

移動型テレヘッドの改良*

☆東海真志、小林優太、前川友孝、平原達也（富山県立大）

1 はじめに

移動型テレヘッドはダミーヘッドを移動プラットフォームに搭載し、ダミーヘッドの両耳に装着したマイクロホンで収録したバイノーラル信号を離れた場所で再生することを可能にするシステムである。動くダミーヘッドが収録する動的バイノーラル信号を再生することによって、あたかもその場にいるかのようなリアルな立体音像が再生される。そして、移動プラットフォームの運動制御とバイノーラル信号の通信をネットワーク経由で行うことにより、移動型テレヘッドがある場所と受聴者がいる場所の制約はなくなり、聴覚レイグジスタンス・システムとして利用できる。すなわち、人間が行きづらい場所や行きたくても行けない場所の音環境を、イヤホンを用いて受聴者の耳元に再現できる。

本稿では、先に報告した移動型テレヘッドのシステム構成と操縦インタフェースを改良した結果について報告する。

2 システム構成

改良した移動型テレヘッドのシステム構成と外観を Fig.1 に示す。移動プラットフォームは旧システムと同じ 4 輪駆動の BlackShip (Segway) で、そこにダミーヘッド、IP コーデック、RS-232C 信号を TCP/IP に乗せるデバイスサーバー UDS2100 (Lantronix)、無線 LAN 装置、ネットワーク・ビデオカメラ、バッテリーを搭載する。

バイノーラル信号は小型の IP コーデック (Instreamer, BARIX) で符号化され、無線 LAN と有線 LAN を経由して受聴者側にある IP コーデック (Exstreamer 100, BARIX) で復号化され、イヤホンから再生される。映像信号も LAN を経由して受聴者側にある PC に送られ、モニタ上に映像が表示される。受聴者が操作する BlackShip の制御信号は、二つのデバイスサーバーを介して有線 LAN と無線 LAN 経由で BlackShip に送られる。

旧システムで用いていた IP コーデック (Astral) は DC-AC インバータを利用して AC100 V を供給する必要があるため、大容量バッテリーを搭載していた。新システムで採用した Instreamer は、DC5 V で動作し、専用 LSI を用いて 20 kHz までの 2 ch の PCM 信号を短い遅延時間で符号化・復号化でき、体積も Astral の 1/10 である。これにより、新システムの搭載物重量は 24 kg から 11.5 kg になった。

アナログ信号を扱う機器には搭載した 27.6 Wh の小型バッテリーから、デジタル機器には BlackShip の内臓バッテリーから電源を供給した。新システムの連続動作時間は約 2 時間で、これは BlackShip の内臓バッテリーの制約である。

新システムは、ゲームパッド (Dualshock4) あるいはハンドルコントローラ (T300RS) での操縦を可能とし、キーボードのアローキーを用いて操縦していた旧システムと比較して操作性が格段に向上した。

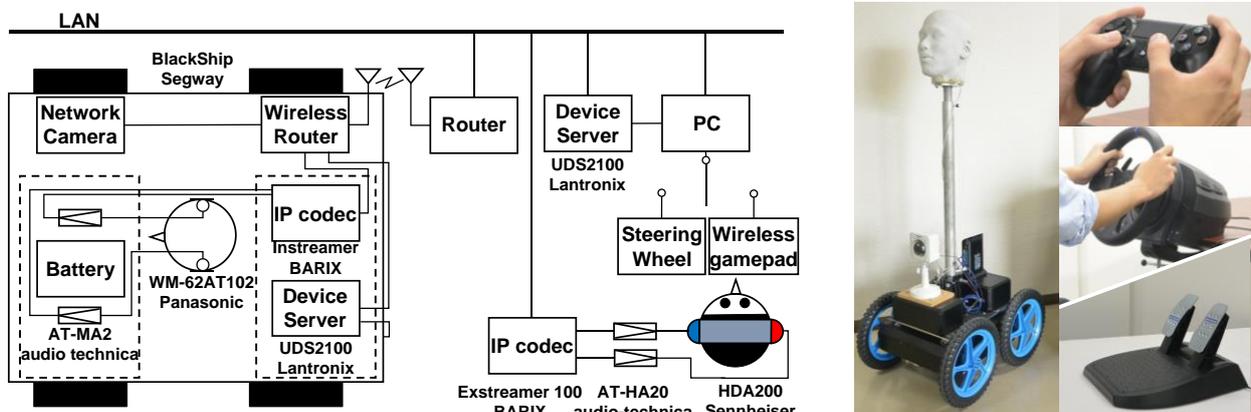


Fig.1 移動型テレヘッドのシステム構成と、その外観と、操縦インタフェース

* Improvement of the Mobile TeleHead, by TOKAI Masashi, KOBAYASHI Yuta, MAEKAWA Tomotaka and HIRAHARA Tatsuya (Toyama Prefectural Univ.)

3 改良した移動型テレヘッドの性能

3.1 音響特性

IP コーデック (Instreamer と Exstreamer 100) の周波数特性は 20 Hz~20 kHz まで-4~0 dB で平坦で (Fig.2)、左右チャンネル間の音響クロストークは 45 dB 以上であった。なお、Astral では入出力信号の電圧レベルが等しくなるように管理されていたが、Exstreamer 100 の出力信号の電圧レベルは Instreamer の入力信号の電圧レベルよりも約 20 dB 低かった。

新システムを静止したとき、最高速度で直進走行させたとき、あるいは超信地回転させたときのライン混入騒音スペクトルを Fig.3 に示す。同図からわかるように、移動型テレヘッドを動作させるとライン混入雑音レベルは平均的に 20~30 dB 増加し、また駆動系由来の雑音成分が最大で約 40 dB 加わるが、最大スペクトルレベルは 45 dB 程度である。移動型テレヘッドは環境騒音がそれなりにある場所で使用するので、これらはさほど大きな問題にはならないと考える。

3.2 通信遅延時間

富山県立大学の学内無線 LAN 経由で新システムに接続した場合、音響信号の遅延時間は 76 ms で、Astral を利用した場合の遅延時間とほぼ同じであった。このとき、Exstreamer 100 のデコード待ち時間は、音響信号の復号化に失敗しない最小値の 62 ms に設定していた。なお、このとき、ping を用いて測定したネットワークの遅延時間は 1.9 ms であった。

3.3 運動特性

移動型テレヘッドの移動プラットフォームである BlackShip の左右のモータには、直進速度に比例する速度値を与えてその運動を制御している。超信地回転時には左右のモータの回転を逆にする。新システムの最高直進速度は約 1 m/s、超信地回転時の最高回転速度は約 120°/s であった。この最高直進速度は積載重量を 34 kg まで、最高回転速度は積載重量を 18 kg まで増やしても変わらなかった。

3.4 移動範囲

無線 LAN 親機を設置した地点から、直線状の廊下では約 80 m 程度まで、曲がった廊下でも 15 m 程度までは移動型テレヘッドの制御は可能である。しかし、音響信号は直線距離では 70 m で途切れる。

3.5 操作性

障害物を置いたコースでタイムレースを行った結果、ゲームパッドとハンドルコントローラの操作性に大きな差異はなかった。

4 今後の課題

現状では、移動型テレヘッドの利用範囲は、無線 LAN が届く範囲に限定されている。ローミング機能を持つ無線 LAN の中継システムを利用すれば、校舎など建物内の移動が可能になる。また、移動体通信網を利用することによって移動型テレヘッドの移動範囲を大幅に拡張することも可能であるが、通信遅延時間が大幅に長くなるので、用途が限定される。ただし、階段や段差がある場所を走行することはできないが、これに対応するためには移動プラットフォームを変更する必要がある。

参考文献

- [1] 平原達也 他, “移動型テレヘッド,” 音講論, 839-840, 2013.09.

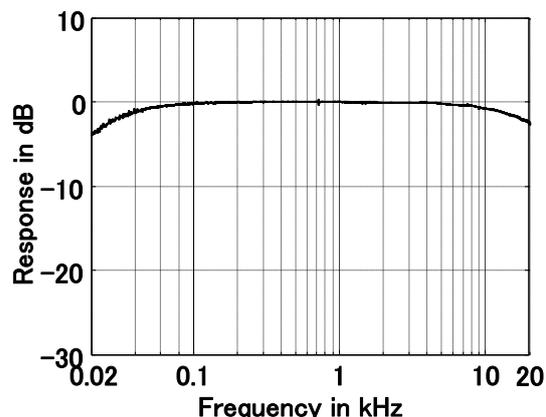


Fig.2 Instreamer と Exstreamer 100 の周波数特性

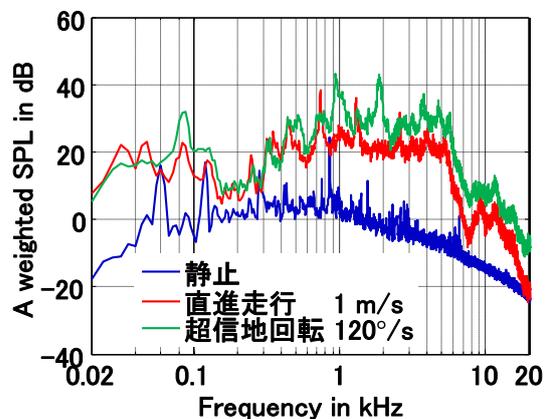


Fig.3 静止・直進時・超信地回転時のライン混入騒音スペクトル