

機関番号：22605
 研究種目：基盤研究 (C)
 研究期間：2008～2010
 課題番号：20500098
 研究課題名 (和文) 移動カメラ映像データベース/マイニングによるアウェアネス提供システム
 研究課題名 (英文) Context Awareness Service System by Mobile Video Database Retrieval and Mining
 研究代表者
 嶋田 茂 (SHIMADA SHIGERU)
 産業技術大学院大学 産業技術研究科 教授
 研究者番号：20426604

研究成果の概要 (和文)：

スマートフォンやタブレット PC 等モバイルデバイスの普及と Wi-Fi 等の高速無線通信網の発達により、移動カメラで撮影された映像を共有するサービスが提供されるようになってきた。本研究ではこれらのサービスを、より高品位の親密なコンテキストとして提供するための技術を開発することを目的とした。UGC(User Generated Contents)形態で集積される映像データを高速にデータベース化し、時空間条件からコンテキストとして提供するまでのシステムを実現するために、次のような課題の検討を行った。(1)時空間条件検索に適合したデータベース構造、(2)ストリームデータ処理系の導入による映像データベースの高速構築方式、(3)プライバシー保護コンテキストサービスのための画像処理方式、(4)通信環境に依存したスケーラブルな映像配信方式。そして、これらの技術を統合した新たなコンテキストサービスシステムを開発し、その有効性を確認した。

研究成果の概要 (英文)：

It is now possible to develop a system to share onboard video recordings with mobile camera, since mobile devices such as smart phones and tablet PCs etc. are commonly used and high speed wireless communication such as Wi-Fi is widely available. Our research tried to solve following technical issues in constructing more qualified friendly context services. We will report the results of our research in order to provide road context from retrieving a large amount of UGC styled collecting videos databases immediately. The issues we address include (1) Video database structure suitable for geo-spatial temporal retrievals, (2) High-speed video database construction method introducing stream data processing, (3) Image processing method for privacy preserving context services, (4) Scalable context image supply method depend on telecommunication environment. And using these technical issues, we can get prospects for a new context aware service system.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学・データベース

キーワード：モバイルシステム

1. 研究開始当初の背景

(1) 安全で安心できる社会を維持するために、監視カメラの導入が活性化しており、特に人が集まる市街地区の防犯・防災にその導入効果が発揮されつつある。しかし従来の監視カメラは固定位置に設置され、限られた範囲しか撮影されないため、移動に伴い変動する人々のアウェアネス（状況や環境等）が十分把握できない問題があった。特に、人々の移動が頻繁になるにつれこの問題は大きくなり、移動に伴い変化するアウェアネスの把握を、カメラ自体が移動しながら動的に行うような、いわば移動監視カメラの必要性が高くなりつつあった。

(2) このような要求に対し、任意の位置に関連付けられた風景画像を提供する Google Street View®が開発されている。このサービスでは、地図上の任意地点からの風景を、360度サ라운드画像を用いて任意の視点から提供でき、よりリアリティーの高いコンテンツが提供されると言ってもよい。しかしながらここで用いられる画像データベースは、専用の計測車両で撮影され整備されたものであるために、時間遅れが少なくとも1年以上あるほか、ユーザの求める位置からの撮影に必ずしもなっていない問題があった。

(3) これに対する解決策の1つに、UGC (User Generated Contents) 形態によるデータベースの自動構築が考えられる。このUGC形態では、サービスを受けるユーザ自身により収集されたデータを活用してデータベースを構築する方式に特徴があり、既にブログやソーシャルネットワークサービスの分野での基本方式となっている。本研究における道路コンテキストサービスでは、このUGC形態により収集されるデータとして、道路を走行する車両に装備された各種センサから提供されるものを想定した。この場合、車載カメラ映像や加速度・位置・姿勢等の各種センサ出力等をサーバに収集することが要求されるが、それらのセンサデータを統合して無線通信にてサーバへ転送する車載装置の普及はまだ十分ではなく、UGC形態のデータ提供サンプル数としてはかなり不足する問題があった。

2. 研究の目的

(1) このような問題を解決することを目標に、移動するカメラが捉えたストリーム状の映像をアーカイブ・データベース化して、さまざまな観点からのマイニングを可能とし、マイニング結果を個人情報保護と公的認定の基にWeb情報サービスするような、人々のアウェアネスに関する社会情報インフラストラクチャを形成することを目的とした。

(2) 実社会への適用効果が把握可能な研究ビークルとして、次世代ITSの位置付けで注目

されているドライブレコーダの分野に適用することを考え、ドライブレコーダの付加価値を高める新たな機能追加となることを狙った技術開発を行う。特に自動車事故の原因を究明する時の立件となるアウェアネスを提供するシステムへの適用を行うことを目的とした。(3) また更に本研究では、これらの次世代ITSに関連して、電子書籍、特に旅行雑誌への適用性を例にして、サービス実現のためのシステム構成とその各コンポーネントの実現可能性について検討を深めることを目的とした。その理由として、現在、多数の携帯情報端末が市場に出回っているが、それらを電子書籍として利用する動きが活発となっている。特に昨今話題となっているタブレット型デバイスには、モバイル環境下で電子書籍を読むといった新たな利用シーンを創出するという点で、大きな期待が寄せられている。

3. 研究の方法

平成20年度

移動するカメラの候補として、車載カメラ映像や加速度・位置・姿勢等の各種センサ出力等の入手の容易さの観点から、UGC形態でのデータ収集システムとして、ドライブレコーダを用いることにした(映像ストリームと位置・軌跡、車速等が同期して統合・記録される)。このドライブレコーダの出力をローカルホスト内の組込DBMSにてアーカイブすると共に、メタデータを中央のアーカイブサーバのDBMSにて集約管理する方式を検討した。そして、ユーザのアウェアネス条件の指定からの検索要求に対応したメタデータ検索とモバイルホストから映像ストリームが直接ユーザへ提示されるような方式の構成方法を検討した。

平成21年度

前年度に検討したシステム構成に基づきシステム試作を何度も繰り返し、それらの各コンポーネントから提供されるデータの特性と、それらを用いて各種のユーザ要求に適合するような映像データベースの構築方式を検討した。ドライブレコーダによる記録された映像を映像フレーム列に分解してBLOB型で関係データベース化するとともに、それらの時空間情報をメタデータベース化することによる映像データベースの構築システムを開発。これにより、時刻と場所の指定から検索された複数車両の映像フレームと時刻を同期させて並列に表示することによるコンテキストの品質向上策を検討した。

画像マイニングによるコンテキスト抽出技術の一環として、映像データベース内の映像フレームの画像解析からハザードランプ点滅車両の認識技術を開発して、その位置の分布

から一時停止可能な場所を乗車コンテキストとして提供するシステムを実現させた。

平成 22 年度

UGC 形態により構築される映像データベースからの高速な時空間条件検索方式と、その検索結果を多量なユーザへスケーラブルに提供するために、SDP (Stream Data Processing) 適用による高速ストリーム配信システム技術の検討を行った。また検索された映像の公開にあたり、映像内に含まれる不適切シーン抽出のために、例示型パターン学習と Boosting 学習関数による不適切オブジェクトの認識を行うような画像マイニング方式を開発した。その応用として、UGC 映像データベースに含まれるプライバシー対象オブジェクトの抽出と保護方式の検討を行った。またアウェアネス条件指定からの映像ストリーム検索時間性能測定と妥当性の評価を行い、それらの成果を学会での発表や ITS 標準化委員会への提案等を行った。

4. 研究成果

概要

一般にコンテキストとは、情報の背景、前後関係、文脈など、物理的には認識できなくとも、主観的に理解されるものを指す。従ってこのコンテキストを提供するためには、多くの場合、従来の文書や映像等のコンテンツに加え、そのコンテンツの特性（取得属性や有効な対象等）や、時間や空間及び音声等の付随的な情報との密接な関係を与えることが必要となる。従って、コンテキストは汎用的なものというよりは、その特性や付随的な情報を考慮した環境下で有効なものと考えられる。

道路に即していえば単純に道路映像を自動車ユーザに提示することにとどまらず、位置や時間を条件にした「気づき」(awareness)の機会を与える情報と呼ぶことができる。従って道路コンテキストとは、「道路にある各種のセンサをから取得されるデータを統合した情報」と定義される。そこで本研究では、この道路コンテキストを用いたサービスに焦点を置き、特に道路走行車両に装備されるカメラや GPS 等の各種センサ群から提供され



るデータを UGC 形態で収集してアーカイブ化し、それらの履歴のデータベース化からメタデータベースを構築して、次のようなコンテキストサービスを検討した。

- ・ 事故調査・診断…事故が発生した地点における多視点からの映像を用いた事故原因の判定と診断
- ・ 旅行雑誌の風景映像提供…iPad 向け電子旅行雑誌の一部の記事にコンテキストとして提供し、臨場感を向上

本研究では、これらのサービスを実現するために、次のような 4 つの課題を抽出し、検討を行った。以下、各課題の内容とその解決方式についての詳細について述べる。

(1) 時空間条件検索に適合したデータベース構造

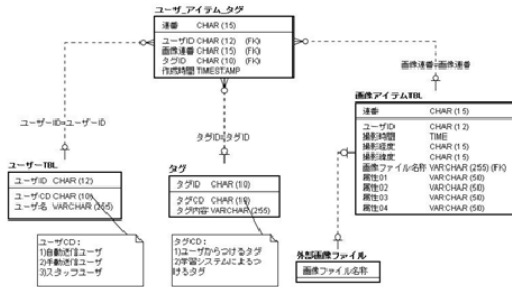
スマートフォンの映像データには、GPS 信号と時間情報が埋め込まれて出力されるため、単にそのままアーカイブ化するのではなく、映像データベース化を行うのに効率のよいアーカイブを行う必要がある。即ち、時空間属性を映像データから抽出して、特に時空間属性が明示的に検索に使うことができるようにする必要がある。このような時空間属性をキーにした関係型データベースへの映像データの格納方式として、次のような 2 つの方式が考えられる。

① 映像の格納場所を示すファイルポインタを用いた関係テーブル化

② 映像データ自体を用いた関係テーブル化
この中で②の方式は、関係テーブル内に映像データ自体が管理できるため、DBMS トランザクション処理によるデータ管理特性は向上する。本研究では、映像ストリームそのものとしての配信だけでなく、画像解析によるリコメンドシンボルの自動タグ付け処理を各映像フレーム単位に行う必要がある。そのため、特定の長さを持った映像ストリームではなく、それぞれ独立した映像フレームとして静止画像の時系列ファイルとしてアーカイブしておき、条件検索で得られた映像フレーム列を合成して映像ストリーム化する方を採用した。又 CAS (Context Awareness Service) モードにおけるユーザ指定のタグ入



力を効率化させるためにも、映像フレーム実体（実際には画像実体）と、時空間属性実体及びタグ情報実体とを関係付けるような永続化スキーマの正規化設計が推奨されている。これらの方針に基づき、実際の DBMS (ORACLE 10g) による永続化スキーマ設計は次図のようになった。



(2) ストリームデータ処理系の導入による映像データベースの高速構築方式

システム入力、UGC 形態で各車両から提供される動的センサのデータ群で、システムへはストリーム状に連続して入力されるので、そのタイミングに遅れが出ないような高速なデータ処理が求められる。一方、システム出力は、時空間の条件検索が可能なデータベースへのレコード構築が行われるので、タブレット PC からの要求に対して高速サービス特性と情報の非公開制御が施されたセキュアなサービス特性とが両立するようなデータベース構成が求められる。そのデータベース構成としては、公開可能でその地点の最新情報である最新映像データベースと、公開可能ではあるがその位置の代表映像とはならない公開可能履歴データベース、そして公開が不可能な公開不可履歴データベースの 3 種類とし、ストリームデータ処理で各データベースへの振り分け制御が高速に行われるようにする。この場合、データベース構築のためのバッチ処理を行うことなく、即時的にデータ処理が実行されることが望まれる。道路コンテキストとしては、限りなくリアルタイムに近い現在の状況が映像として提供されることが必要であり、そのデータベース構築速度や検索速度の即時性が求められる。

このような即時的処理の要件から、大量かつ高速に配信用データベースの構築が求められるが、一般に現行の DBMS(Data Base Management System)では、データレコードを入力するインサート処理の時間が遅く、上記のような高速な配信用データベースの構築要件には対応できない。そこで我々はこの問題を解決するため、入力ストリーム列を対象にして、DBMS にデータを格納する前に、DBMS の構造化、即ち配信要求に適合するデータの区分けをリアルタイムに行うような SDP (Stream Data Processing) を導入した。

SDP はインメモリで処理を行うことにより、DBMS に比べデータ操作処理の速度が、少なくとも 100 倍以上の高速化される。そしてこの SDP により構造化されるレコードは一旦 DB キャッシュに蓄え、非同期の DB レプリケーション処理により最新映像 DB として DBMS に格納するような構成とする。計測データのアップロードから検索に至るまでの時間遅れは、この非同期レプリケーション処理時間分となるが、SDP による構造化が先行して行われるため、初期段階からの DBMS インサート処理より高速化された。

(3) プライバシー保護コンテキストサービスのための画像処理方式

今回我々が検討した道路コンテキストサービスに類似したサービスとして、既に Google 社による計測車両 360 度サ라운드カメラ画像を用いた Street View サービスがある。ここでは、プライバシー保護策として、画像中に映し出された歩行者の顔や車両のナンバープレート位置にぼかしを加えるような画像処理が行われており、画像に映し出された個人や車両が特定されないようなプライバシー保護対策がなされている。我々の研究においても、この顔と文字領域にぼかしを加える処理を行っており、この機能は OSS (Open Source Software) として公開されている OpenCV のライブラリ関数を用いて実現させている。ところがサービス運用上プライバシー保護対策として更に必要となるのが、映し出された地域に住む住民の特性や趣味及び行動パターンが同定されるような他の様々なファクターが次々と発生することにある。例えば、天気の良い日の住宅地域においては、家屋の前に干される洗濯物や布団等が映し出されることにより家族構成が露呈されるほか、住居の玄関先に駐輪された自転車からも更なる家族の趣味等が推測されるなど、人間の主観的判断にゆだねられるものとなり、画像処理対象が増大かつ複雑になっていく傾向となる。

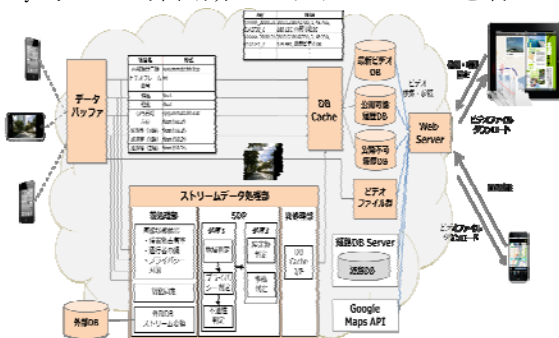
そこで本研究では、これらのプライバシー保護の対象となるオブジェクトの画像認識精度を向上させるために、サンプル提示からの機械学習によるパターン分類方式を採用した。OpenCV のライブラリに用意されている Boosting 学習関数を用いて、簡素な Harr-Like 特徴量から、濃淡や色相の勾配ベクトル特徴量に至る複合的な特徴量を用いた画像認識手法を開発した。またこれらの画像処理をストリームデータ処理と同期させて実行させるための、SDP (Stream Data Processing) 処理系への組み込み方式を検討して、その実用に向けたシステム評価を行った。

(4) 通信環境に依存したスケーラブルな映像

配信方式

SDP から出力される算出結果は、計算機のメモリ上に保持されるが、データの消失を避け永続化するためには外部データベースへの登録が必要である。この際、SDP の結果出力速度と外部データベースのデータ登録速度に大きな差異がある場合、巨大な未処理データ（バースト）を生じて登録が追いつかなくなる不具合を生じるおそれがある。このため、SDP と外部データベースの間にキャッシュを介在させ、キャッシュと外部データベースとの間で非同期レプリケーションを行うことにより対処するようにした。そして、この構成を用いてサービスシステムとしての実装を行った。映像データは、下図の左端に描かれた撮影用端末から、無線インターネット網を経由してサーバに送信され、いったんバッファ領域に格納される。このデータには映像データのほか、時空間情報および加速度センサデータが含まれる。映像データの基本的な内容の確認、画像処理、経路同定、および登録先データベースの判定は、SDP によって処理される。なお、バッファ領域からストリーム処理部にデータが受け渡される以前に、映像データのフレーム分割、時空間情報との関係付け等をあらかじめ前処理として行うこととした。また、下図の右端に示す閲覧用端末から入力された検索条件や地図画面上での位置指定に対応して、該当する映像を提示する。その他、車両が走行した経路および映像を閲覧するユーザが指定した経路を同定するための参照先として経路データベース、プライバシー保護の基準とまとめたプライバシー辞書を用意、電子地図との連携は外部 API (Google Maps API) を利用することとした。

次に、SDP のストリーム処理結果を RDBMS に書き込む方法として、出力データを memcached 互換の KVS(Key Value Store) である flare に書き出し、非同期で MySQL にレプリケーションを行うケースと、出力データを直接 MySQL に登録するケースの比較を行ったが、データ処理件数が増加しても両者の所要時間には大きな差がなく、処理時間を短縮させるだけの十分な効果を得ることはできなかった。また、memcached から MySQL への非同期レプリケーションを行わ



ない場合でも、違いはほとんどみられなかった。このことから、単純に KVS を導入しただけでは、仮説としているようなデータの入出力を高速化する効果は得られず、ミドルウェアの構成とチューニング方法による違いをさらに検証する必要があることが分かった。

大量の映像データおよびセンサデータが蓄積されていくにつれ、その保存場所が問題となってくる。現在、スケールアウトの観点からクラウドコンピューティングが注目されており、本研究においても米国西海岸の Amazon EC2/EBS サービスを利用して実験を行ってきたが、映像データ撮影後、サーバへの転送完了までに時間がかかり、転送待ちデータが累積していくという事象が見られた。これはクラウド環境であることの影響というよりも、一般に海外サーバでは国内サーバとの通信に比べてレイテンシが発生しやすくなると考えられ、映像データのようにある程度のデータサイズを持ち、連続的なデータの送受信には難点があることが分かった。

今回のような映像共有サービスを提供するにあたっては、サービス提供対象エリアも考慮しながら、データストアと参照系のサーバの配置・構成に留意することが欠かせないことが分かった。上記実験後、Amazon 社が日本国内にもデータセンターを開業するなど状況は変わりつつあり、今後もクラウドデータセンター基盤の更なる整備が望まれる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計2件)

- ① 浅原彰規, 谷崎正明, 嶋田茂, 森岡道夫, 道路の接続性を保証したテレマティクスサービスのための地図差分更新方式, 情報処理学会論文誌, Vol.49, No.1, pp.221-232, 2008年1月
- ② 谷崎正明, 丸山貴志子, 嶋田茂, テレマティクス空間情報サービスのための領域検索の高速化方式, データベース, Vol.48, No.SIG11(TOD 34), pp.93-103, 2007年6月

〔学会発表〕(計9件)

- ① 馬場一貴, 岩上實, 荻原靖友, 金井一憲, 千徳亮, 三浦末生, 米田昌司, 嶋田茂, UGC ビデオのストリームデータ処理と非同期レプリケーションによる即時的コンテキストサービス, 電子情報通信学会, 日本データベース学会共催 第3回 DEIM Forum(データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム), 2011.2.27
- ② 三浦末生, 米田昌司, 千徳亮, 馬場一貴, 金井

- 一憲,荻原靖友,嶋田茂, UGC ビデオのストリームデータ処理による即時的コンテキストサービスの提案, 楽天研究開発シンポジウム 論文集, 2010.12.18
- ③ 馬場一貴,米田昌司,千徳亮,三浦未生,金井一憲,荻原靖友,嶋田茂, 道路コンテキストサービスのためのビデオストリーム DBの自動構築, 情報処理学会第 150 回データベースシステム研究会報告, 2010.6.30
- ④ 井上重信,小関博,芝田弘之,叢建強,嶋田茂, スマートモブズへのビデオログ共有サービスの構想, 楽天研究開発シンポジウム論文集, 2009.11.14
- ⑤ 嶋田茂,井上重信,小関博,芝田弘之,叢建強, スマートフォンによるドライブログの常時記録アーカイブと映像サービスシステム(Vider)の構想, 情報処理学会 I T S 研究会, 第 38 回高度交通システム研究会論文集 2009.09
- ⑥ 嶋田茂, 最近のインメモリデータベースの動向, 第 2 回 先端的データベースと Web 技術動向講演会, 日本データベース学会, 2008.09
- ⑦ Ariya Fujita and Shigeru Shimada, Forecast of Criminal Character by Text Mining of Suspicious Person Behavior Report, The International Workshop on Data Mining and Statistical Science (DMSS2008), Sept. 2008
- ⑧ 浅原彰規,丸山貴志子,住沢紹男,青島昌司,嶋田茂, Round About パターン表示に適した制約付き最適化に基づく要約地図生成アルゴリズム, マルチメディア分散協調とモバイル(DICOM2008)シンポジウム論文集, 2008.07.11
- ⑨ Akinori Asahara, Masaaki Tanizaki, Michio Morioka, Shigeru Shimada, Locally Differential Map Update Method with Maintained Road Connections for Telematics Services, the MDM workshop RoSOC-M, 27 April 2008

[図書] (計 1 件)

- ① 嶋田茂, 清水将吾 訳著, プライバシー保護データマイニング, シュプリンガー・ジャパン, 2010, 156

[産業財産権]

○出願状況 (計 1 件)

名称: 映像データベース構築システム
 発明者: 嶋田茂
 権利者: 首都大学東京
 種類: 特許
 番号: 特願 2010-282302
 出願年月日: 平成 22 年 12 月 17 日
 国内外の別: 国内

○取得状況 (計 0 件)

名称:
 発明者:
 権利者:
 種類:
 番号:
 取得年月日:
 国内外の別:

[その他]
 ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

嶋田 茂 (SHIMADA SHIGERU)
 産業技術大学院大学・産業技術研究科・教授
 研究者番号: 20426604

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号: