

40 社会インフラ (地下構造物) のセンシングデータ収集・伝送技術及び処理技術の研究開発



研究責任者 日本電信電話(株) NTT未来ねっと研究所 部長 吉野 一
共同研究グループ エヌ・ティ・ティ・アドバンステクノロジー(株)、首都大学東京、フジテコム(株)

研究開発の目的・内容

研究開発の目的

通信環境が過酷な地下構造物(上水道管など)のモニタリングを、環境に適した無線通信を利用したデータ収集・活用により実現し、長期に信頼性の高い予防保全に資する技術を確立する

| | 従来 (人手による数年に一回の点検) | 本研究開発による改善 (センサを用いた効率的モニタリング) |
|--------|---|---|
| 点検 | ・ 数年おきの定期点検 ・ 住民などからの通報 | ・ 長寿命化 ・ 長期メンテナンス不要なセンサの設置、活用 |
| モニタリング | ・ マンホール開閉時の交通遮断や設置/撤去作業稼働 | ・ 地下伝搬解析無線通信最適化 ・ マンホール開閉の不要 ・ 移動体および静止アクセスポイントによる自動データ収集 |
| 診断 | ・ 点検時の情報のみで判断 ・ 作業者の経験差による診断ばらつき ・ 劣化診断、予知は不可 | ・ クラウド利用機械学習 ・ 過去データの活用により漏水検出精度が向上 ・ 作業者の技術力に依存しない診断 ・ 常時監視による水道管の健全度評価 ・ 災害対応時の水道管調査等の対応迅速化 |

研究開発の内容

| 技術 | 研究開発内容 |
|-------------------------------|---|
| ア)センシングデータ収集・伝送技術 (地下構造物対象) | ・ 巡回収集方式: 走行車両からの無線センサ起動法と短時間データ伝送法 ・ 定点回収方式: 地上の柱等に設置した無線装置への長距離データ伝送法 |
| イ)センシングデータ処理技術 | ・ インフラ設備監視データ処理技術: 機械学習を活用した漏水箇所推定法 ・ 監視センサ省電力化技術: 送信データ量を削減するノイズ除去およびデータ圧縮法 |
| ウ)最適漏水監視システム計画 | ・ 漏水リスクおよび事故リスクのエリア評価・判定 ・ 水道管路ネットワークの構成を考慮した漏水監視センサの設置箇所の最適化 |
| エ)効率的な社会実装に向けた検討および高感度センサ端末技術 | ・ 経済化を含む事業者が導入しやすいデータ収集・運用方法 ・ 広周波数帯域にわたる高感度なセンサ端末技術 |

現状の成果①

データ収集方式の無線基本技術確立およびセンサ端末省電力化設計の完了

ア)センシングデータ収集・伝送技術 (地下構造物対象)

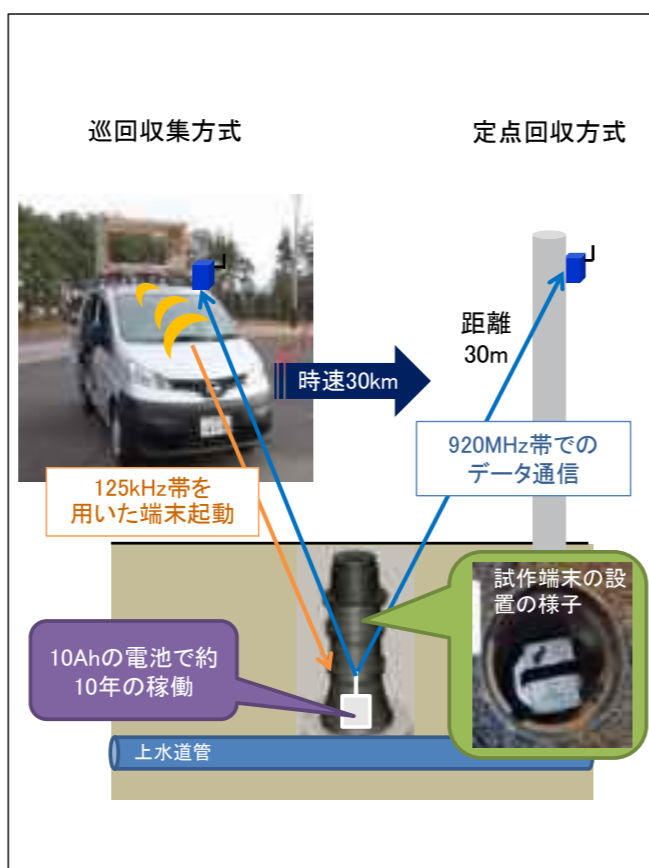
基本データ伝送技術を確立

- 無線回線設計
 - 電磁界解析と上水道管路テストベッド検証による複数の周波数帯の電波伝搬特性を明確化
 - データ伝送用周波数帯(920MHz帯)と端末起動用周波数帯(125kHz帯)を選定
 - 変調方式、誤り訂正方式、アンテナ等を選択し無線回線設計を完了
- データ伝送技術の基本性能を評価
 - 端末起動用・データ伝送用の送受信回路を試作
 - テストベッドにおいて、定点回収方式の目標である地下・地上間距離30mのデータ伝送および巡回収集方式の目標である走行中の端末起動とデータ伝送を確認
 - 実フィールドにおいて、走行中の端末起動およびデータ伝送性能を確認

イ)センシングデータ処理技術:監視センサの省電力化

目標とする5年以上の連続稼働を実現

- 装置回路を設計、シミュレーションによる消費電力評価から電池1本(容量10Ah)で約10年の連続稼働を確認



現状の成果②

漏水判定の基本技術とセンサ最適配置定式化確立および高感度センサ端末の設計完了

イ)センシングデータ処理技術:インフラ設備監視データ処理技術

小中口径金属管で漏水判定の基本技術の有効性確認

- 実データを利用した漏水判別課題の定量化
 - 管を伝う微小・微細な漏水音の特徴
 - 管路の素材や管口径、漏水量等による漏水音の特徴
 - 場所・時間帯毎に特有の不規則なノイズ
- 上記課題に対する分析手法の考案
 - 音圧・周波数分布に着目した多次元特徴抽出を用いた機械学習法
 - 音の定常性に着目した不規則ノイズ除去法
 - 音の時間的变化に着目した場所毎の個別学習モデルおよび場所に依存しない共通学習モデル

- 実測データによる考案技術の認識率確認
 - 上水道配水管として総管路長が長い小中口径金属管について、実環境を含めた検証用データに対して場所毎の学習モデルで認識率98%以上を確認し、場所に依存しない共通学習モデルを評価中
 - 多様な実フィールドにおいて考案技術の効果を確認中

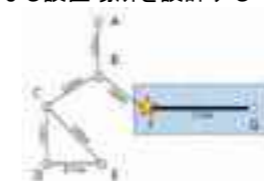


考案した分析手法の処理フロー

ウ)最適漏水監視システム計画

モデリングおよび数理最適化問題としての定式化を確立

- 漏水センサの最適配置を検討するため、施設配置問題の1つである「k-メデアン問題」に着目し、基本的なネットワークで定式化
- 定式化したネットワークに路線の重要性やリスクを考慮した重みづけを行ない、最適となる設置場所を設計する手法の基礎的評価の完了



定式化したネットワークの例

エ)効率的な社会実装に向けた検討および高感度センサ端末技術

高感度センサおよび一体型センサ端末の設計を完了

- 管路状態の監視による効率的で効果の高い社会実装に向け、従来の2倍の感度で広周波数帯域にわたる高感度なセンサ端末の設計を完了



設計した一体型高感度センサ端末

最終目標

社会実装に向け、実際の自治体の上水道環境において技術検証を完了する適用領域の拡大に向け、他のテーマとも連携し、データ収集・分析技術の機能拡張を完了する

- ア) センシングデータ収集・伝送技術 : 地下に設置したセンサからマンホールを開閉せず、長期にデータ取得可能な伝送技術の実現
- イ) センシングデータ処理技術 : 多次元特徴抽出を用いた機械学習の活用により、作業者の熟練度に依存しない漏水判定の実現
- ウ) 最適漏水監視システム計画 : 水道管路網の最適漏水監視計画のための優先度評価システムの実現
- エ) 効率的な社会実装に向けた検討および高感度センサ端末技術 : 微小な漏水音検出と長期設置が可能な実用レベルの高感度センサ端末の実現

展開イメージ

| | 取り組み内容 |
|------|---|
| 国内展開 | 老朽化の進む水道インフラの水道管モニタリングシステムとして本成果を適用し、漏水の早期発見・予防保全等の水道管の健全度管理に貢献 |
| 海外展開 | 水道管管理事業や水道インフラが未成熟な地域へ本成果を適用し、漏水の削減・水道管理事業の育成・水道インフラの整備等に貢献 |