

第 19 回レスキューロボットコンテストにおけるデバイス管理

○二井見 博文 (産業技術短期大学), 三輪 昌史 (徳島大学),
上殿 泰生 (大阪電気通大学 OB), 渡邊 彩夏(愛知工業大学)
レスキューロボットコンテスト実行委員会

Device Management in 19th Rescue Robot Contest

○Hirofumi NIIMI (College of Industrial Technology), Masafumi MIWA (Tokushima University),
Yasuo Uedono (Osaka Electro-Communication University),
Ayala Watanabe (Tokyo Institute of Technology), and Executive Committee of Rescue Robot Contest

Abstract: The rescuer robot system of Rescue Robot Contest consists of TPIP board and wireless LAN system. TPIP board is the special embedded computer board which can tele-operate from host PC with wireless LAN. Participants develop their own rescue robot with the TPIP board. In this paper, we report the operation system and network setting of rescue robot system in 19th Rescue Robot Contest.

1. 緒言

レスキューロボットコンテストでは, 無線 LAN で接続し PC から遠隔操作可能な組み込みボードを活用してレスキューロボットを操縦する. 第 19 回大会では岡山予選 17 チーム, 東京予選 7 チームの合計 24 チームが参加した. 本稿では第 19 回レスキューロボットコンテストにおける競技で使用した無線 LAN システムについて報告する.

2. レスキューロボットシステム

2.1 レスキューロボットコンテスト¹⁾

レスキューロボットコンテスト (以下レスコン) は, 大規模都市災害における救命救助活動を題材としたロボットコンテストである. 多くの方々に防災や災害対応について関心を持っていただいたり, 次世代の研究者・技術者を育てたりすることを主な目的として開催している. レスコンでは実際のレスキュー活動を単純化し, 1/6 スケールのシステムで実施されている. 1/6 スケールではあるが, 実物大のレスキューロボットとかけ離れたものではなく, 実物大でも重要となるいくつかのエッセンスが含まれている.

レスコンでは参加チームは自作したレスキューロボットを遠隔操縦する. この遠隔操縦のためのシステムとして, 2007 年の第 7 回大会より TPIP ボード (レスコンではレスコンボードと呼称) が準備された. 第 8 回大会から第 17 回大会までは, 全てのレスキューロボットは TPIP ボードにて遠隔操縦されており, 無線 LAN 子機と接続できるロボット制御用ボードは, レスコンボードのみであった. 第 18 回大会から, 無線 LAN 子機

と接続できるロボット制御用ボードとしてレスコンボード以外も使用可とした.

2.2 TPIP ボード

TPIP ボードとは, サンリツオートメーション株式会社 (<http://www.sanritz.co.jp/>) よりレスキューロボットコンテスト用に提供されている組み込み機器の通称である. レスコンではレスコンボードと呼称されている. 無線 LAN により遠隔操縦される移動ロボットのために, 複数の入出力機能に加え, ビデオ画像転送機能を持つ. また, 遠隔操縦用ソフトウェア (PC 側オペレーションソフトウェア) も提供されている. これまでに TPIP, TPIP2, TPIP3 の 3 機種が開発されており, 現行機は TPIP3 である. Fig. 1 に TPIP, TPIP2, TPIP3 の外観を示す. TPIP/TPIP2/TPIP3 ボードにより,

- ・ロボットの遠隔操縦
- ・ロボット搭載センサのデータ利用
- ・遅延のない映像転送

が可能となる.

第 19 回大会では, 書類審査で選考された機器貸与チーム(20 チーム)と主催者枠チームに TPIP3 を 3 台貸与した.

2.3 遠隔操縦システム

次に TPIP3 ボードを使用する際のシステム構成を Fig. 2 に示す. TPIP3 ボードは無線 LAN を介して PC と接続され, PC 側ソフトによって操作される. このとき, TPIP3 ボードはロボット本体に搭載され, サーボモータなど

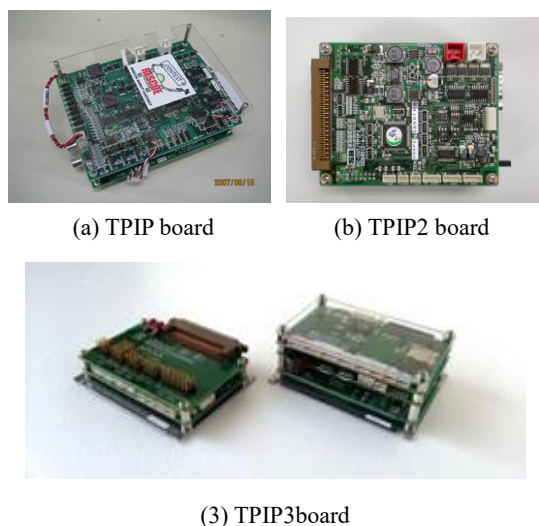


Fig. 1 TPIP Board

を操作する制御装置となる。また、TPIP3 ボードに接続されたカメラからのビデオ映像を、無線 LAN を介して遅延なく PC の画面上に表示することができる。TPIP3 では 11.a の USB 接続無線 LAN 子機を使用する。これらの機能により、TPIP3 ボードを搭載したレスキューロボットの遠隔操縦が可能となる。

3. レスキューロボットコンテストにおける電波管理方式

第 19 回レスキューロボットコンテストの本選では、会場である神戸サンボーホール 2F での競技と、1F での展示において各種無線機器が使用された。第 19 回も前回から引き続き無線機器の使用件数が多く、その管理が重要であった。レスキューロボットコンテストにおける電波管理の方針は“競技の優先”である。競技の運営に支障を来さない様に、各種無線機器の運営ルールを定めた。また、観客にも競技中は携帯電話、ゲーム機など電波を出す機器の電源を OFF、または、機内モード設定にするように依頼した。

3.1 競技における電波管理

レスキューロボットコンテストの競技では、レスキューロボットシステムの遠隔操縦に無線 LAN が使用される。コンテストは競技フィールドと呼ばれる舞台にて行われる。競技自体は 2 つのチームが同時にレスキュー活動を行う形式になっている。競技フィールドには青サイドと赤サイドの二つのコントロールルームが隣接されており、競技を行うチームはこのブースに入ってレスキューロボットの操作を行う。青サイドと赤サイドにはそれぞれ一台のアクセスポイントが準備されている。第 19 回では青サイドは 11.a の 36ch、赤サイドは同じく 11.a の 48ch の無線 LAN チャンネルを使用し

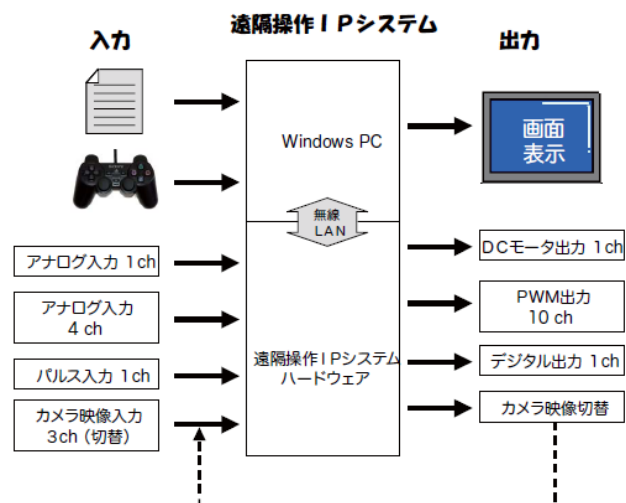


Fig. 2 Rescue Robot System Diagram with TPIP board

Table 1 IP address and SSID setting

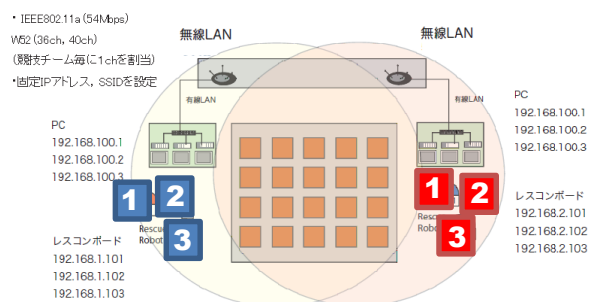


Fig. 3 System diagram of contest field

デバイス番号	01 から 24 まで (予選時は 24 チーム、本選では内 14 チーム)
SSID	DEV01～DEV24 (SSID の数字とチーム番号を一致させた)
ボード IP アドレス	192.168.#.101～ 第 3 オクテットはチーム番号第 4 オクテットは 101 から
チームの操縦用 PC の IP アドレス	192.168.#.1～ 第 3 オクテットはチーム番号第 4 オクテットは 1 から

た。Fig. 3 に競技フィールドでの電波管理方法を示す。競技フィールドでは、トラフィックの増加によるレスキューロボットへの指令の遅延やパケットロスを防ぐために、使用できる無線 LAN 機器はアクセスポイントと実行委員委員会が準備した USB 無線ドングルまたは無線 LAN カードを基本とした。規定の範囲内で、チームが準備した USB 無線ドングル等を使用することも可能である。

競技においては MAC アドレスを登録された競技専用無線 LAN 機器を競技チームに配付・使用することで、競技チームのみがレスキューロボットを接続・操作できるように制限をかけた。

各チームは持参したノート PC の無線機能を OFF にし、有線で接続したアクセスポイントを介してレスキューロボットと接続・操作する。この様に競技で使用する無線機器を制限する事で、競技フィールドでの電波管理を徹底した。また各チームにはデバイス管理者を置き、各チームの通信状況について確認・連絡をすることにした。

一方、競技で使用する要救助者を模したセンサ付き人形・ダミヤンの状態をリアルタイムで観測するための無線機器として Bluetooth が使用される。ダミヤンの状態とは、救助・搬送されるときにダミヤンに働く外力や圧力であり、これらの計測値がダミヤンに対するダメージとみなされ、競技のポイントにも関連する。Bluetooth は 2.4GHz 帯の電波機器であり、11.a の 5.6GHz 帯と重ならないため、レスキューロボットの操縦には影響しない。

3. 2 ロボット調整場での電波管理

第 10 回からチーム控え室とロボット調整場が用意された。チーム控え室では各チームにブースが準備されている。ブースには電源が用意されている。これまでチーム控室で無線を使用したロボットの調整を許可してきたが、第 19 回からチーム控室では有線のみ調整に変更した。

ロボット調整場は A、B の 2 か所準備した。そこには、救助テストに使用できるダミヤンが準備されており、無線を使用してロボットの調整を行うことができる。第 19 回から、ロボット調整場の運用方法を変更した。これまでチーム控室またはロボット調整場で無線を使用し調整できるようにするため、マルチアクセスポイント 2 台と 24 ポートハブを利用していたが、競技と同じ運用方法に変更した。調整場用の無線ドングルと無線 LAN カードを貸与し、それを使い調整場用のアクセスポイントと接続する。また、これまで、1 チーム 1 台しか調整場での無線の接続を許可していなかったが、同時に 3 台まで調整できるようにした。

調整場は 11.a の 40ch、44ch を使用した。以上の方式を採用することで、競技フィールドとロボット調整場で複数のレスキューロボットが同時に動作していても、それぞれのネットワーク間での誤接続がなく、遅延やパケット落ちがない環境が実現できた。チーム控室で有線によるレスコンボードへの接続は第 13 回大会から許可しており、これにより、チーム控室でのカメラの調整を含め、ロボットの調整が可能である。

4. 第 19 回大会における遠隔操縦ロボット用無線通信システム

第 18 回大会から、無線 LAN 子機と接続できるロボット制御用ボードとしてレスコンボード以外も使用可とした。新しい規定の要点は、

- ① これまで、無線 LAN 子機と接続できるロボット制御用ボードは、レスコンボードのみであった。無線 LAN 子機と接続できるロボット制御用ボードとしてレスコンボード以外も使用可とする。
- ② 競技会では、実行委員会が準備した無線 LAN 子機の使用を原則とするが、実行委員会が準備した無線 LAN 子機で無線接続ができない場合、チームが準備した無線 LAN 子機を申請し使用できる。
- ③ 競技会で使用するすべての無線 LAN 子機およびロボット制御ボードのリストを実行委員会に申請(遠隔操縦ロボット用無線通信システム申請書を予選の前に提出する)

である。規則の変更に伴い、運用方法等を変更した。

デバイス番号という新たな管理番号を導入した。これまで、予選参加チームを 50 音順に並べ、チーム番号を付け、その番号に従い、SSID を管理していた。しかしこの方法では、貸与機器チームの番号が 1 から 20 まで並ぶのではなく、途中で欠番が生じ、また、2 会場の予選のチーム番号は連番ではなく、途中の番号が抜け、管理が煩雑であった。そこで、デバイス番号という新たな管理番号をつけ、機器を管理することにした。まずはチーム番号の名簿から、岡山予選に参加する機器貸与チームに 1 番から順に番号をつける。次に東京予選に参加する機器貸与チームに続きの番号をつける。その次は、岡山予選に参加する機器を貸与しないチームに番号をつける。最後に、東京予選に参加する機器を貸与しないチームに番号をつける。結果として、1~15 番は、岡山予選に参加する機器貸与チーム、16 番から 20 番が東京予選に参加する機器貸与チーム、21,22 番が岡山予選に参加する機器を貸与しないチーム、23,24 番が東京予選に参加する機器を貸与しないチームになった。1 番から 20 番が機器貸与チームであり、各予選において基本的に連番になる。

第 18 回大会から無線 LAN 子機と接続できるロボット制御用ボードとしてレスコンボード以外も使用可とした。しかし、レスコンで使用される無線システムについて理解していなければ、新しい機器を導入することができない。そこで、チームメンバーにレスコンの遠隔操縦システムを理解してもらうためにレスコンボード講習会のマニュアルを作成した。そこでは、TPIP で運用されている環境を、有線接続、チーム準備専用の無線接続、競技会の遠隔操縦ロボット用無線通信システム、

Table 3 TPIP2/TPIP3 boards and Control software at preliminary round

DEV No. (22)	TPIP-2			TPIP-3		Soft-ware		Raspberry Pi 3 LA
	B	S	O	L	B	S	O	etc.
1 Okayama	-	-	-	3	-	-	3	-
2 Okayama	-	-	-	3	-	-	3	-
3 Okayama	1	-	1	2	1	2	1	JETSON-1
4 Okayama	1	-	1	2	-	-	2	Ra-1
5 Okayama	-	-	-	3	1	-	4	-
6 Okayama	-	-	-	3	1	-	4	-
7 Okayama	3	3	-	2	-	2	-	-
8 Okayama	-	-	-	3	-	-	3	-
9 Okayama	-	-	-	3	-	3	-	-
10 Okayama	-	-	-	3	-	-	3	LATTEPANDA-3
11 Okayama	-	-	-	3	-	-	3	-
12 Okayama	-	-	-	3	-	-	3	-
13 Okayama	-	-	-	3	-	-	3	Ra-1
14 Okayama	-	-	-	3	-	-	3	-
15 Okayama	-	-	-	3	-	3	-	-
16 Tokyo	-	-	-	3	-	3	-	-
17 Tokyo	-	-	-	2	-	2	-	-
18 Tokyo	-	-	-	3	-	3	-	-
19 Tokyo	-	-	-	3	1	3	1	-
20 Tokyo	-	-	-	3	1	-	4	Ra-1
21 Okayama	-	-	-	-	3	-	3	-
22 Tokyo	-	-	-	-	-	-	2	Ra-2
23 Tokyo	-	-	-	-	-	-	1	Ra-1
24 Tokyo	-	-	-	-	-	-	3	Ra-3
Sum	5	3	2	56	8	21	43	13

L: lease, B: belongings. S: standard, O: original

ロボット調整場の遠隔操縦ロボット用無線通信システムについて説明した。前述したとおり、競技会では青サイド 11.a 36ch 赤サイド 11.a 48ch, ロボット調整場は 11.a 40ch, 44ch を使用することを説明した。

事前にチームの無線システムを把握するため、第 18 回大会から事前に「遠隔操縦ロボット用無線通信システム申請書」を提出させた。そこには、使用するデバイスの IP アドレスと組み合わせを記載するようになっている。トラブルを未然に防ぐとともに、トラブル対応時の基本情報になる。また、チームが自分たちのシステムを理解することに役に立つ。

Table3 に予選(岡山, 東京)での TPIP ボードの使用状況及び、使用ソフトウェアの状況を示す。予選で使われた TPIP2 は全体で 5 台, TPIP3 は全体で、64 台であ

Table 4 TPIP2/TPIP3 boards and Control software at main round

DEV No. (14)	TPIP-2			TPIP-3		Soft-ware		Raspberry Pi 3
	B	S	O	L	B	S	O	LATTEPANDA
3 Okayama	1	-	1	2	1	2	1	JETSON-1
4 Okayama	1	-	1	2	-	-	2	Ra-1
5 Okayama	-	-	-	3	1	-	4	-
6 Okayama	-	-	-	3	1	-	4	-
7 Okayama	3	3	-	2	-	2	-	-
8 Okayama	-	-	-	3	-	-	3	-
10 Okayama	-	-	-	3	-	-	3	LATTEPANDA-3
13 Okayama	-	-	-	3	-	-	3	Ra-1
14 Okayama	-	-	-	3	-	-	3	-
17 Tokyo	-	-	-	2	-	2	-	-
18 Tokyo	-	-	-	3	-	3	-	-
19 Tokyo	-	-	-	3	1	3	1	-
20 Tokyo	-	-	-	3	1	-	4	Ra-1
21 Okayama	-	-	-	-	3	-	3	-
Sum	5	3	2	35	7	12	31	7

った。使用された TPIP3 の内、貸与物品は 56 台、チーム所有の物 8 台であり、貸与したが使用しなかったチームが 0 チーム、一部使用したチームが 4 チームであった。TPIP2 については、すべてチーム所有のものである。TPIP3 は第 14 回大会から使用が開始され、第 19 回大会では、20 チームが使用した。

ソフトウェアについては、自作化については少し停滞気味である。TPIP3 のプログラムについて(標準, 自作)を比較すると、第 16 回(12, 38), 第 17 回(12, 49), 第 18 回(27, 37), 第 19 回(21, 43)と第 17 回がピークである。

第 18 回から、無線 LAN 子機と接続できるロボット制御用ボードとしてレスコンボード以外も使用可という新しい試みを行った。第 19 回では、ラズベリーパイを使い、チャレンジしたチームが 6 チームあった。その他、JETSON, LATTEPANDA などが使用された。第 18 回大会では、ラズベリーパイを使用したチームのロボットは動かなかったが、第 19 回大会では、本選に出場したチームも TPIP 以外の機器を活用した。

5. 第 19 回大会の対策

第 18 回大会ファイナルミッションの第 2 競技から、ロボットへの無線通信がつながりにくいというトラブルが発生した。第 19 回にこのような問題が発生しないように対策を行った。

テストの結果、帯域の圧迫であるという結論に至った。帯域の圧迫が起らないように対策を行った。無線のチャンネルを青サイド:36ch, ロボット調整場 A:40ch,

ロボット調整場 B:44ch, 赤サイド 48ch のように, 競技用チャンネルを離して設定するようにした. 又, ロボット調整場の, 40ch, 44ch は, 本選で競技会場に対し鉄の扉を挟んで設置することで, 競技会場への影響を低減させることにした. また, ファイナルミッション開始以降, ロボット調整場を閉鎖した. 1 階で行われているレスコンロボット操縦体験は 44ch を使用し, ファイナルミッション開始時に, 有線に切り替えてもらうようにした.

1 チャンネルの帯域が 20Mbps を超えると, 通信障害の危険性が高まるため, チームには 1 台の TPIP 当たり 4Mbps 合計 20Mbps を超えないように注意を促した.

帯域圧迫以外のトラブルも考えられる. チームがコントロールルームに入った後の通信確認を素早く行うことができるようにするために, チームが PC の設定しやすい環境を整えた. LAN ケーブルと電源用のテーブルタップを椅子に座りすぐに手の届く範囲に設置した. また, コントロールルームにチームが入ったとき, できるだけ早くロボットの電源を入れるようにうながした.

第 19 回は, トラブルが発生することなく, 終了することができた.

6. まとめ

第 19 回レスキューロボットコンテストにおけるデバイス管理について説明した. 第 19 回から, 競技会で使用する電波の割り当てを変更した. 第 18 回から, 無線 LAN 子機と接続できるロボット制御用ボードとしてレスコンボード以外も使用可となり, 第 19 回では, 使いこなしているチームも現れた.

参考文献

1. レスキューロボットコンテスト公式ウェブページ
<http://rescue-robot-contest.org/>
2. 三輪 昌史, 二井見 博文, 上殿 泰生, 渡邊 彩夏, レスキューロボットコンテスト実行委員会 : 第 18 回レスキューロボットコンテストにおける電波管理, 第 18 回公益社団法人計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会(SI2018), 1C6-11 (2018)