

IoT 技術を活用した光ファイバ網監視システム

千名 敬温^{†1} 酒井 恵梨香^{†2} 鈴木 秀和^{†2}^{†1} 名城大学理工学部 ^{†2} 名城大学大学院理工学研究科

1 はじめに

高速インターネットや光放送を実現する光ファイバの整備率は 2019 年 3 月時点で 98.8% となっている [1]. 安定した通信・放送環境を提供するためには、光ファイバ網に障害が発生した際、迅速な復旧対応が求められるが、通信局側から簡便に障害発生箇所を検知できず、場所の特定に時間がかかっている。

本稿では、IoT (Internet of Things) 技術を活用した光ファイバ網監視システムについて提案する。

2 光ファイバ網の異常検知

現在の光ファイバ網では、放送サービスと通信サービスを提供している。通信サービスは双方向通信のため、センター側で障害検知が可能であるが、放送サービスではセンター側からの一方向のみ放送信号を伝送するため、途中の光ファイバ網で異常が発生しても、センター側で異常検知できないという課題がある。そのため、実際に障害が発生し、通信障害が発生している契約者等から相談を受けるまで障害に気づくことができず、対処が遅れている。また、障害発生箇所を正確に特定することができないため、異常報告のあった場所へ行き、光測定器で周辺の光ファイバを検査する必要がある。

文献 [2] では OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) を使用した光ファイバ線路監視システムが提案されている。試験的に採用している CATV 局もあるが、光ファイバ網の障害発生頻度に対してコストが高いため、実施例は少なく一般的ではない。したがって、低コストで障害を即時発見でき、かつ障害発生箇所も特定できるシステムが必要である。

3 提案システム

3.1 概要

広範囲な光ファイバ網を常時監視するシステムを安価に実現するために、IoT 技術を活用する方法を提案する。図 1 に提案システムの構成を示す。CATV 事業者のセンター局から光ファイバを宅内に引き込む際に利用される光クロージャ内に、マイコン、光パワー測定モジュール

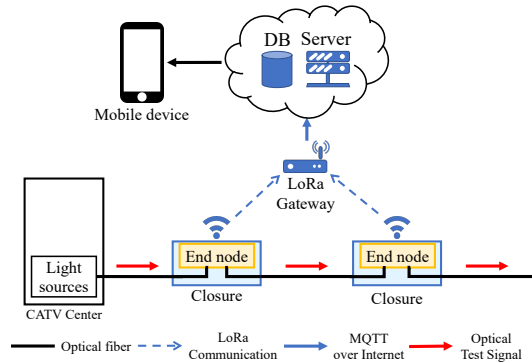


図 1 提案システムの構成

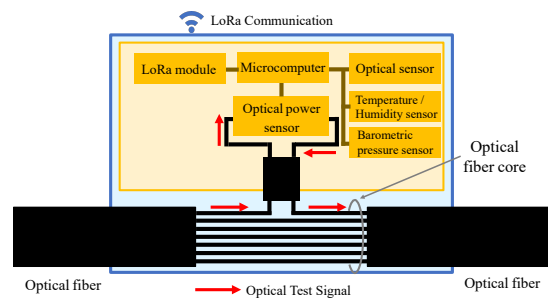


図 2 エンドノードの構成

ル、各種センサおよび LoRa 通信モジュールから構成されるエンドノードを設置する。エンドノードでは光ファイバを通ってくる光信号の強さを計測し、異常を観測したら LoRa 通信により LoRa ゲートウェイへ送信する。LoRa ゲートウェイはエンドノードから受信した通信内容を MQTT によりセンター局内のデータベースサーバへ転送する。

このように光ファイバ網を監視することにより、光ファイバの異常箇所を光クロージャ単位で把握する。

3.2 エンドノードによる障害検知方法

図 2 にエンドノードの構成を示す。光ファイバ網を監視する方法は、光パワーメータの仕組みを応用して行う。まず、センター局から通常の光通信に影響のない波長の光試験信号を常時伝送する。クロージャ内で光ケーブルの光心線 1 心を抜き出し、光パワー測定モジュールを経由するような形で光を取り込み計測していく。その計測した光パワーとセンター局から送信したの光パワーを比較して損失率を計算し、障害の有無を判断する。

クロージャのカバーが外的要因で外れてしまうことに

Optical Fiber Network Monitoring System Utilizing IoT Technology

Hidekazu Suzuki^{†1}, Taro Meijo^{†2} and Hanako Meijo^{†2}^{†1} Faculty of Science and Technology, Meijo University^{†2} Graduate School of Science and Technology, Meijo University

伴う通信障害を防止するために、光センサを利用する。さらに、光ファイバ網監視以外の利用方法も考え、温湿度センサと気圧センサも加えて設置できるようにする。

なお、クロージャは電線等に取り付けられるため、エンドノードは一度設置したら、故障しない限り年単位で稼働できることが望ましい。また、光ファイバ伝送路上には電源を確保できないため、エンドノードのソーラーモジュールとバッテリーで動作させる必要がある。そのため、エンドノードは基本的にスリープ状態で待機させるが、障害が発生した時のみ通信を行うよう低消費電力化する。なお、エンドノードの稼働状況の確認のために、最低でも1日1回はデータを送信するようにする。

4 検証と評価

4.1 プロトタイプ実装

試作したエンドデバイスは、マイコンとして Arduino Nano Every を、LoRa モジュールとして ES920LR2 を、照度センサとして LS06-S を、温湿度センサとして DHT11 を、気圧センサとして BMP280 を、光測定器として独自のものを設計し用いた。また、照度センサと光測定器はアナログ出力で、温湿度センサはデジタル出力で、気圧センサは I2C でデータを取得した。そして、LoRa ゲートウェイは TLG3901 を用い、サーバは CentOS7 を使用し、データベースは MariaDB を使用した。また、サーバのプログラムは Python で実装した。

エンドデバイスおよび LoRa ゲートウェイをセンター局内と屋外フィールドにそれぞれ2カ所設置した。なお、屋外に設置したエンドデバイスは光パワーを測定せず、クロージャ内の状態把握と LoRa 通信の検証用とした。センター局内に設置するエンドデバイスは光信号の測定も行う。

4.2 光パワーの測定

本稿では光ファイバ網の異常検知の可能性を示すために、以下の手順で検証を行った。

1. 試験用光源から送信された光信号を光 ATT (光アッテネーター) によって減衰量を調整し、光パワーメーターでその光信号の光パワー測定する。
2. 測定したレベルの光信号を光検出器に入力し、マイコン側で計測可能なアナログ出力値を測定する。
3. 試験波に対応するアナログ値を明らかにする。

図3に測定結果を示す。光パワーに対しアナログ出力が指数関数状に変化することがわかった。また、アナログ値の出力誤差範囲は ± 2 程度であった。今回使用を想定している試験波の正常な値の範囲は $-13 \sim -8$ [dB] であり、このとき観測できるアナログ値は $60 \sim 240$ の範囲である。光ファイバに異常が発生した際は光パワーが大きく変化するため、センター局側で収集した各エンド

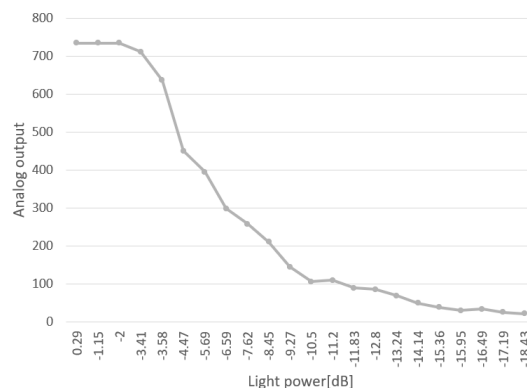


図3 光測定結果のグラフ

デバイスの光検出器からのアナログ値をモニタリングすることにより、光ファイバの異常場所を特定できる見通しが得られた。

4.3 LoRa 通信とセンサ類の検証結果

屋外のエンドデバイスは屋外に設置したゲートウェイから約 1.5km 離れた地点にあるクロージャ内に設置した。ゲートウェイを高所に設置し、エンドノードとの間に通信を妨げるような障害物はほとんどない状況とした。屋外のエンドデバイスは、クロージャ内の温湿度、気圧、照度を測定しており、これらの計測データの送信頻度は1時間に1回とした。エンドデバイスから送信されたデータは、サーバのデータベースに保存していき、その結果を観察した。

LoRa 通信の受信強度は -100 [dB] であり、信号対雑音比は $-8 \sim -3$ [dB] であった。また、データの欠損もなくサーバにデータを保存することができた。

センサ類をクロージャ内に格納したため、日中の気温が日光の影響により、外気温より最大で 5°C 近く高く測定されていた。この結果から夏場のクロージャ内の温度が高くなること、気象データを測定する場合はクロージャ外にセンサを設置するか、補正をかける必要がある。

5 まとめ

本稿では、IoT 技術を活用した光ファイバ網監視システムの検証を行った。また、光測定器の性質と実際のフィールドの稼働状況を確認をした。

謝辞

光ファイバ網に関する様々な情報及び検証環境、光測定器を提供して頂いた知多メディアネットワーク株式会社の関係各位に感謝する。

参考文献

- [1] 総務省：ブロードバンド基盤の在り方について、2020。
- [2] 安原，他：電子情報通信学会技術研究報告，光ファイバ応用技術，Vol. 101, No. 454, pp. 35–38, 2001。