1V-02

浮流無線カメラを用いた下水管検査システムにおける映像データの撮影時刻と位置情報の管理方法

堤悠喜† 立花誠也‡ 近本祐介† 石原進§
†静岡大学工学部 ‡静岡大学大学院総合科学技術研究科 §静岡大学学術院工学領域

1 はじめに

現行の下水管検査には作業時間が長い，費用が高い，危険等の問題がある．これらを解決するため，石原ら [1] は複数の浮流無線カメラを用いた検査システムを提案している．このシステムでは図 1 のように，下水管内を撮影しながら流れる浮流カメラの映像データをアクセスポイント（AP）が無線 LAN 通信で回収する．このデータはセルラー通信等を介してクラウド上の集約サーバに集められ，作業員は現場でこのデータを閲覧可能である．現場で必要な作業は AP の設置と安価に実装可能な浮流カメラの放流・回収のみである．

回収された映像データは下水管内の障害箇所の検出に用いられる．障害箇所を特定するためには，各映像フレームの撮影位置情報が必要である．しかし，広く測位に利用されている GNSS は地下では使えない．そこで，筆者らは既知の位置通過時のタイムスタンプと映像フレームのタイムスタンプから撮影位置を推定する方法を提案している [2]．また，検査システムの開発・運用・維持のために複数の浮流カメラや AP などの時刻同期が必要である．本稿では撮影位置推定およびシステムの利便性向上のための浮流カメラにおける時刻管理の方法，具体的には，浮流カメラの時刻同期と放流時刻記録のための機構を提案する．

2 複数浮流カメラを用いた検査システム

口径 200 mm 程度の下水管内での 2.4 GHz・5 GHz IEEE 802.11n 無線 LAN 通信の通信距離は 5 m–10 m 程度にとどまる．この短い通信可能時間の制約を補うため，石原ら [1] は，複数浮流カメラを用いて映像データを回収するプロトコルを開発している．このプロトコルでは，浮流カメラの放流位置および各 AP からの信号を最初に受信できる位置で区切られた区間内の映像データを，複数台の浮流カメラで分担して送信する．流速が一定であると仮定すると，浮流カメラが区間の先頭を通過した時刻を基準とした経過時間で各区間内の映像未回収範囲を記述できる．AP は自身の存在および映像未回収範囲の通知のために，一定間隔でビーコンメッセージをブロードキャストする．

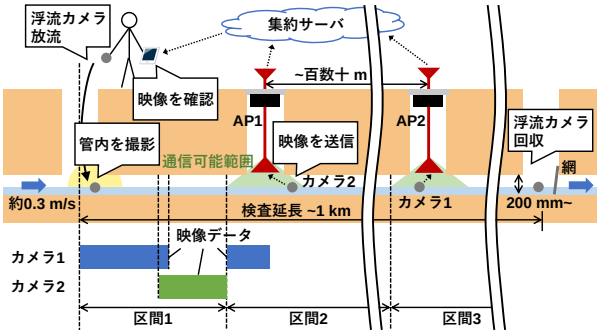

図 1: 浮流無線カメラを用いた下水管検査システム

本システムでは浮流カメラが放流を開始した時刻を撮影位置推定の基準としているため，各浮流カメラでは放流時刻が記録される必要がある．また，複数の機器からなるシステムの開発や動作検証にあたっては，ログから各機器の動作を追跡・検証できるように，全ての機器の時刻が同期していることが望ましい．しかしながら，浮流カメラは防水カプセルの中に格納されているので，作業現場で直接機器を操作するのは困難である．

3 時刻同期と放流時刻記録機構

作業現場で簡単な操作で防水カプセルを開けることなく全ての浮流カメラの時刻同期と放流時刻の記録を可能とする機構を提案する．この機構では，浮流カメラの時刻同期と放流時刻の記録のための制御端末を利用する．この制御用端末は無線 LAN インターフェースと，

Management of time and location of video data in a sewer pipe inspection system using drifting wireless cameras

Yuki TSUTSUMI†, Seiya TACHIBANA‡, Yusuke CHIKAMOTO† and Susumu ISHIHARA§
†Faculty of Engineering, Shizuoka University
‡Graduate School of Integrated Science and Technology, Shizuoka University
§College of Engineering, Academic Institute, Shizuoka University

Copyright ©2021 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.

操作用ボタン，ディスプレイ，あるいはLED等の視覚的インタフェースを有する．制御端末はインターネットへの接続性を持ち，インターネットを介してNTP[3]で全てのAPと時刻同期されている．制御端末と浮流カメラ間でやりとりするパケット数は比較的少ないため，トランスポート層プロトコルにはUDPを用いる．

3.1 時刻同期

時刻同期が完了した浮流カメラを下水に放流するため，時刻同期の完了を作業員に伝える必要がある．既に時刻同期が完了した浮流カメラに悪影響を与えることなく，時刻同期が完了しなかった浮流カメラに再度時刻同期させる機能も必要である．

本機構を用いた浮流カメラ放流時の操作は以下の通りである．図2のように，作業員は制御端末と全ての浮流カメラを起動させた後，制御端末の時刻同期用ボタンを押す．浮流カメラは起動後，無線LANのアドホックモードでメッセージの到着を待ち受ける．時刻同期用ボタンが押されると，制御端末は時刻同期メッセージをブロードキャストし，各浮流カメラとの時刻同期処理を開始する．各浮流カメラは，時刻同期メッセージを受け取ると，制御端末上で動作しているNTPサーバに対してntpdateなどのNTPクライアントコマンドを用いて時刻を問い合わせることで時刻同期を行う．時刻同期が完了すると，各浮流カメラはLED表示等により，作業員に時刻同期完了を伝える．一定時間待っても時刻同期が完了しない場合，作業員は制御端末の時刻同期用ボタンをもう一度押す．ただし，浮流カメラは時刻同期完了後一定の期間は再度時刻同期をしない．

3.2 放流時刻の記録

時刻同期されたタイムスタンプをログに記録するため，放流時刻の記録は時刻同期完了後に行う．浮流カメラは一個ずつ，できるだけ互いの通信範囲が重ならないような間隔をおいて下水に放流される．このため，時刻同期が完了した複数の浮流カメラのうち，作業員が放流したい浮流カメラのみに放流時刻の記録を指示できることが必要である．放流したい浮流カメラとは別の浮流カメラに作業員が誤って指示をしてしまう可能性があるため，放流時刻の記録の指示をキャンセルする機能，およびキャンセルするための時間的猶予があると便利である．

本機構では以下の手順で放流時刻を記録する．作業員はこれから放流する浮流カメラを選び，放流開始用ボタンを押す．浮流カメラは時刻同期完了後，放流開始メッセージの到着を待ち受ける．放流開始用ボタンが押されると，制御端末は指定された浮流カメラに放流開始メッセージを送信する．放流開始メッセージを受信した浮流カメラは，放流開始までのカウントダウンを開始し，LED表示等により作業員にカウントを伝える．このカウントが0になったとき，作業員は浮流カメラを下水に放流する．浮流カメラは，カウントが0になるとその時の自らのタイムスタンプを放流時刻としてログに記録する．

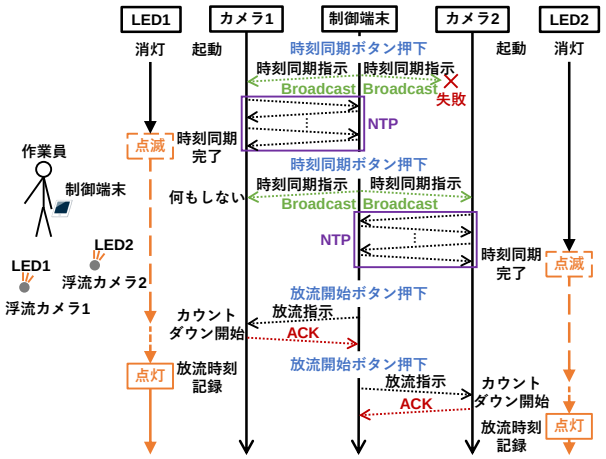

図 2: 時刻同期と放流時刻記録

放流開始指示後，作業員が放流したい浮流カメラがカウントダウンを開始しない場合，作業員は制御端末のカウントダウン中止用ボタンを押す．このボタンが押されると，制御端末はカウントダウン中止メッセージをブロードキャストする．このメッセージを受信した浮流カメラはカウントダウンを中止する．

4 まとめ

短時間・低コスト・安全な検査を可能にする複数浮流無線カメラを用いた下水管検査システムにおける撮影位置推定およびシステムの利便性向上のために，浮流カメラの時刻同期と放流時刻記録のための機構を提案した．今後は，提案した機構の実装および複数浮流カメラを用いた下水管検査システムへ統合をする予定である．

参考文献

[1] S. Ishihara, Z. Liu, S. Tachibana and T. Yasuda, “Implementation of video data transmission protocol for a narrow sewer pipe screening system using drifting wireless cameras,” 2020 International Conference on Information Networking (ICOIN), pp. 384-389 (2020).

[2] 近本，立花，堤，石原: 浮流無線カメラを用いた下水管検査システムのためのデータ集約システムの設計と実装, 信学技報 (2021).

[3] D. Mills, U. Delaware, J. Martin Ed., J. Burbank, and W. Kasch, “Network time protocol version 4: Protocol and algorithms specification,” Internet Engineering Task Force, RFC5905, 2010.

Copyright ©2021 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.