

エッジコンピューティングに基づくプライベートデータの流通を抑制するカメラ型広域見守りシステムの実装

小松原 圭亮¹ 干川 尚人¹ 西辻 崇² 伊藤 智義³

国立高等専門学校機構 小山高専¹ 首都大学東京² 千葉大学³

1. 背景

近年、IP (Internet Protocol) カメラ等の IoT (Internet of Things) 機器と画像処理技術を組み合わせることにより、人間の手に変わり子供や高齢者を見守ることが可能になってきた。一方それらはプライバシー保護観点で問題視されている。そこで本研究では、プライバシー問題をエッジコンピューティングに基づくアプローチで解決したカメラ型広域見守りシステムの実装と評価を行う。

2. 既存研究

カメラの生成する生の撮影データをクラウドサーバ上へ送信する見守りシステム(これをクラウドモデルと呼ぶ)では、計算処理をクラウドコンピュータで行い、ユーザ側に計算リソースを要さないなどの利点がある一方、サービスへの使用の有無にかかわらず常にデータをインターネット上に収集するため、プライバシー保護観点で課題が残る。これに対し図1に示すようなエッジコンピューティングに基づくネットワークアーキテクチャを利用して、プライベートデータの流通を抑制するカメラ型広域見守りシステムが提案されている[1]。このシステムでは計算処理を見守り対象者が持つ端末(Mobile Computing Resource: MCR)で行い、クラウドには処理結果のみを送信する(これを MCR セントリックモデルと呼ぶ)。そのため、カメラで撮られた、不特定多数のプライバシー情報を含んだ画像データはパブリックな場所に行かない。また、計算処理は MCR のみで行われるので、例えば見守り対象者を識別するための学習データなど、処理に必要な情報を複数の場所に配布せずに一箇所にまとめることができる。図2は MCR セントリックモデルの物理機能図である。

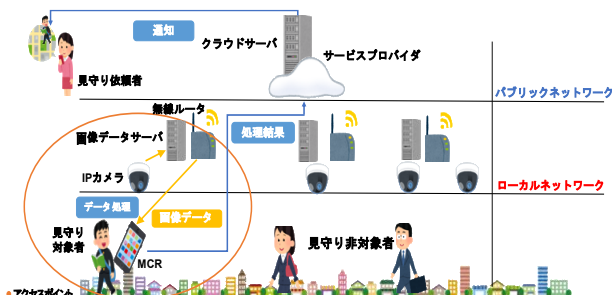


図1. MCR セントリックモデルの概要

The Implementation of a Camera-Type Wide-Area Surveillance System that Suppresses the Flow of Private Data Based on the Edge Computing

Keisuke KOMATSUBARA¹, Naoto HOSHIKAWA¹, Takashi NISHITSUJI², Tomoyoshi ITO³, National Institute of Technology, Oyama College¹, Tokyo Metropolitan University², Chiba University³

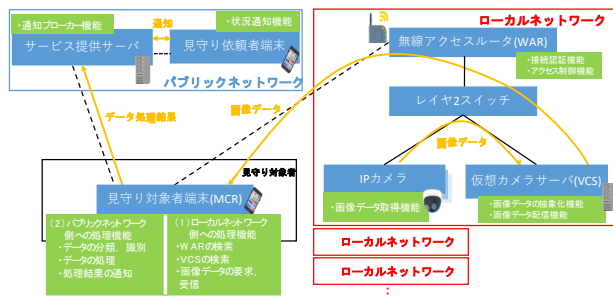


図2. MCR セントリックモデルの物理機能図

仮想カメラサーバ(Virtual Camera Server: VCS)はIP カメラからの画像データを抽象化して保持し、要求に応じてそれを送信する。MCR は常に無線アクセッスルータ(Wireless Access Router: WAR)を探し、接続後はVCSから画像データを取得し見守りに必要な情報だけを取り出す。そしてサービス提供サーバを通して見守り依頼者に通知される。MCRはWARのアクセスポイント(Access Point: AP)に入った時、そのAP内のカメラのデータのみを取得する。そのため、見守り対象者の情報を含まないデータの取得を削減することができる。

3. MCR セントリックモデルの実装

プライベートデータの流通を抑制する MCR セントリックモデルを実現するには以下の要件を満たす必要がある。

- 1)カメラにより撮影された画像データはローカルネットワーク外に流出しない。
- 2)APの範囲はカメラの撮影範囲を内包しつつ、かつ大きすぎない。
- 3)MCRはパブリックネットワークとローカルネットワーク両方に接続する。
- 4)MCRはAPを常に検索し、接続する。
- 5)接続後はVCSにデータを要求する。
- 6)MCRは取得したデータをリアルタイムに処理し、その結果を見守り依頼者に通知する。
- 7)MCR搭載の同一ネットワークインターフェースで異なる複数のAPに入る場合がある。

以上の要件を満たすように実装されたシステムの構成を表1に示す。

表1. 見守りシステムのシステム構成

システム構成要素	使用機器
IPカメラ	Logicool C270, Raspberry Pi 3B+
仮想カメラサーバ(VCS)	DELL Vostro 5471
レイヤ2スイッチ	NETGEAR 8-Port Gigabit Ethernet Switch GS308
無線アクセッスルータ(WAR)	NEC Aterm WG1200CR PA-WG1200CR
見守り対象者端末(MCR), モバイル無線アクセッスルータ	HP Pavilion Gaming 15-cx0105TX, NEC Aterm MR05LN PA-MR05LN
サービス提供サーバ	Amazon Web Services
見守り対象者端末	iPhone 8 MQ7A2J/A

IP カメラは通常のカメラとその制御用デバイスで構成し、撮影された画像データは NFS(Network File System)を通して VCS に送信される。また、WAR は他の用途で使われる AP と区別がつく記号列と、見守りシステム用の他の WAR による AP と区別がつく識別子を合わせた SSID(Service Set Identifier)を持つ。MCR はその記号列のみをあらかじめ記憶し、見守りシステム用の WAR を検索する。そして、最も電波強度の強い WAR にあらかじめ記憶しているパスワードを用いて認証、接続する。VCS はどの WAR でも同じ固定 IP アドレスを保持しているため、MCR は WAR 接続後、VCS に画像データを要求することができる。MCR は VCS との通信を、WebSocket を用いて行い、画像データ取得後は画像処理によって見守り対象者の情報を取り出し、その結果をサービス提供サーバに送信する。見守り依頼者はサービス提供サーバの公開する Web サイト上で見守り対象者を見守ることができる。本実装では見守り対象者が持つ色マークを画像処理ライブラリ OpenCV を用いて認識することで見守り対象者を認識し、画像データから取り出した時刻と位置情報をサービス提供サーバへ送信する。また、今回使用した WAR は AP 範囲の調整が不可能であったため、MCR で電波強度を測定し、ある閾値を上回ったら接続、下回ったら切断をすることでカメラの撮影範囲を適切に内包する半径 5m の AP を擬似的に作成した。

4. 実験手法

実装システムを用い、クラウドモデルに対する MCR セントリックモデルを評価する。表 2 の条件、図 3 の環境で AP を 2 往復した時、MCR セントリックモデルとクラウドモデルで見守り対象者が写る画像(これを必要データと呼ぶ)の枚数を比較する。

クラウドモデルでは、画像データは常にクラウドコンピュータに送信される。見守り対象者は AP を約 7 秒で渡り、それを 2 往復するため、クラウドコンピュータは約 140 枚の必要データを取得すると予測できる。また、MCR セントリックモデルでは、WAR の認証後に VCS から画像データを取得するため、Wi-Fi の接続時間が発生する。事前実験で Wi-Fi 接続時間は約 2.3 秒とわかっていたので、それを考慮すると MCR が取得する必要データは約 94 枚と予測できる。よって、MCR セントリックモデルはクラウドモデルの 67%ほどの必要データを取得すると予測できる。実験では、上記の Wi-Fi の接続時間による必要データ減少を確認する。

表 2. 実験の条件

パラメータ	条件
見守り対象者人数	1人
見守り対象者端末(MCR)台数	1台
無線アクセスポイント(WAR)台数	1台
アクセスポイント(AP)半径	5m
カメラ台数	2台
カメラ視野	60°
カメラの撮影速度	5 fps
見守り対象者の歩行速度[2]	約 1.4 m/s

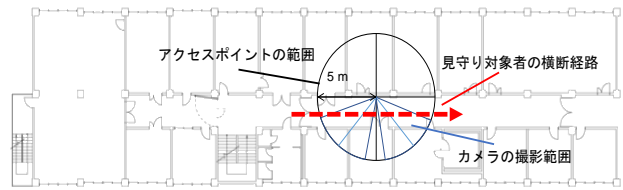


図 3. 実験環境

5. 実験結果と考察

クラウドモデルが取得した必要データは 120 枚、MCR セントリックモデルでは 52 枚であった。よって、MCR セントリックモデルはクラウドモデルの 43%ほどの必要データを取得した。100%を下回るため Wi-Fi 接続時間によるデータ数の減少は確認できた。しかし、予測の 67%と大きな差があるため Wi-Fi 接続時間以外に MCR セントリックモデルにおいて必要データの取得を減少させる要因があると考えられる。

この結果に最も影響を与えている要因の 1 つは、MCR で範囲を調整した擬似的な AP の精度の悪さであると考えられる。実装で使用した WAR は AP 範囲を調整する機能を搭載しておらず、AP 範囲を調整できる WAR を新たに導入するか、別の要素で補整する必要があった。本システムが実際に導入される際、全ての WAR が AP 範囲を調整する機能を持つとは限らず、WAR 以外の要素でこの問題を解決しなければならない。そのため、MCR で Wi-Fi 接続を切り替えることにより擬似的に半径 5m の AP を作成するという手法をとった。結果、今回の手法は MCR セントリックモデルの必要データ取得の確実性を欠いた。すなわち、WAR 以外の要素でこれを解決する新たな手法が必要である。

6. おわりに

本研究で実装した MCR セントリックモデルは現在主流なクラウドモデルと比べプライベートデータの流通を抑制する一方、Wi-Fi 接続時間による遅延、AP 範囲の擬似的な調整手法などの要因により、クラウドモデルと比べ見守りに必要なデータを取得できていないことが分かった。今後は、それらの課題を解決する手法を検討し、プライベートデータの流通を抑制しながらもクラウドモデルと同等の見守りができるシステムについて研究する。

謝辞

本研究は矢崎財団(Yazaki Memorial Foundation for Science and Technology)の支援を受けた。

参考文献

- [1] Keisuke KOMATSUBARA, Naoto HOSHIKAWA, Takashi NISHITSUJI, Tomoyoshi SHIMOBABA, Tomoyoshi ITO, "Proposal of the Implementation of a Camera-Type Wide-Area Surveillance System that Suppresses the Flow of Irrelevant Private Data", TJCAS 2019 at Nikko, 4C-10, 19th-21st, August, 2019.
- [2] 関屋 昇, 長崎 浩, 伊東 元, 古名丈人, "正常歩行における歩行速度, 歩行率, 歩幅の相互関係", 理学療法学 第 21 巻 学会特別号(第 29 回青森), 416, 1994 年