GAIFOT:

情報流を活用した地域分散型アンビエントインターフェース

中村 優吾 1,a) 松田 裕貴 1 荒川 周告 1 金平 卓也 1 安本 慶 $^{-1,b}$)

概要:今後訪れる IoT(Internet of Things) 時代に向けて,遍在する多数のデバイスから時々刻々と生成さ れる IoT データストリーム (情報流) をローカルでリアルタイムに組み合わせて活用するためのアーキテク チャや活用シナリオが求められている.また,環境に設置されたセンサが察知した空間の状況に応じて, アクチュエーションデバイスが自律的に協調し、人々に対してインタラクションするアンビエントインタ フェースという概念が注目を集めている、著者らは、情報流とアンビエントインタフェースの概念を融合 し、湧き出る情報流の処理および状況に応じたインタラクションをクラウドレスで実現するシステムとして GAIFoT (Geographically distributed Ambient interface utilizing local Information Flow of Things) & 提案する. GAIFoT では, 地点 (Point), 地区 (District), 地域 (City) の 3 段階でスケールする多層型アー キテクチャを採用し、従来は一次的な利用に留まっていた地域データストリームの高次利用を促進する仕 組みの実現を目指す.本稿では,GAIFoT の全体構想とアーキテクチャを示し,GAIFoT の実現に向けた 研究課題と展開方針について述べる.

1. はじめに

近年, IoT デバイスの普及, センシング技術の発展によ り、環境に分散された様々なデバイスから実世界の状況を 示す多種多様なセンサデータを収集できるようになりつ つある. これらのデータは、クラウドといった大規模スト レージに蓄積され、膨大な時間と強力な計算パワーを費や して分析・活用されるのが一般的である. しかし, 地域で 時々刻々と生成される多数の IoT データストリーム(以 下,情報流 [1]) のダイレクトな流通,即時的な活用を考え るならば,発生源に存在する計算機資源を用いて,逐次的 に処理するアーキテクチャが必要である. これらの動向を 踏まえて、情報流検討委員会 [2] では、情報流を実時間で 活用する共通プラットフォームとして, IoT ビッグデータ 流処理基盤 IFoT(Information Flow of Things) の検討が進 められている.

一方,環境に設置されたセンサが察知した空間の状況に 応じて、能動的に人とインタラクションするアンビエント インタフェース [3] という概念が注目を集めている. アン ビエントインタフェースでは,場の状況を即時的に理解し,

奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科

人に対して当意即妙な支援を実現することが求められてお り,これまでにも様々なシステムが研究開発されてきた. しかし、これらの成果の多くは、特定のシチュエーション や閉じた空間における垂直統合的な支援に留まっており, 収集したセンサデータの高度な二次利用や複数のアンビエ ントインタフェースシステム間の連携は考慮されていない.

今後訪れる IoT 時代おいて、地域の魅力を高め、付加価 値を与える IoT サービスを構築するためには、地域の多 種多様なデバイスから時々刻々と生成される情報流に応 じて、能動的にインタラクションするアンビエントインタ フェースが必要であり,これらを組み合わせて地域レベル にスケールする仕組みが必要だと考える. 例えば、屋内の 混雑状況を扱う複数のアンビエントインタフェースが収集 する情報流を地域レベルで二次利用することで、各店舗の リアルタイムな混雑状況を考慮した,新たな観光ナビゲー ションサービスなどに応用することが可能になる.

フェースの概念に着目し, 湧き出る情報流の処理および状況 に応じたインタラクションをクラウドレスで実現するシス テムとして GAIFoT (Geographically distributed Ambient interface utilizing local Information Flow of Things) を提 案し、検討を進めている. GAIFoT では、扱う情報流の高 次利用を想定し、図1に示す3段階でスケールする多層型 アーキテクチャを採用する. なお, Layer1 の地点 (Point)

これらの観点より、我々は、情報流とアンビエントインタ

Information Science, Nara Institute of Science and technology, Ikoma-shi, 630-0192 Japan

a) nakamura.yugo.ns0@is.naist.jp

yasumoto@is.naist.jp

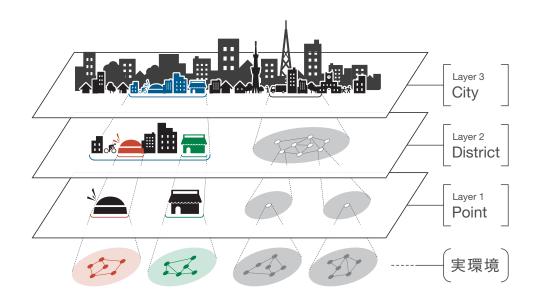


図 1 GAIFoT の実現イメージ

層は住宅や店舗施設などの小規模な領域, Layer2 の地区 (District) 層は商店街などの中規模な領域, Layer3 の地域 (City) 層は地方都市などの大規模な領域 (City) を想定する. そして, Layer0 の実空間層のように, 地域に分散されたあらゆるセンシングデバイスやアクチュエーションデバイスを統合し, 人々の行動を支援する多段階アンビエントインタフェースを実現する.

本稿では、GAIFoT の全体構想およびアーキテクチャを示す.また、GAIFoT 実現に向けた具体的なアプリケーションシナリオと検討システムの設計を述べると共に、今後の研究課題と展開方針について示す.

2. 関連研究

2.1 アンビエントインタフェース

空間内の人々のコミュニケーションを活発化させる部屋 型のアンビエントインタフェースとして Ambient Suite[4] の研究がある. この研究では、部屋や人に装備したセンサ によりその場の会話状態を推定し,壁や床に配置された ディスプレイ群を連動させて, その場に応じた情報を掲 示することで、場および会話の活性化を促進している. ま た,個々の執務者の状況を認識して照明や空調,BGM な どを最適に制御し、オフィス環境の QoL(Quality of Life; 生活の質)を向上するアンビエントオフィスの実現に向け て,知的照明システム [5] や知的オフィスチェア [6] の研究 が進められている. これらの研究では, 執務者の状況に応 じた環境デバイスの制御によって, 疲労抑制と知的生産性 の向上を促進している. このように、アンビエントインタ フェースの分野では, 部屋や施設などの空間全体をシステ ム化し、環境の状態に応じてインタラクションするアンビ エントインタフェースの研究が活発に行われており、閉じ た空間での有効性は十分に示されている. しかしながら,

個々のシステム内で収集した情報の二次利用は考慮されて おらず、地域など広い空間でスケールするアンビエントイ ンタフェースは、未だ実現されていない.

今後、ありとあらゆる場所にデバイスが遍在する IoT 時代においては、閉じた空間のみならず、広い空間で人々にインタラクションするアンビエントインタフェースが求められる。本研究では、一次的な利用に留まっていたセンシングデータを積極的に流通し、様々な規模の空間とそのシチュエーションに適応したインタラクションにより、人々を支援する多段階アンビエントインタフェースの実現を目指す。

2.2 地域分散プラットフォーム

地域の事象に応じた情報やサービスを提供し、地域の神経網として機能する分散型の地域ネットワークとしてNerveNet[7]が提案されている。NerveNetは、各基地局が分散データベースおよび情報処理機能を持ち、それらが自律分散的にメッシュネットワークを構築することから、災害時にも高い可用性を維持する。また、環境に配置されたセンサ群やユーザが所有するモバイル端末と連携する通信アーキテクチャを採用しており、特定の個人や地域を対象とした選択的な情報配信サービスを実現可能である。

一方、ユビキタス環境に分散した複数の情報やサービスを集約する水平分散型のアプリケーションプラットフォームとして PIAX[8] が提案されている。PIAX は、P2P オーバーレイネットワークと分散エージェント機構を統合したプラットフォームであり、ネットワーク上に散在する複数のアプリケーションに対して、統一的なオブジェクト操作とスケーラブルなオブジェクト探索機能を提供する。そのため、PIAX の活用により、広域のユビキタスサービスをスケーラブルにかつ効率的に実現することが可能になる。

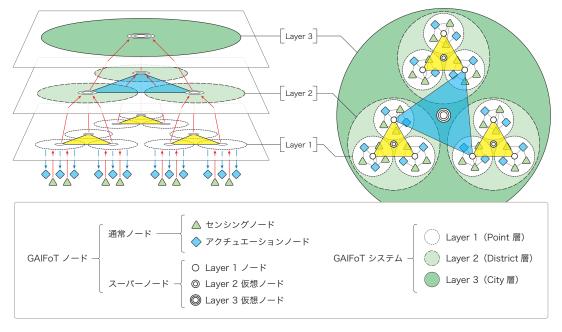


図 2 GAIFoT の全体構成

これらの研究は、多数のセンサ・アクチュエータを活用したサービスにより、地域社会や個人の生活を豊かにすることを目指し、地域など広い空間における情報流通を支援する共通基盤システムである。本研究で提案する GAIFoTでは、情報流の効果的な流通および活用に焦点を当て、人々に対して適応的なインタラクションをもたらすアンビエントインタフェースの検討を進めるとともに、これらのプラットフォームとの連携による耐災害性、情報集約効率の向上を念頭に置き、よりスケーラブルかつフレキシブルな地域システムの実現を目指す。

3. GAIFoT の提案

3.1 コンセプト

GAIFoT の全体構成を図2に示す。GAIFoT は、Layer1から Layer3の GAIFoT システムと実空間に遍在する GAIFoT ノードから構成される地域分散型アンビエントインタフェースである。GAIFoT では、地域で時々刻々と生成される情報流のローカルでの一次利用に加えて、高度な二次的な利用、三次的な利用(高次利用)を想定し、地点 (Point)、地区 (District)、地域 (City)の3段階でスケールする多層型アーキテクチャを採用する。従来は特定のシステムだけのために収集され、一次的な利用に留まっていた地域情報流を積極的に流通させることで、より大きなスケールでの高次利用を促進し、地域全体としての魅力向上および付加価値の創造に寄与する仕組みの実現を目指す。そして、様々な規模の空間とそのシチュエーションに適応したインタラクションにより、人々を支援する多段階アンビエントインタフェースを実現する。

3.2 GAIFoT ノード

GAIFoT ノードとは、センサデータストリーム、映像ストリーム、位置情報ストリームといった情報流を生成、流通、加工、反映する小型の IoT デバイスと定義する. 各GAIFoT ノードは、一定量のストレージと計算機能を有するものとし、環境に固定された静的なノードであるとする. GAIFoT ノードには、基本ノードとスーパーノードという役割の異なる2種類のノードが存在し、GAIFoT では、各ノードの資源状況や通信環境に応じて動的に役割が選択されるアーキテクチャを実現する. 各ノードの機能分類を以下に示す.

(1) 基本ノード

基本ノードは、情報流を生成するセンシングノード とその情報を基に実世界に作用するアクチュエーショ ンノードの2種類に大きく分別される. センシング ノードは、センサやカメラを有し、音や画像といった センシングデータ流に対して,一定間隔で時空間メタ データを付加し、他のノードに流通する機能を持つ. 一方,アクチュエーションノードは,LED やディスプ レイなど,空間に作用するインターフェースを有し, センシングデータに基づく適応的な情報掲示や、協調 動作による行動支援を行う機能を持つ. 各基本ノード は、自身のデバイスタイプや計算機能、ストレージ残 量などを「ノード資源情報」として保有する. また, 自身の備えるセンサやアクチュエータを用いた振る舞 いを「イベント情報」として保有する. GAIFoT シス テム下において,各ノード間が自律分散協調し,アプ リケーションの要求に応じてイベントを組み合わせ, 情報流を生成、流通、加工、反映することにより、現 在の状況に応じたリアルタイムなインタラクションを 実現する.

(2) スーパーノード

スーパーノードは、通常ノードとしての機能に加えて、配下の各ノードの情報を管理し、集約する機能を持つ、そのため、Layer1スーパーノードが配下の基本ノードを管理し、Layer2スーパーノードが配下のLayer1スーパーノードを管理するというように、ツリー構造のノード管理を実現する。また、各GAIFoTシステムには、1台以上のスーパーノードが存在し、「システム資源情報」や「サービス情報」といった情報もスーパーノードが管理する。「システム資源情報」とは、自身のシステムで扱っている情報流のタイプやシステム全体としての計算機能、ストレージ残量などの情報であり、「サービス情報」とは、GAIFoTシステムが提供するアプリケーションに関する情報である。

3.3 GAIFoT システム

GAIFoT システムは、管轄の範囲に分散された複数のGAIFoT ノードの組み合わせによって構成される. 地点(Point), 地区(District), 地域(City)層の各GAIFoTシステムで提供されるアプリケーションの例を以下に示す.

(1) Layer1: Point 領域

Layer1 の GAIFoT システムでは住宅や店舗施設, 車内などの小規模な領域を想定し,空間に存在する 人々の行動を支援するアプリケーションを実現する。 例えば,多数の IFoT ノードが存在する住居環境にお けるホームライフ支援や巡回型屋内施設における移動 支援,車内における運転支援などが挙げられる。

(2) Layer2: District 領域

Layer2 の GAIFoT システムでは商店街, 駐車場などの中規模な領域を想定し, Layer1 の GAIFoT で生成された情報流を組み合わせ, 空間としての質を向上させるアプリケーションを実現する. 例えば, 商店街の各スポットにおける混雑状況に応じた群衆行動の把握および誘導支援, 運転主の運転能力と空きスペース状況に応じた駐車スペース推薦および駐車場整備などが挙げられる.

(3) Layer3: City 領域

Layer3 の GAIFoT システムでは地方都市などの大規模な領域を想定し、Layer2 の GAIFoT で生成された情報流や SNS 等から発信されるリアルタイムな情報を組み合わせ、地域の魅力を高め付加価値を与えるアプリケーションを実現する。例えば、各観光名所の混雑状況と周辺の渋滞状況に応じた観光ナビゲーションおよび観光プランの推薦、地域全体の交通状況に応じた信号機制御による事故防止、交通安全支援などが挙げられる。



図 3 GAIFoT の展開イメージ

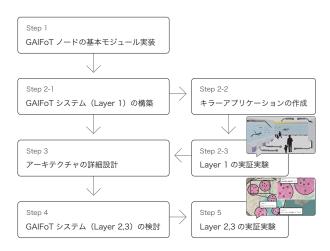


図 4 GAIFoT の実現に向けたステップ

4. GAIFoT システムの具体例と実現計画

4.1 構想

2020年に開催が予定されている東京オリンピックに向 けて,情報処理を活用した課題解決の取り組みが活発化し ている. 中でも, 訪日観光客の増加による地域の各所にお ける混雑や渋滞の発生は喫緊の課題であり、それらを解決 するためのインテリジェンスなシステムが求められてい る. 本研究では, GAIFoT の適用先として, 2020 年開催 の東京オリンピックにより訪日観光客の大幅な増加が見込 まれている地域を想定し, リアルタイムな人口密度, 交通 状況などの情報を含む様々なストリームデータを集約、編 纂して人々の移動を支援する地域分散アンビエントインタ フェースシステムの実現を目指している. 例として東京オ リンピックの競技会場周辺を対象とした GAIFoT の展開 イメージを図3に示す. このように, 各地に GAIFoT シス テムを導入し、様々なノードが各地点で取得した動画や空 間情報をローカルで処理し,駅や競技場周辺のリアルタイ ムな混雑状況に応じて人々を案内、誘導するナビゲーショ ンアプリを開発する.

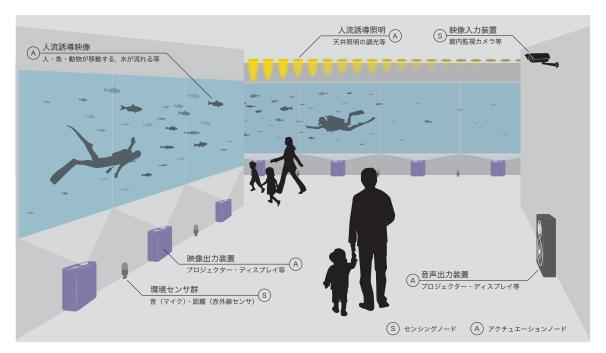


図 5 GAIFoT システム (Layer1) の活用例:回遊型屋内施設

4.2 実現計画

GAIFoT 実現に向けた研究開発ステップを図 4 に示す.本研究では、まずはじめに、人流を把握、誘導する GAIFoT ノードの基本モジュールを実装する。そして、開発したノードを用いて、空間内の人流状況をセンシングし、状況に応じて人々を誘導する GAIFoT システム (Layer1)を構築する。その後、各所で収集された情報流を集約、編纂し、地区・地域レベルの範囲で人流を誘導する GAIFoT システム (Layer2, Layer3)の検討を進める。

4.3 人流を誘導する GAIFoT システム (Layer1)

GAIFoT システム (Layer1) の実現イメージを図 5 に示す。本システムは、空間内の人流状況に応じて人々を誘導し、屋内施設の混雑を緩和することを目的としたアンビエントインタフェースシステムである。空間には、人流を把握するためのセンシングノードと人流を誘導するアクチュエーションノードを複数配置し、それらのノードを相互に連携させることにより、状況に応じた屋内ナビゲーションを実現する。本システムにおける各ノードのセンシング・アクチュエーション機構の設計を以下に記す。

(1) 人流センシング機構

人流センシング機構では、マイクや赤外線センサ、監視カメラから取得したストリーム情報を基に、その場における人の数、移動速度、場の盛り上がりなどを解析することによる人流把握の実現を目指す.

(2) 人流アクチュエーション機構

人流アクチュエーション機構では、複数の LED やディスプレイ、プロジェクターをアクチュエータとして採用する、そして、それらを協調連携させることによ

り、人々に対して柔軟に情報を提示する分散協調型アクチュエータの実現を目指す.

4.4 検討課題

現在、GAIFoT の開発は、基本機能および活用シナリオのブラッシュアップを進めている段階にある。GAIFoT の実現に向けた今後の検討課題を以下に示す。

- (1) 人流状況を把握するセンシング技術
- (2) 人流を誘導する技術, 情報提示手法
- (3)動的な機能割り当てを実現するメカニズム
- (4)情報流を階層的に集約する技術
- (5)情報流を階層的に編纂する技術

5. おわりに

本稿では、情報流とアンビエントインタフェースの概念に着目し、湧き出る情報流の処理および状況に応じたインタラクションをクラウドレスで実現するシステムとして GAIFoT (Geographically distributed Ambient interface utilizing local Information Flow of Things)を提案し、そのコンセプトとアーキテクチャを述べた。そして、GAIFoTの具体的なユースケースおよび、実現に向けた検討課題と今後の計画を示した。

今後は、地域でスケールする多層型アーキテクチャや動的機能割り当てアルゴリズムの詳細設計を行うと共に、GAIFoTノードを試作し、具体的な施設に適応したGAIFoTシステムの開発を進めたいと考えている。そして、GAIFoTシステムを実際の施設や商店街に導入した実証実験を行い、地域において提案するGAIFoTが有効なアンビエントインタフェースとして機能するかどうかを検証する。

謝辞 本研究は、CICP(想像力と国際協力を育む情報科学教育コア「プロジェクト型研究」)の助成によって行われたものである。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- [1] 安本慶一,山口弘純:多数のデータストリームを実時間で融合・編纂し利活用するための次世代「情報流」技術,情報処理, Vol. 10, No. 2, pp. 287–302 (2014).
- [2] InfoFlow(情報流) プロジェクト, http://www.infoflow.org.
- [3] 竹村治雄: アンビエントインタフェース技術の動向, 人工 知能学会誌, Vol. 28, No. 2, pp. 185–193 (2013).
- [4] 藤田和之,高嶋和毅,伊藤雄一,大崎博之,小野直亮,香川景一郎,津川翔,中島康祐,林勇介,岸野文郎: Ambient Suite を用いたパーティ場面における部屋型会話支援システムの実装と評価,電子情報通信学会論文誌, Vol. J96-D, pp. 120-132 (2013).
- [5] 三木光範,加來史也,廣安知之,吉見真聡,田中慎吾,谷澤淳一,西本龍生:実オフィス環境における任意の場所にユーザが要求する照度を提供する知的照明システムの構築,電子情報通信学会論文誌,Vol. J94-D, No. 4, pp. 637-645 (2011).
- [6] 清川清,畠中理英,細田一史,岡田雅司,繁田浩功,石原靖哲,大下福仁,角川裕次,栗原聡,森山甲一:オーエンス・ルイス:アンビエント環境制御を用いた知的オフィスチェアの提案,システム制御情報学会誌,Vol. 56, No. 1,pp. 14-20 (2012).
- [7] Inoue, M., Ohnishi, M., Peng, C., Li, R. and Owada, Y.: NerveNet: A Regional Platform Network for Context-Aware Services with Sensors and Actuators, *IEICE TRANSACTIONS on Communications*, Vol. E94-B, No. 3, pp. 618–629 (2011).
- [8] Teranishi, Y.: PIAX: Toward a Framework for Sensor Overlay Network, In Proc. of CCNC, pp. 1–5 (2009).