、ネットワークリンク、自立通信端末、情報空間

要旨

情報家電やユビキタスで展開を見せるネットワークエッジの広がりを、自立環境情報端末の実現により飛躍的に加速し、情報家電機器のサービス拡大を支える。家庭内展開から、オフィス・工場、更には自然環境へとエッジの拡大を図り、多様な情報の広域流通と組織横断的な利用を進め、端末仕様の共通化とネットワークインターフェースの普及を推進する。人工・自然環境情報のネットワークへの大量流入と利用ビジネスの展開により、21世紀の情報化社会を支えるポストIPネットワークの自己形成と構造変革の端緒を拓く。

2. プロポーザル概要

(1) 背景

パーソナルコンピュータ(PC)や携帯電話、あるいは、それを操作し情報の発信と受信を行う人間は、従来の通信ネットワークの構成要素であり、ネットワークの一端末としての位置付けであった。ネットワークが家庭やコミュニティ更には自然環境へと浸透し、ネットワーク“先端”に組み込まれたセンサや各種端末が自立的に情報を発信する時代になると、従来は、自然環境や人工環境が“発信”してもそのまま見捨てられていた、いわば、「環境情報」ともいふべき多様な情報がネットワークにつなぎこまれ利用されることになる。ネットワークのコントローラである携帯機器が環境情報を受信しネットワークを通して各種端末を操作する司令塔の役割を担うことになる。個人が携帯

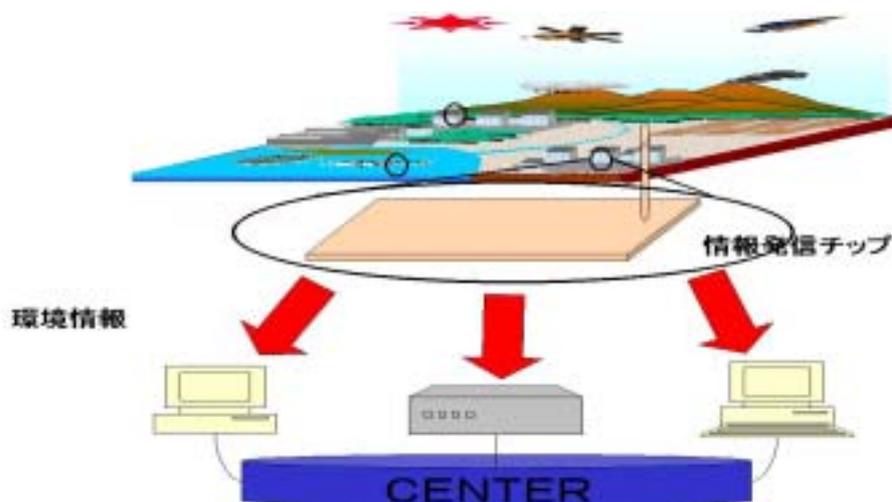


Fig.1 環境情報ネットワーク図

するネットワークコントローラと、自然環境や人工環境に埋め込まれネットワーク化された不特定多数の自立端末で構成される二極構造をもった、いわば、「環境情報ネットワーク」(Fig.1)とも呼ぶべきシステムが必要となる(1)。

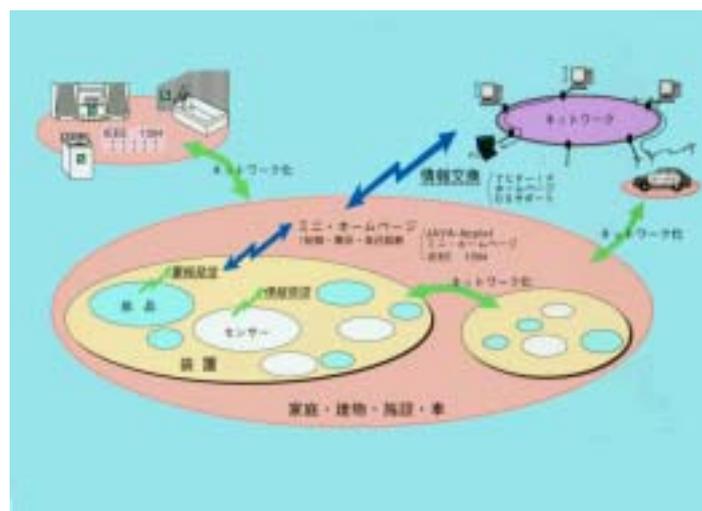
(2) 概要

通信ネットワークのエッジは、従来、通信端末やルータからコンピュータといった通信専用端末で占められ、情報の収集と発信のツールとして位置付けられてきた。情報家電やユビキタスの概念に代表される流れは、ネットワーク端末の拘束を超えて、ユビキタス端末をネットワークの司令塔に、情報検索・発信から各種センサの利用、端末の遠隔制御へとネットワーク空間を広げようとしている。

人が携帯するユビキタス端末も家庭内に配置される情報家電端末も、いずれも人間の管理化におかれるため運用上さしたる障害は見当たらない。しかし、ネットワーク空間が生活空間に存在する各種の物品、たとえば、書籍や薬品さらには衣類や食材へと広がり、これらの物品情報のネットワーク空間への取り込みが始まると、従来の端末技術や情報家電の範疇の技術では扱えない。

自然環境であれば、水田の温度センサやがけ崩れ検知器であり、家庭環境では窓の開閉状態センサや警報器など、発信機が埋め込まれた自立端末となる。システム構築のためには、シンプルで高信頼なネットワークが求められ、端末も個別配線や電源供給の心配無しに自然環境に多数かつ容易に設置可能なものが求められる。自立環境情報発信端末としては、自家発電機構とパワーマネジメント機能を備え、無線の利用により個別の配線を必要とせず、安価で信頼性の高いものが求められる。この目的にはインターネットやイーサネットで使われるアドレス形式やプロトコルは重すぎることになり、無線の変復調方式もパワーマネジメントに適したシンプルで効率的なものが求められる。

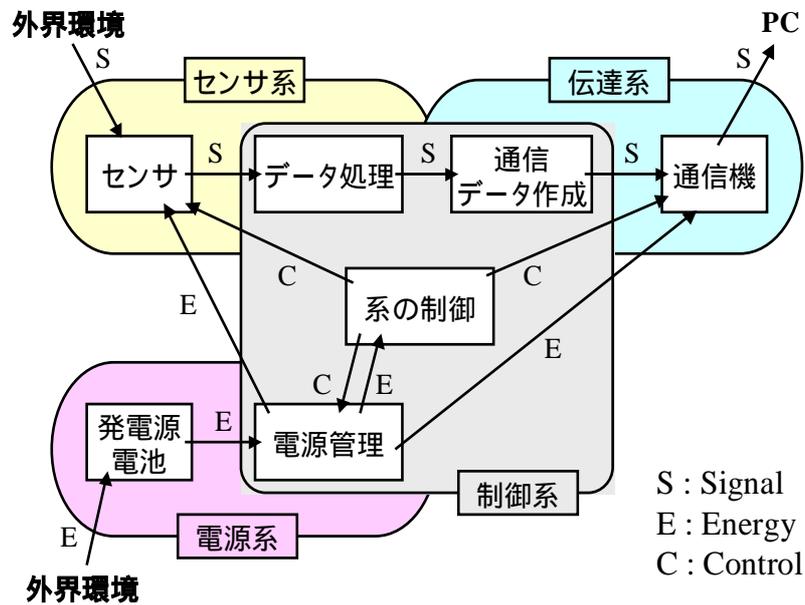
本研究において環境情報をネットワークにリンクしネットワークエッジを人工環境から自然環境へと浸透させる自立環境情報発信端末の実現、環境情報を有用な形で提示するための環境情報空間の構築、アクチュエータからロボットにいたる環境への操作や働きかけのための機器制御への環境情報空間の利用を重点課題にして、環境情報ネットワークリンクと環境情報空間の構築を目指す。



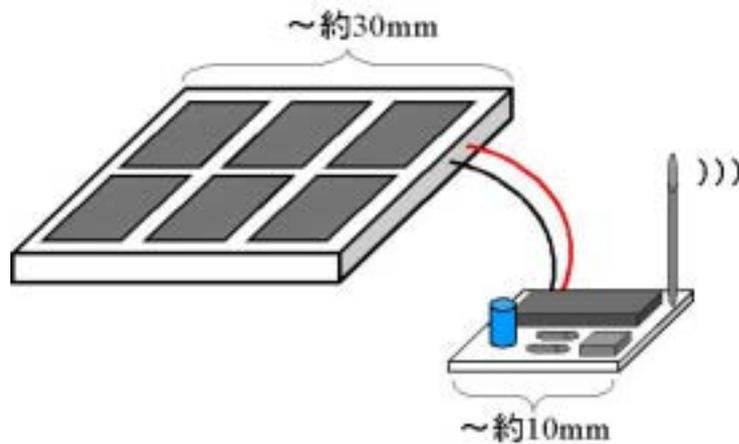
(3) 具体的なアプローチ

(a) 第一段階として、家庭環境へネットワーク“先端”を浸透させるためには、そこで使われる自立端末は容易に設置可能で、ネットワーク化できること、小型で信頼性が高いことなどが求められる。たとえば、窓の開閉状態センサでは、既存の窓に小さな端末を取り付けるだけで、信号の配線も電源の配線もなしに窓の開閉状態の情報がネットワークに発信されることが求められる。自立端末は電源系、センサ系、伝達系、制御系から構成され、無保守で10 - 20年動作することが期待される。

電源系として太陽電池と2次電池を用いた構成が有望であるが、室内利用では直射日光を利用できず、屋内の照明も夜間数時間にわたって期待できない中で、センサ系と送信系を含めた装置全体のパワーマネジメントにより、必要な情報を必要なときに発信できる性能の実現可能性の検証を行う。室内温度のように常時発生する情報もあり、窓



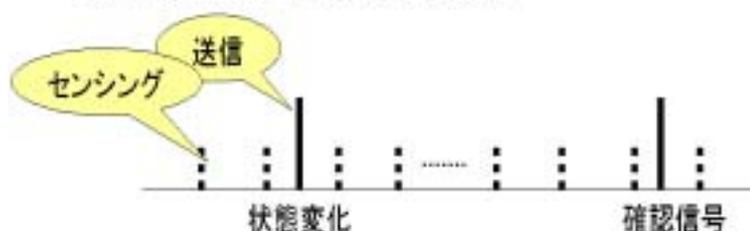
の開閉センサのように状態変化時に間欠発生する情報もある。発生した情報は直ぐにネットワークへ発信の必要なものから、一時蓄積後送信間隔に合わせて発信すれば良いものまで多様な形態がある。利用者にとって必要な情報を取得し、必要なタイミングでネ



ネットワークに発信することが、パワーマネジメントの観点からも重要になる。
 (b) 環境から発生する情報に対して自立端末がネットワークに発信できる情報レートは、電力供給部からの時間あたり平均エネルギー供給量と通信部のビットあたりの消費電力で決定される。温度測定や窓の状態センサあるいは火災/過熱警報機などの応用例ごとにセンシングに必要な動作周期が異なる。センサの動作周期とは独立に、送信部の動作周期や動作頻度も応用例ごとに異なる。たとえば、窓の開閉センサでは、ある周期でセンシングした結果、状態変化が無ければ送信の必要は無い。逆に、長時間状態変化無しが続けば、センサと送信装置の動作確認信号を発信する必要がある。二段階のスリープ機能により自立環境情報端末の実現を狙う。

・状態センサ型(窓センサ)

状態が変化したとき情報を送信,
 また確認のために1分毎に状態の送信



(c) これまでに作成したプロトタイプをベースに自立環境情報端末に要求される機能を仕様化し、チップ化の可能性を探る。温度、近接感知、照度等の基本センサを内蔵し、通常の住環境下でエネルギー補給無しに半永久的な使用を前提に送信部は微弱電波により、近隣のパソコンに直接通信リンクを張ることが出来るものとする。プロトコルは独自のシンプルな形式とし、端末のIDとセンサ情報をフレームの中に配列する。



(d) 自立環境情報端末のネットワークへの接続、環境情報収集実験を進め、ネットワークエッジの人工環境・自然環境への拡大・浸透における本端末の有効性・フィージビリティの検証を進める。加えて、特定の目的をもたずにネットワークに発信され収集される環境情報の表現形式として環境情報空間の構築を目指す。目的に応じたキーワード検索が有効とはいえない環境情報のデータベース化とこれを支える環境情報ネットワークの備えるべき機能の洗い出し、その実現技術の開発が長期的課題となる。

(4) システム構成の具体例

(I) 短期目標

(a) 家庭内展開：本試作端末は照度や温度のセンサ、近接センサなどを内蔵しており、センサ追加用の端子も備えている。窓やドア、居間のソファやテーブルなど好みの場所に設置することができる。窓の開閉、照明のオンオフ、室内各所の温度の管理など多岐にわたるセンシング項目のネットワーク化を自由に設定できる。

窓の開閉情報を集約するアプリケーションプログラム(A P)を親機やパソコンに装備することで防犯システムが構築できる。照明やガス等のオンオフ管理を加えれば「お出かけ安心システム」に早代わりする。外出前に走り回らずとも、玄関先から携帯電話でコールすれば気になるチェック項目の確認が終わる。外出後の消し忘れ不安の解消にも役立つ。

複数の温度情報を空調システムに連携させて、室内の温度分布を管理することも容易になる。胸につけた温度センサの利用で、利用者の周囲を適温に保ち、音響センサを加えて、TVやステレオ装置のレベルとバランスを利用者の位置や向きにあわせて調節するなどのきめ細かい制御が可能となる。植木鉢の湿度や水槽の温度等趣味の計測も自由にシステム化できる。

本端末の家庭内利用では火災警報から趣味の測定にいたる多様な応用が可能である。パソコンや導入の見込まれる情報家電機器との連携により、更に多面的な応用の展開が見込まれる。今後、本端末の性能向上に加えて、種々のアプリケーションに対応可能なソフトウェアの充実、IPネットワークや情報家電機器との標準インターフェースの設定などが必要となる。



7.5bit/s

情報量合計・・・4.1bit/s

(b) **オフィス・工場内展開**：生産現場では、アSEMBルラインの変更に伴いセンシングや警報ネットワークの再構築が必要となる。本端末によるネットワーク化では、通信線、電源線の再配置が不要となる。随時必要な個所に添付することで、機械の過熱や異常振動などの警報・監視ネットワークが容易に実現できる。

オフィスや生産現場への応用は、端末数が膨大になり管理するアプリケーションソフトも規模の大きなものとなるが、家庭内応用と比較してコスト面では大幅に要求レベルが緩和される。安全に関わる項目では複数端末の配置など信頼性確保の為の方式的バックアップも重要となる。

(II) 中・長期目標

(a) **オフィス・工場内展開**：生産ラインに装備される各種センシング端末がネットワーク化されるに連れて、当然のこととして、情報の部内利用、部外利用が始まる。部内では従来からの安全管理や生産管理に加えて、温度や湿度、明るさ、騒音や振動などきめ細かな環境制御が可能となる。一方、情報の外部利用は当初厳しい制限を受けることが予想される。しかし、生産物の製品名とロット番号を標識として、原料や製造日付などの情報をネットワークに発信できれば、部品・製品のDNA情報として蓄積利用できる。オープン化が進んで作業環境や生産設備の稼動状況などの情報も発信されれば、組織横断的な管理情報の集約が可能となる。

多項目にわたる一見すると重要でもなく秘密でもない多様な情報がネットワークに発信され、学術的、商業的、工業的側面からの多様な情報利用が進むことになる。例えば、工場に納入された機械のキーデバイスの温度を、製造会社が常時ネットワークを通して監視できれば、計画的な遠隔保守につながる。自動車ではPHSやエンジンに内蔵されたメモリーを通してこの種の情報の定期取得が既に試行されている。工場内機器から始まり家庭内の細かな備品の定期情報取得と管理が、ワンチップ化された本端末の応用で実現していく。

(b) **公共の場から自然環境へ**：家庭内や生産現場への展開を通じて量産効果によるコストの削減と性能の向上が進むと、駅や広場などの公共の場の各種環境情報を低廉にネットワーク化することが可能になる。路面温度やバス停留所の環境、交差点や横断歩道の状態監視など、商業的な目的から趣味の調査にいたるまでの多くの情報収集と利用が進むことになる。自然環境では学術的な調査から登山や釣り等の趣味の活動に関わる各種の情報収集と利用が展開し、その規模と多様さは、現時点で予想するにはあまりに拡大すぎる。

(III) 目標実現のシナリオ

本プロポーザルでは、情報発信のキーデバイスとなる自立環境情報端末の実現により、比較的展開の容易な家庭内やオフィス・工場内への適用を最初の目標に掲げている。しかし、情報が家庭内やオフィス・工場内に留まらずネットワークを通じて広域展開した時、ネットワーク独自の効用が真価を発揮することになる。一方で、情報流通面での組織横断的な広域展開と、他方、ネットワークエッジのフロンティアである自立環境情報端末の人工・自然環境への深く広い拡がりを進める地域展開とが車の両輪となり、情報の量と多様性を飛躍的に増大させ、その広域流通がビジネス展開を加速することになる。家庭内や工場・オフィスという使用環境から人工・自然環境への中長期的な展開には、量産技術と幅広い利用に支えられた低価格化や端末からネットワークにいたる機器の仕様とインターフェースの標準化を欠かすことが出来ない。

本プロポーザルの実現により、当面の具体的な応用である家庭やオフィス・工場での利用と普及を進める。加えて、仕様とインターフェースの標準化を進め、広域ネットワークを通じた組織横断的な情報の利用拡大とネットワークエッジの拡がりによる情報の量と多様性の飛躍的な拡大の基盤とする。

(5) 情報化社会へ向けた更なる展開課題

応用例から容易に推察されるように、本計画の展開には、端末の機能向上から、通信プロトコル、情報家電機器やネットワークとのインタ - フェース、アプリケーションプログラムの充実など多くの課題がある。

中・長期目標に掲げた本格的な広域ネットワーク利用への展開を進めるには、家庭内の個々の情報や企業内の個々の情報を公開して、学術的、商業的、工業的利用に役立てる社会的コンセンサスが必要となる。廃棄物規制や部品の再利用に関わる部品・装置のDNA情報の共有・公開など、具体的で差し迫った議論を通じてコンセンサスの落としどころを探っていく必要がある。

ネットワークの機能的な面に絞っても、発信されたアドレス未確定情報のデータベース化、数年あるいは数十年経た後に検索される類の情報の管理・蓄積など多くの課題がある。商業目的から趣味の情報までが行き交うネットワークの中では目的別に情報を整理することなど思いもよらない。一見無目的に飛び交う多様な情報を管理・蓄積する手法は従来のデータベース管理手法とは大きく異なる可能性がある。多様で目的別の整理が難しい情報、多彩で時代により価値の序列も大きく変化する情報の管理・蓄積にはその情報を発生する人工環境や自然環境の内的構造に整合した情報構造の見取り図を必要とする。毎年の気候情報が木の年輪に埋め込まれ、1000年前の空気中の炭酸ガス濃度が南極の氷柱に埋め込まれる自然の精緻な情報構造に比較すると、情報化を標榜する現代社会の情報構造の脆弱さには目を覆わざるを得ない。

電話網からIP網へと革命的な変化を経験したネットワークは、無秩序への道を進んだように見える。今後、人工環境や自然環境からの情報大量流入により、ネットワークそれ自身が社会構造や自然環境と調和の取れた構造へと自己形成し成長していくことが期待される。そのための第一歩は、ネットワークエッジの人工環境から自然環境への拡がりの推進と、多様な情報流通とビジネス応用を通してネットワークの変革を推進することであり、本プロポーザルはこの端緒を拓こうとするものである。

(6) 期待される成果と意義

ネットワークエッジの家庭や街頭、更に進んで自然環境への拡大・浸透は、ネットワークの利便性を著しく向上させるとともに、情報化社会の基盤として欠くことが出来ない。情報家電やユビキタス端末の利用による展開が進んでいるが、エネルギー供給やコストを考えると、ポスト情報家電のセンサやアクチュエータのネットワーク化には多くの困難が付きまとう。

本研究では、エネルギー自給型の高信頼自立環境情報端末実現技術の確立により、ネットワークエッジの人工・自然環境への拡大・浸透を革新的に進めると同時に、多数のセンサやアクチュエータの発信する多様で膨大な数の情報を提示し活用するための環境情報空間の提案・構築により、雑多で無目的な形のまま発信される環境情報のデータベース化と従来のキーワード法に代わる新しい検索機能の開拓に道を開くことを狙っている。

これらの技術は単独のコンピュータ上で実現されるものではなく、新しいネットワーク機能、例えば、長期遅延配信や膨大な容量を持つネットワーク内メモリー等の開拓と実現をベースに次世代ネットワークコンピュータへの発展への端緒を拓くものともいえる。

3. 申請予定先

TAO等の産学協同プロジェクト

4 . 準備調査の計画

研究調査、技術討論、提案書の作成を進める。研究調査は、OFC, ECOC, ICC等通信ネットワーク関連の国際会議、また、各種センサ、アクチュエータに関する発表会へに参加して行う。検討会は、NTT, NEC, 富士通等通信関連の企業、および、日本を代表する家電メーカー、また、微細な携帯機器に特殊な技術を保持するシチズン等機器メーカーの参加を得て、開発ベースで進め、広い応用範囲と多様なサービスを想定した提案書の策定を目指す。

5 . メンバー

小林郁太郎	東京大学工学系研究科
新井民夫	東京大学工学系研究科
佐々木健	東京大学新領域創成科学研究科
湯浅秀男	東京大学工学系研究科
太田 順	東京大学工学系研究科
下平理輔	NECネットワークソリューション
佐藤泰雄	富士通パーソナルシステム事業部
八宗岡正	シチズン技術研究所