

ウェアラブルネットワーク環境での Uplink サービスフレームワーク

高久 宗史 * 井上 亮文 * 柴 貞行 *
加藤 淳也 † 重野 寛 * 岡田 謙一 *

e-mail: takaku@mos.ics.keio.ac.jp

近年計算機の小型化・軽量化が進み、ウェアラブルデバイスと呼ばれる身に着けることのできる機器も登場している。加えてネットワーク技術の発展に伴い、あらゆるものがネットワークノード化するユビキタス環境が整いつつある。ウェアラブルデバイスとユビキタス環境を融合したネットワークであるウェアラブルネットワークにおいて、従来情報の流れはサービスを提供するサーバからユーザへという Downlink が主流であった。しかし我々は刻々と変化する外界から得られる情報量を考慮し、機器を身に着けながら移動するウェアラブルコンピューティングからの情報発信の有用性に着目した。いわばウェアラブルデバイスを身に着けるユーザは人間サーバとして Uplink サービスを提供するようになる。本稿では、このように個人の情報発信を可能とするアーキテクチャの構想を提案する。

Uplink Service Framework Based on Wearable Computing Network Environment

Hirofumi Takaku *, Akifumi Inoue *, Sadayuki Shiba *,
Junya Kato †, Hiroshi Shigeno *, and Ken-ichi Okada *

Recent technology which makes devices smaller and lighter introduces “Wearable Device” and ubiquitous environment is getting ready practically. In wearable network which is combined by wearable devices and ubiquitous environment, the main information stream direction has been downlink. We assume it is a very efficient way that broadcast information from wearable computers because it keeps getting information all the time. This paper proposes the concept of uplink service framework based on wearable computing network.

1 はじめに

近年、計算機の小型化・軽量化が進んだためその可搬性が向上し、PDA や i-mode[1] といった携帯型端末が普及している。そのため、このような携帯型端末をユーザが装着して利用するウェアラブルコンピューティング (以下 WC) に関する研究が様々な大学、研究所で行われている [2]。

WC は Rhodes らによって、

1. 作業中に持ち運びできる
2. 手を使わずに操作できる
3. 常に電源がオンである
4. カメラや GPS といった環境を認識するセンサを備える
5. 必要なときにコンピュータの側からユーザの注意を喚起できる

という定義が行われている [3]。

* 慶應義塾大学 理工学研究科 開放環境科学専攻
School for Open and Environmental Systems,
Graduate School of Science and Technology,
Keio Univ.

† 慶應義塾大学 理工学部
Keio Univ. Faculty of Science and Technology

WC は、従来のモバイルコンピューティング環境と同一視されやすい。しかし、WC は機器を身に着けながらサービスを享受することを目的としているのに対し、モバイルコンピューティングは従来デスクトップで行ってきた作業を持ち運び可能にすることにフォーカスしており、メタファの異なるものである。モバイルコンピューティングが“移動しながら”の情報の処理を目指しているのに対し、WC は手を使わずに操作が可能ということからもわかるように、まさに“着ながら”サービスを受けることに主眼を置いている。

その一方で、ネットワーク技術の発達により従来はネットワークにつながっていなかった電化製品や周辺機器など、あらゆるモノがネットワークノード化されつつある。あらゆる場所にコンピュータが偏在し、それぞれがネットワーク化されている環境はユビキタスコンピューティングと呼ばれている。複数人で一台を使用する“メインフレーム”、一人で一台を使用する“パーソナルコンピュータ”に続く、一人が複数のコンピュータを使う第3世代のコンピューティングを表す言葉であり、Weiser[4] が最初に提唱した。

ユーザが機器を身につけながらコンピューティングを行う WC と、身につけるのではなく身の回りにある機器すべてをネットワークノード化して近辺にある目的にあったサービスを適宜利用するユビキタスコンピューティングは一見相反する概念に思えるが、状況によって両者を切り替えることにより更に高度なサービスを提供することが可能となるネットワーク、すなわちウェアラブルネットワークを実現することができる。

ユーザがネットワーク化された携帯型端末を常に装着するウェアラブルネットワーク環境では、元来その I/O デバイスやメモリなどの物理的制限を補完するために、外部のリッチデバイスの補助を受ける仕組みが多く研究されてきた [5][6]。それらは、WC の“個人専用端末”という側面を積極的に利用し、個人に専用化されたサービスの提供、すなわち One to One サービスの提供を目指している。WC の特徴であるセンサ系機器 (例: GPS, マイク) はサービス提供側のアウェアネスの向上に主に用いられ、蓄積済みの知見である外部の DB を積極的に利用して WC の利点を引き出そうと試みている。概念的には、情報は基本的にデータベースサーバ等の外部サーバから WC デバイスへという流れが主流である。

WC の利便性を高めようとするそれらの研究は非常に重要なものである一方で、WC デバイスが情報の発信源となることで得られる利点も大きい。すなわち常にセンシングしながら移動する環境の WC において、

外界を移動しながら得る情報量は非常に膨大なものであり、重要度の高いものを含んでいる可能性が高い。従来の“サーバから WC デバイスへ”というメタファではこうした WC デバイスから得られる情報が有効活用されているとは言い難い。我々はこの点に着目し、本研究では従来捨てられることの多かった WC から“生み出される”情報を積極的に活用することに主眼を置く。そして、ユビキタス環境を想定し WC ユーザをコンテンツの受信者からコンテンツの生成者へ、すなわちサービスを受ける側からサービスを発信する側へ方向付ける。そこで従来の情報発信アーキテクチャである World Wide Web のメタファを WC デバイスのネットワークに適用した。それにより、ウェアラブルネットワークにおいて WC デバイス情報を包括的に扱い、従来の“サーバからデバイスへ”という流れの逆方向の流れを強調する Uplink サービスの提供を可能とする情報発信アーキテクチャの構想を提案する。

以下、本稿の構成を示す。第2章で従来の情報発信形式である WWW アーキテクチャを整理する。第3章で本稿で提案する WearableWWW アーキテクチャの構想について述べるとともに、従来の WWW アーキテクチャと比較を行う。第4章で関連研究について述べ、最後に5章でまとめと今後の展望について述べる。

2 World Wide Web : WWW

ウェアラブルネットワークにおける、情報発信アーキテクチャを実現するにあたり、従来の情報発信アーキテクチャとして世界中で利用されている World Wide Web(以下 WWW) の仕組みを考察することは重要なことである。WWW はネットワーク化された情報システムであり、そのアーキテクチャとは、共有されている情報空間を意味のあるものにするためにシステム中のエージェントが守らなければならない原則の集まりであるといえる [7]。Web アーキテクチャのキーワードは共有であり、それを構成する技術的な重要要素はアイデンティフィケーション、プロトコル、データフォーマットである。この章ではそれぞれを整理し、従来の情報発信方式を考察する。

2.1 Web アーキテクチャ

2.1.1 プロトコル

Web アーキテクチャでは Web サーバとクライアントの通信に HTTP が主に用いられている。HTTP は

HTTP クライアントからのリクエストと、HTTP サーバからのレスポンスというメッセージの送受信により成立している。エージェント同士のやり取りに使われるので HTTP は Web アーキテクチャを支える最も重要な技術の一つとなっている。

2.1.2 アイデンティフィケーション

Web には膨大なリソースが存在する。それらのリソースはそれぞれが明確に識別されなければならないことは明白である。Web アーキテクチャでは各々のリソースを識別するために、URI[8] のサブセットである URL が用いられている。識別子によって、各リソースは参照され、アクセス可能となり、共有することができるようになっている。複数の異なる URI が同じリソースを示す場合もあるが、その目的上ひとつの URI が複数のリソースを示すことはない。HTTP スキームではリソースは

```
http_URL = "http:" "//" host [ ":" port ] [
abs_path [ "?" query]]
と表現される。
```

2.1.3 データフォーマット

データフォーマットとは、リソースをエージェント間でやり取りする際のデータの仕様である。Web アーキテクチャでは、HTML がドキュメントの記述言語として主に利用されている。HTML の特徴はリンクによって他のリソースと関連付けられ、タグによって文章の要素を示す点である。

2.2 従来の情報発信フレームワーク： WWW

WWW は前節で述べたとおり、共有リソースを利用するためのネットワーク化された情報システムであり、クライアントはサーバにある共有リソースへアクセスすることを目的とする。図 1 は、WWW フレームワークの概要図を示している。クライアントはサーバに対しリクエストを出し、サーバはレスポンスを返す。その際に返されるリソース (HTML コンテンツ) はハイパーリンクにより、他のリソースと関連付けられている場合がある。

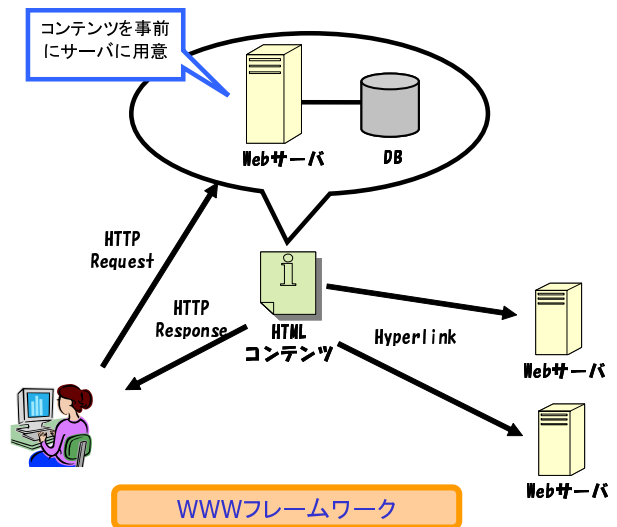


図 1: www フレームワークの概要図

2.3 従来の Web サーバ

Web サーバは、クライアントからの HTTP リクエストに対し HTTP レスポンスを返すサービスを提供する。すなわち、HTTP リクエストを受信・解析し、それに見合うデータをクライアントにレスポンスとして送り返す。この際、原則的に Web サーバは他の Web サーバと通信することはなく、かつ Web サーバに置かれている情報は事前に準備された静的な情報である。最近では CGI などサーバサイドプログラムの技術の発展により、リクエストに対するレスポンスを行う際にサーバ側でプログラム処理をしてからレスポンスを返す場合や、他のデータベースサーバから情報を取得するといった具合に動的にレスポンスを変化させることが可能であるが、基本的には静的な情報を返すことに主眼をおいて発展した仕組みである。

3 WearableWWW

WC は前述したように、WC デバイスを身に着けた人・物とともに常に移動する環境である。従来 WC では WC デバイスを身に着けている人に対してサービスを提供するという、WC デバイスを身に着けているユーザから見れば Downlink の情報の流れが主流であった。しかし常に移動している環境であるがゆえに、WC デバイスを身に着けているユーザが得ている情報は動的に変化しており、その情報量は多い。そこでウェアラブル情報を発信する人間サーバとして、各ユーザが情報発

信できる情報システムの構想，WearableWWW(以下W4)を提案する．すなわち，WC デバイスはコンテンツの受信端末から，コンテンツの生成端末も担い，サービスを受ける側から，発信する側へと変化するのである．情報の流れは従来はあまり使われなかった Uplink となる．

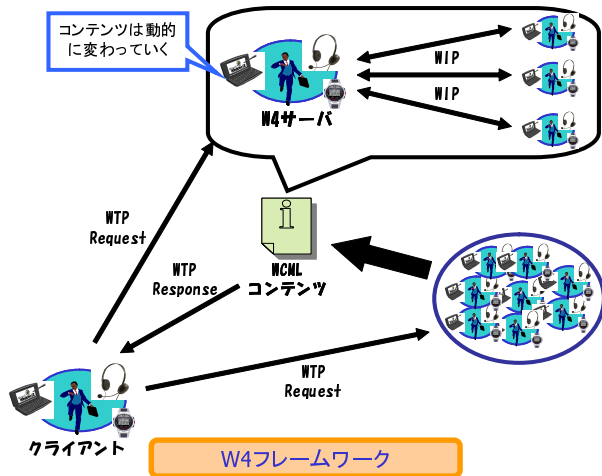


図 2: w4 フレームワークの概要図

3.1 ウェアラブル情報

ウェアラブル情報発信アーキテクチャである W4 を実現するには，まずウェアラブル情報を定義する必要がある．我々は，プロトタイプとして W4 で扱うウェアラブル情報を次のように定義した．

1. A/V (映像・音声データ)
2. 位置情報
3. 生体情報 (心拍数など)
4. 個人プロフィール情報 (文字情報)

これらの情報を，統一されたフレームワークで発信を可能とするためのアーキテクチャの実現を目指す．

3.2 W4 アーキテクチャ

W4 とは，WC デバイスを身に着けている人々が相互に動的に連携しながら情報発信できるネットワーク化された情報システムである．ウェアラブル情報発信プラットフォームとして，アクセスされたサーバ (個人)

人) が，動的に他のサーバと連携を行う．例えば，アクセスされたサーバは地理的に近い周りのサーバと連携してその情報を返す，アクセス先のサーバ (個人) が参加中の会議にウェアラブル機器を通じて参加する等である．この節では，W4 アーキテクチャを支える技術を考察する．

3.2.1 アイデンティフィケーション

従来のリソースを識別するための識別子は，個々のリソースを識別するためのものであり識別子を見ただけではそのリソースがなんであるかを判断することはできない．例えば，<http://www.example.com/example> という URL は，ある地区の天気予報を参照しているのか，ある学校の情報を参照しているのかといったことはわからない．URL からどんなリソースが参照されているかを予想できる場合も多いが，それは我々の社会的常識に依存しているものであり，URL の表す文字列に依存しているわけではない．しかし我々の提案する W4 アーキテクチャのウェアラブルネットワークにおいては，WC デバイスの情報発信を基調としているためリソースの内容を判別可能な識別子を作成したほうが利便性が高い．例としては次節で説明する WIP を用いて，

`wip://w4.okada.name//view`

とすればアクセス先ユーザの映像情報，

`wip://w4.okada.name//neighborhood`

とすればアクセス先ユーザの地理的近辺にいる他のサーバと連携しその情報を返すといった具合である．

それに加えて，現状では同時にアクセスするリソースは一つであるという原則に基づいた識別子となっている．しかし，W4 アーキテクチャでは複数のリソースへのアクセスといった状況が想定される．ある特定のサーバではなく上記の例で示したようなサーバの近辺にある複数のサーバにアクセスする場合や，`wip://keio//area` のように地理的なエリアにアクセスする場合はその例として挙げられる．この問題を解決するために，W4 アーキテクチャでは複数リソースへのアクセスを可能にするウェアラブル識別子も考慮する必要がある．

識別子には，時間の概念も取り入れる必要がある．`wip://w4.okada.name` は個人への現在アクセスと捉えることができる一方で，`wip://w4.okada.name:10-25-2002` はその個人の過去の日付へのアクセスといった具合である．これらの理由から，リソースを識別するにあたり URL とは異なる URI のサブセットを作成する必要がある．

3.2.2 Wearable Information Protocol: WIP

Web アーキテクチャはクライアントがサーバに対してリクエストを出し、サーバはそのレスポンスをクライアントに返している。しかし、W4 アーキテクチャにおいては、クライアントからのレスポンスに対してサーバは他の W4 サーバと連携をしてレスポンスを返さなければならない場合がある。現状の HTTP では、動的なエージェント間連携は考慮されていないため、リクエストされたサーバが動的に他のサーバと連携してレスポンスを返すプロトコルが必要であり、HTTP を拡張する必要がある。現段階では、我々は動的なサーバ間連携のために、Multi-Layered クラスタを生成する。このような形式を採用する理由は、例えば地理的情報に関して言えばすべてのサーバの位置情報を管理するような中央サーバなどの設置することは可能だが、中央集権型のアーキテクチャでは中央サーバへの依存度が高く動的なサーバ間連携を設計しにくいいため、分散型のアーキテクチャにする必要があるからである。

3.2.3 Wearable Contents Markup Language: WCML

エージェント間でウェアラブル情報をやりとりする際、ウェアラブル情報にあったデータフォーマットの仕様が必要である。識別子によりサーバが自動生成する部分もあるが、ユーザが自分の身に着けている WC デバイスのどの情報をどのように発信するのかを記述できなければならない。

3.3 W4 サーバ

W4 サーバは、ユーザのウェアラブル情報発信を可能にするために前節までで説明した識別子、プロトコル、データフォーマットを理解し、適切に処理する必要がある。我々はこれらの処理を行う W4 サーバの仕様策定を進めている。

4 関連研究

第 1 章でも述べたように、WC はモバイルコンピューティングの一種であるが、発想の異なる部分としてコンピュータが身体と密着していることを利用したユーザインターフェースという点が挙げられる。MIT Media Lab で開発された Meme tag と呼ばれるバッジ型のシステムは、Meme tag を身につけたもの同士が向かい

合うとバッジがお互いの相性を教えてくれるというシステムである。これは、バッジの持ち主の名前と、その人があらかじめ用意されたアンケートにどう答えたかを送信しあって、双方の類似性を計算するのである。バッジは、それまでにメッセージを交わした相手とその結果を覚えていて、Community mirror と呼ばれるディスプレイの前に立つと、蓄積したデータの中身を表示してくれる。ディスプレイには、他の人から受け取ったデータも集計して表示してくれるため、複数の人々の活動の様子が観察できる。WC デバイスの特性を生かしているシステムであるが、我々はユビキタス環境と WC の融合を目指しているため、WC デバイスをコミュニティ支援にとどまらずネットワークにつながるすべてのクライアントへ情報発信可能な端末にしようとしている。

WC デバイスや携帯端末等の小型機器から情報を発信するというアプローチは既にいくつか存在する。高齢化社会において生体情報を収集して異常状態が起きた場合において緊急の適切な処置サービスを提供することを目的とした研究 [9] が行われている。この研究では生体情報を取得し、それを利用することによって緊急時の救急サービスの提供を可能としている。生体情報というウェアラブル情報を発信する機構を提供しているが、生体情報に特化した情報発信であり、独自のフレームワークを利用している。そのため、機器への依存度が高く、扱える情報を増やす等の機能の拡張を行うことが容易ではない。本研究では、ウェアラブル情報を包括的に扱う仕組みを提供し、汎用的なアーキテクチャを利用可能とすることに主眼を置いている。そのためユーザが容易に、自分が提供したいウェアラブル情報を発信することができるようになる。

HyperDialog は、ユーザ間の対面的コミュニケーションを支援するシステムである。ウェアラブルコンピュータに実装されたエージェントは、ユーザの室内における位置と方向を認識して、個人化されたモバイルエージェントに伝達する。複数のモバイルエージェントは協調しながら、ユーザに相手とのコミュニケーションに必要となる可能性のある情報を交換し合う。このシステムでは、個人情報発信してコミュニケーションを支援するが、ウェアラブル情報全般というよりは対面コミュニケーションを支援する情報に特化して発信することを目的としている。本研究の個人が容易にウェアラブル情報を発信できるプラットフォームとは目指している方向性が異なる。

Wapplet フレームワーク [6] はウェアラブルコンピュータがサービスを利用するための新たなサービスフ

フレームワークであり、大きさや機能的制限などの物理的制限によって利用できる資源やサービスが少ない WC 環境の利便性を向上することに主眼を置いている。我々は、WC の利便性を高める高度なアプリケーションの実現ではなく、WC の情報発信という点に着目しアーキテクチャを構築することを目的としている。

5 おわりに

5.1 まとめ

本稿では、ウェアラブルネットワークでの Uplink サービスフレームワークについて述べた。従来の主流の WC 情報の流れは Downlink であるが、移動中の WC デバイスを見につけているユーザ自身が発信可能な情報量が多い点に着目したからである。そして WC デバイスを身に着けた人々が相互に動的に連携しながら情報発信が可能なネットワーク化された情報システム、W4 アーキテクチャの構想を提案した。ウェアラブル情報の Uplink に着目することは、ユビキタスコンピューティングとウェアラブルコンピューティングの可能性を広げる上でも重要であると考えている。

5.2 現状と今後の展望

W4 アーキテクチャの構想を支える技術は多岐にわたるため、これらを一度に実現しようとするのは困難であり、問題を個々の要素に細分化し、ひとつひとつ解決していくことが重要である。W4 アーキテクチャでは個人情報扱うため、セキュリティモデルやプライバシーポリシーは非常に重要なものとなってくる。しかし、それらはウェアラブル情報発信のアーキテクチャを実現するための技術的課題を克服した次の段階での議論であると捉えており、そのため現段階では情報のセキュリティおよびプライバシーは考慮していない。

我々は現在、解決すべき問題の優先順位を定めており、W4 アーキテクチャの識別子およびプロトコルに特に着目し、プロトタイプを実装中である。理由は W4 アーキテクチャの特徴である情報発信、サーバ連携を行うための基本要素となるからである。プロトタイプの実現にあたり、WIP、識別子を処理可能な W4 サーバの仕様策定、実装を行っている。その次の展望として、W4 アーキテクチャ全体のオープンな仕様策定を進めていくことが重要であると考えている。

参考文献

- [1] i-mode, <http://i-mode.nttdocomo.com/>.
- [2] MIT Wearable Computing Web Page. <http://wearables.www.media.mit.edu/projects/wearables/>.
- [3] B. J. Rhodes. "The Wearable Remembrance Agent: A System for Augmented Memory". *Proc. of ISWC'97*, pp. 123–128, 1997.
- [4] Mark Weiser and John Brown. "The Coming Age of Calm Technology". Technical report, Xerox PARC, 7 1996. <http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/acmfuture2endnote.htm>.
- [5] 岩本健嗣, 西尾信彦, 徳田英幸. "ウェアラブルネットワークにおける適応的なユーザ要求実行機構". *IPSJ Symposium Series*, Vol. 2000, No. 7, p. 625, 6 2000.
- [6] 永田智大, 村瀬正名, 西尾信彦, 徳田英幸. "Wapplet: ウェアラブルネットワークにおけるサービスフレームワーク". *IPSJ Symposium Series*, Vol. 2000, No. 7, p. 631, 6 2000.
- [7] Technical Architecture Group W3C. "Architectural Principles of the World Wide Web", 8 2002. <http://www.w3.org/TR/webarch/>.
- [8] T. Berners-Lee, R. Fielding, and L. Masinter. "RFC 2396: Uniform Resource Identifiers(URI): Generic Syntax". Technical report, IETF, 8 1998. <http://www.ietf.org/rfc/rfc2396.txt>.
- [9] 金田正哉, 浅野大作, 陳文西, 小林登史夫, 勅使河原可海. "生体情報収集システムにおける位置情報の取得方法の検討". *IPSJ Symposium Series*, Vol. 2000, No. 7, p. 757, 6 2000. DICOMO 2000.