

## uEyes: 見る側と見られる側の双方にやさしい リアルタイム見守り支援システムの提案

### uEyes: A Gentle Realtime Watch over System for TeleCare-Support

高橋 秀幸<sup>†</sup> 山中 一宏<sup>†</sup> 東海林 祥一<sup>†</sup> 北形 元<sup>†</sup> 菅沼 拓夫<sup>†</sup> 白鳥 則郎<sup>†</sup>  
Hideyuki Takahashi Kazuhiro Yamanaka Yoshikazu Tokairin Gen Kitagata  
Takuo Suganuma Norio Shiratori

#### 1. はじめに

近年、インターネットなどの広域ネットワークやカメラなどのデバイスを利用して、いつでもどこでも子供や高齢者の安全・安心な社会環境を目指した遠隔見守り支援に関する情報システムの研究が注目されている [1, 2]. これまでの多くの見守り支援システムは、見守る側と見守られる側のどちらか一方に重点が置かれることが多く、双方に重点を置いたシステムが強く期待されている。

そこで、我々は、見守る側と見守られる側の双方に重点を置いたシステムを提案する。具体的には、双方の状況・要求に応じて動画像配信を行うシステムとして、遠隔見守り支援システム“uEyes”を提案し実現する。このようなシステムを実現する上での課題は、2.2節で述べる以下の2点である。

**(P1) 双方に重点を置いた効果的な見守りサービスの構成**

**(P2) 双方の利用者要求の獲得とサービス構成への反映**

(P1), (P2)を解決するため、本稿では、双方のハードウェア、ソフトウェアおよびネットワークの各構成要素(エンティティ)に協調するための知識を組み込み、利用者要求と位置情報に基づき、これらのエンティティの自律的判断と効果的な協調により、双方の状況に合致したシステムをリアルタイムに構成する仕組みを導入する。

uEyesのプロトタイプシステムを実装し、在宅高齢者を遠隔から見守るシナリオに基づき実験を行った。その結果、心臓疾患を患っている高齢者を家族が遠隔から見守る場面においては、鮮明な映像で見たいという利用者要求に応じ、高精細なカメラと表示装置によって高齢者の顔色が鮮明に見えるシステムが自律的に構成された。また、腰痛を患っている高齢者の場合は、高齢者の体全体を見渡せるカメラを含むシステムが構成されるなど、双方に重点を置いた高度な遠隔見守り支援が実現できることを示している。

#### 2. 従来研究と課題

##### 2.1 従来研究

室内や街角に設置されたカメラからの動画像を遠隔のPCや携帯端末に配信するシステムは一般に普及しているが、それらを特定の人の見守り支援に応用する研究開発が近年盛んに行われている。例えば、センシング環境とマルチメディア通信を融合した研究例として、至る所にディスプレイやカメラなどの入出力デバイスが存在するユビキタス環境を想定し、ユーザの位置情報に基づきサービス提供を行うフレームワークに関する研究がある。具体的には、RFIDによるタグの位置情報に基づき、物

体に最も近いカメラからユーザが指定した端末に動画像を配信・表示する移動物体追跡システム [3] や、ネットワーク情報を基に、通信相手との間で実行可能な音声電話やビデオ電話などの通信アプリケーションをユーザに提示する試み [4] などがある。

また、サービス品質(QoS)に関するユーザ要求と提供サービスの状況に基づき、システム側の調整によってユーザ要求をできる限り満足するビデオ会議システムに関する研究 [5] がある。

一方、見守りの際のプライバシーに関する研究として、カメラによって撮影された顔などのプライバシー領域を画像処理することによってプライバシーを保護する試みがある [6].

##### 2.2 技術的課題

見守る側と見守られる側の双方に重点を置いたサービス提供を実現するためには、以下の2点が課題となっている。

**(P1) 双方に重点を置いた効果的な見守りサービスの構成**

機能・性能が異なったエンティティが多数混在し、計算資源やネットワーク資源が必ずしも十分でない環境において、双方に存在する各エンティティの状態を的確に監視し、本来のサービスに悪影響を与えないように配慮しつつ各エンティティ間で効果的に情報交換することで、望まれる品質にできる限り近いサービスを提供できるエンティティ構成を動的に決定する仕組みが必要である。

**(P2) 双方の利用者要求の獲得とサービス構成への反映**

位置情報のみに基づくサービス構成では、見守られ側の顔色や動きを重点的に見たいなど、見守り側の高度な要求を満たすことは困難である。また、見守られる側にとっては、誰によって見られているかなど、プライバシー上の不安が存在する。したがって、双方の利用者要求をシステムが獲得し、それらをサービスに的確に反映する機能が必要である。

#### 3. uEyes: 利用者にやさしい見守り支援システム

##### 3.1 uEyesの概要

図1に、見守り側と見守られ側の双方にやさしい見守り支援システム、uEyes(Ubiquitous communication Environment for Yasashiku Eyeing System)の概要を示す。uEyesは、カメラ群、送信用PC群、アクセスネットワーク群、送信用ソフトウェア群、位置センサから成る見守られ側環境、ディスプレイ群、受信用PC群、アクセスネットワーク群、受信用ソフトウェア群、位置センサから成る見守り側環境、および双方を接続する広域ネットワークから構成される。uEyesでは、見守る人、

<sup>†</sup>東北大学 電気通信研究所/情報科学研究科, Research Institute of Electrical Communication/Graduate School of Information Sciences, Tohoku University

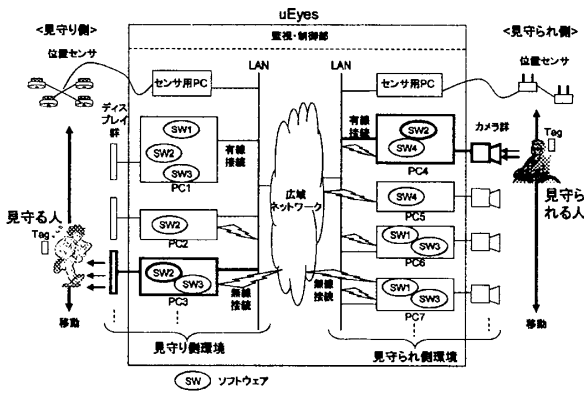


図 1: uEyes の概要

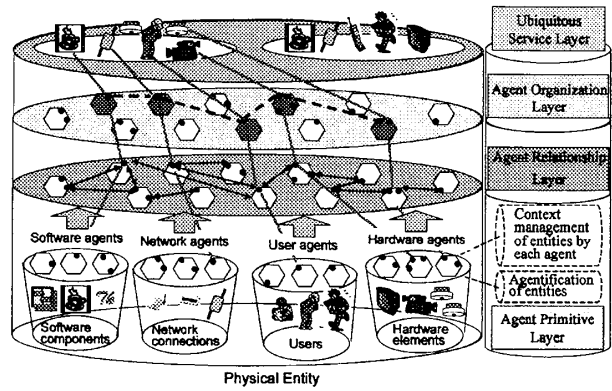


図 2: AMUSE のフレームワーク

見守られる人双方の位置情報, それぞれの「見守りに関する利用者要求」, および双方の環境内の各構成要素 (エンティティ) の静的仕様・動作状態に基づき, 監視・制御部が, 利用者要求をできるだけ満足する品質でのサービス提供が可能なエンティティ集合の導定, 各エンティティの動作パラメータの指定, 起動処理等を行う。

### 3.2 uEyes による技術的課題の解決

2.2 節で述べた技術的課題を, 以下の (S1), (S2) の基本方針によって解決する。

#### (S1) IAR に基づくエージェント間協調による見守りサービスの構成

我々が提案しているマルチエージェントフレームワーク AMUSE[7]に基づき, 個々のエンティティのエージェント化を行う。エージェント化とは, エンティティに対して知識を付加することでエージェントとして動作可能にすることである。刻々と変化するエンティティの状態をコンテキストとして扱い, 個々のエージェントに, コンテキスト管理機能, およびコンテキストに関する競合回避等を目的としたエージェント間協調機構を与え, エージェント間の関係 (IAR) に基づく見守りサービスの効果的な構成を行う。これによって, (P1) を解決する。

#### (S2) ユーザエージェントによる利用者要求獲得・調整機構

見守る側と見守られる側の見守りに関する利用者要求を, ユーザエージェントが単体, あるいは他のユーザエージェントとの連携によって獲得し, それをサービス品質要求へとマッピングすることで, (S1) のサービス構成時の品質要求として扱う。また, 双方の利用者要求とサービス品質の変化を監視することによって, 利用者要求に応じたサービスの維持や構成の変更を可能にする。さらに, 見守る側と見守られる側の利用者間の関係をユーザエージェントが導出し, 人間関係に応じたプライバシーのレベルを決定し, サービス品質要求として通知する機能を持つ。以上により, (P2) を解決する。

## 4. uEyes の設計

### 4.1 エージェント指向フレームワーク AMUSE

エンティティの状況 (コンテキスト) が動的に変化するユビキタス環境上で, QoS アウェアなサービス提供を実現するフレームワークとして, AMUSE を提案してい

る [7]。AMUSE は, 図 2 に示すように, サービスに関わるすべてのエンティティをエージェントレベルで抽象化し, エージェント単位でのコンテキスト管理, およびエージェント間の関係 (IAR) に基づく協調が効果的に行えることを特徴としたフレームワークである。uEyes では AMUSE に基づき, エージェントレベルでセンサデバイス, ハードウェア, ネットワーク等のコンテキスト情報を獲得し, コンテキスト情報を活用したエージェントの連携によってシステムを構成する。

### 4.2 IAR に基づく見守りサービス構成法

見守る人・見守られる人の位置や要求に基づき, 複数の表示装置, 複数のカメラの連携によってサービスを提供する際, エンティティの状況・利用者要求を的確に反映しつつ動的にサービスを構成することが必要である。こうしたコンテキストアウェアなアプリケーションの構成法としては, 利用者の携帯端末やホームサーバーなどが常に状況を把握する集中型と, 個々のエンティティがアドホックに連携する分散型の 2 種類のサービス構成法が考えられる。uEyes では, 構成要素の追加・削除やサービスのロバスト性, またアドホックにサービスの構成を行うことを考慮し, 分散型のサービス構成法によるアプローチを採用する。

AMUSE では, エージェント間の関係を IAR (Inter-Agent Relationship) として定義する。連携に関する過去の経験や依存関係, 同機能を保持して, 連携時に競合するものなどを考慮しながら, Contract Net Protocol[8] に基づくサービス構成を行う点が特徴である。CNP を利用することの利点は, 環境上に存在する任意のエンティティを発見し, その状況に適したサービスを即時的に構成できる点である。しかし, CNP を利用する場合, 無線ネットワークや小型端末などの不安定な環境上のエージェントがサービス構成に関する要求をブロードキャストによって通知し合う必要があり, 各エージェントの計算資源, ネットワーク資源の低下, メッセージの増大などによってシステム全体のパフォーマンスを大幅に低下させる可能性がある。そこで, uEyes では, 各エージェントが他のエージェントとの IAR を考慮することで, CNP で行われるブロードキャストの範囲をあらかじめ限定し, エージェント間で交換されるメッセージ数を大幅に軽減する。これにより, 双方の状況を考慮しつつ, リアルタイムにサービス構成が行える仕組みを実現して



図3: 双方の利用者要求と環境を考慮した uEyes の動作例

いる。IARに関する詳細は、文献[7]を参照されたい。

#### 4.3 人間関係に基づくプライバシー制御

uEyesでは、見守る側の利用者要求を獲得し、それを品質にマッピングすることによって、利用者要求に合致した品質要求とし、その品質を可能な限り満たすサービスを提供することが可能である。一方、見守られる側は、見守る側の利用者要求に応じて一方的に見守られることとなる。そこで、ユーザエージェントが人間関係を考慮することによって、一方的に見守られるのではなく、状況に応じて見守られるようにプライバシーの制御を行う。具体的には、ユーザエージェントが見守られる側の要求を獲得し、プライバシーのレベルを決定する。そのレベルを利用者要求として通知することにより、見守られる側のプライバシーの保護を行う。

#### 5. 実装

uEyesに基づき、在宅高齢者の見守りを想定したプロトタイプシステムを実装した。エージェントは、ルールベースのエージェントフレームワーク DASH[9]を用いた。利用者の位置情報を獲得するためのセンサシステムとして、超音波位置測定システム(ZPS)[10]およびアクティブ型RFIDシステム[11]を利用した。OSは、Vine LinuxとWindows XP、システムの実装言語にはJavaとC++を用いている。

通信方式は制御部分にTCPを、実際のメディア転送にはUDPをそれぞれ用いた。メディアの送受信にはJMF(Java Media Framework)とDVTSの2種類のソフトウェアを用いた。見守られる側では、市販のUSBカメラとDVカメラを利用した。一方、見守る側の表示装置として、市販のAV機器とPCディスプレイを利用した。AV機器では、DVコンバーターを介して、DVストリームをアナログのメディアストリームへ変換し、AV機器

上でサービスの提供を行っている。ネットワークは、有線LAN(100Mbps)・無線LAN(IEEE802.11b/11Mbps)が混在する環境を構築した。なお、見守る側は携帯端末として、128kbpsのPHS回線に接続したタブレットPCを携帯し移動する。

#### 6. 実験と評価

##### 6.1 シナリオに基づく在宅高齢者の見守り実験

図3にシステムの動作例を示す。見守る側の携帯端末はユーザエージェントが管理し、見守り要求として、(1)顔色重視、(2)動き重視、(3)プライバシー重視などの要求を選択するGUIを提供し利用者要求の獲得を行う。

見守る側の利用者要求から品質要求へのマッピングとして、(1)顔色重視の場合には、肌の様子などを重視するため、高画質の品質をサービスの構成の要求として通知する。(2)動き重視の場合には、腰の様子などの体全体の動きを重視するため、動画像の滑らかさを要求する。一方、(3)プライバシー重視の場合には、他人の目に触れずに見守りたいという表示方法に関する要求を行う。

まず、図3の(a)は見守る側がPHS回線で接続中の携帯端末を携帯しながら、大型液晶ディスプレイ(100Mbpsでネットワークに接続したPCに接続)とノートPC(IEEE802.11bで11Mbpsで接続)がサービス提供可能な範囲へ移動する様子を示している。見守り要求は顔色重視である。(a)では携帯端末のみサービスの提供が可能な状態であるため動画像を出力している。図3の(b)と(c)では、見守る人が着席し、携帯端末、大型液晶ディスプレイ、ノートPCが同時にサービスの提供可能な状態である。(b)では、顔色重視の要求のまま移動したため、最も高画質な動画像を出力するノートPCへと出力先が切り替わった。(c)では、移動中に動き重視に要求を変更したため、利用可能なネットワーク帯域とフレームレートを考慮し、大型液晶ディスプレイに切り替わっ

た。なお、見守られる側では、(a),(b),(c)のとき、USBカメラとDVカメラが配信可能であったが、DVTSの利用が可能を受信端末がないことを判断し、すべてJMFによる送信を行う結果となっている。

次に、図3の(d),(e),(f)の動作例を述べる。それぞれ100Mbpsでネットワークに接続中のPCに接続した液晶ディスプレイとプラズマテレビ、携帯端末がサービスの提供が可能な状態である。(d)では、プライバシー重視の要求であり、携帯端末から出力されている。(e)では、(d)から動き重視に変更した結果、最も適していると判断した液晶ディスプレイに切り替わった。(f)では、動き重視から顔色重視に要求を変更したため、液晶ディスプレイはプラズマテレビが適していると判断しサービスを停止し、プラズマテレビは最も要求に適していること、DVカメラが利用可能であることからDVTSによるサービスを提供した。なお、USBカメラやDVカメラのサービス範囲から見守られる側が離れると、サービスは停止する。

### 6.2 品質制御によるプライバシー保護機能

図4は、見守る側に出力されるJMFの動画像である。図4左に見守られる人がプライバシーを考慮しない場合、図4右にプライバシーを考慮した場合に配信される動画像の違いを示す。図4右は見守られる側の利用者要求獲得によってカメラエージェントが動画像品質を下げ、品質が劣化した動画像を配信している。品質を劣化させた場合、見守られる側の存在と動きのみが僅かに判断可能である。こうした品質制御との連動により、プライバシーの制御が可能である。

### 6.3 見守る側の切替時間に関する性能評価

本システムの性能評価を行うため、携帯端末の通信手段として、無線LANを利用した場合とPHS回線を利用した場合のサービスの切替えに要する時間を測定した。無線LANに接続した携帯端末に出力中の動画像が、有線LANに接続した他の端末に切替わるまでに要する時間は、2秒から3秒前後であった。多少のばらつきがあるものの、実用上問題のない範囲といえる。また、PHS回線を用いた携帯端末から切替えるまでに要する時間は、7秒以上要する場合があった。この原因は、PHS回線による動画像の受信により、エージェント間のメッセージの到着に遅延が生じているためである。しかし、PHS回線に接続した携帯端末以外の端末から他の端末への切替えに要する時間は、無線LANを利用した場合と同じである。これは、エージェントが双方の状況を考慮しつつ、IARによって効果的にメッセージ交換を行うことで、リアルタイムに自ら動作を決定している効果である。



図4: プライバシー制御がない場合(左)とある場合(右)の品質制御例

### 6.4 考察

双方の要求と状況に応じて動的にシステムを構築する点は見守り支援システムに貢献すると思われる。しかし、実験において、見守る人は、見守り側環境の室内の表示デバイスの有無や状況を完全に把握することができないため、見守る人はどの表示端末から動画像が出力されるのか予測できず、予期しない表示端末から出力される現象が発生した。

今後の拡張として、利用者に対し、サービスの提供が可能な端末を視覚的に提示する仕組みが必要であると思われる。

### 7. おわりに

本稿では、uEyesの提案とプロトタイプシステムの実装について述べた。実験の結果、利用者要求に応じ、顔色が鮮明に見えるシステム、体全体を見渡せるシステムなどを自律的・協調的に構成し、双方に重点を置いた高度な遠隔見守り支援が実現できることを示した。

今後は、見守る側・見守られる側の人間関係に基づく動的なプライバシー制御、より効率的なコンテキスト情報の処理方法の改善や見守る側への表示デバイスの提示法の検討を進める予定である。

謝辞 本研究の一部は、科学研究費補助金(16300011)の援助を受けて実施した。

### 参考文献

- [1] Seungho Baek, Hyunjeong Lee, Shinyoung Lim, and Jaedoo Huh, "Managing mechanism for service compatibility and interaction issues in context-aware ubiquitous home," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, Vol. 51, No. 2, pp.524-528, 2005.
- [2] Elizabeth D. Mynatt, Anne-Sophie Melenhorst, Arthur D. Fisk, and Wendy A. Rogers, "Aware technologies for aging in place: understanding user needs and attitudes," *IEEE Pervasive Computing*, Vol 3, No.2, pp.36-41, 2004.
- [3] 武本 充治, 大石 哲矢, 岩田 哲弥, 山登 庸次, 田中 洋平, 徳元 誠一, 島本 憲夫, 黒川 章, 須永 宏, 小柳 恵一, "ユビキタスコンピューティング環境に適したサービス提供アーキテクチャにおけるサービス合成方式とその実装," *情報処理学会論文誌*, vol. 46, No. 2, pp. 418-433, 2005.
- [4] M. Inoue, K. Mahmud, H. Murakami, M. Hasegawa, and H. Morikawa, "Context-Based Network and Application Management on Seamless Networking Platform," *Wireless Personal Communications*, Vol. 35, No. 1-2, pp. 53-70, Oct. 2005.
- [5] T. Suganuma, S. Imai, T. Kinoshita, K. Sugawara, and N. Shiratori, "A Flexible Videoconference System based on Multiagent Framework," *IEEE Trans on Systems, Man, and Cybernetics part A*, Vol. 33, No.5, pp.633-641, 2003.
- [6] I. Kitahara, K. Kogure, and N. Hagita, "Stealth Vision for Protecting Privacy," *Proc. of 17th International Conference on Pattern Recognition*, Vol. 4, pp.404-407, 2004.
- [7] T. Suganuma, H. Takahashi, Y. Tokairin, T. Suganuma, and N. Shiratori, "AMUSE: An Agent-based Middleware for QoS-aware Ubiquitous Services," *情報科学技術レターズ*, Vol. 4, pp.107-pp.110, 2005.
- [8] R. G. Smith, "The Contract net protocol: High-level communication and control in a distributed Problem solver," *IEEE Trans. Comput.*, vol. 29, no. 12, pp. 1104-1113, 1980.
- [9] S. Fujita, H. Hara, K. Sugawara, T. Kinoshita, and N. Shiratori, "Agent-based design model of adaptive distributed systems," *Applied Intelligence*, vol.9, pp.57-70, Jul/Aug. 1998.
- [10] "Zone Positioning System," <http://www.furukawakk.jp/products/>
- [11] "Local Positioning System (LPS)," <http://jp.fujitsu.com/group/fst/services/ubiquitous/rfid/index.html>