

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 5 日現在

機関番号：13201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26420349

研究課題名(和文)地震津波の緊急放送用CATV放送信号の一括多チャンネルQAM光変調方式の提案と実証

研究課題名(英文)Proposal and demonstration of multi-channel QAM optical modulation scheme for CATV broadcasting signals for emergency broadcasting of earthquake and tsunami

研究代表者

菊島 浩二 (KIKUSHIMA, Kouzi)

富山大学・大学院理工学研究部(工学)・教授

研究者番号：50516242

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：地震、津波、川の氾濫などの緊急放送への使用目的や、火災などの緊急館内放送への使用目的、多チャンネルCATV放送での地域ごとのコマーシャル挿入の使用を目的として、一括多チャンネルQAM光変調方式を提案し、その原理を理論的数式と図面を用いて明確にした。地デジテレビ放送で用いられているOFDM変調方式においても、同様に多チャンネル一括OFDM変調を提案し、その原理を理論的数式と図面を用いて明確にした。

さらに、光変調器を用いる代わりにミキサを用いて、一括多チャンネルQAM変調の実証実験を行い、私達の知る限り世界で初めて成功した。実験では16QAMと64QAMのコンスタレーションが得られた。

研究成果の概要(英文)：For the use of the emergency broadcast of such as earthquakes tsunami and floods, and for the use of the emergency public announcement (PA) of such as fire, and for the use of the local commercial on CATV multi-channel broadcast, simultaneous QAM conversion of multi-channel CATV signals by using external optical modulators was proposed, and its principle was clarified by using theoretical equations with figures. Simultaneous OFDM conversion of multi-channel terrestrial digital broadcasting signals by using external optical modulators was also proposed, and its principle was also clarified by using theoretical equations with figures.

As far as we know, it is for the first time that the simultaneous QAM conversion of CATV multi-channel signals for the identical broadcast information could be executed by using electrical mixers. The constellation diagrams for 16QAM and 64QAM were successfully obtained by the experiments.

研究分野：光通信工学

キーワード：緊急放送 地上デジタル放送 館内放送システム OFDM CATV QAM ミキサ 光変調器

1. 研究開始当初の背景

研究代表者は「CATV放送信号のFM一括変換方式」(特許 2700622号)の発明者で、科学技術庁長官表彰(注目発明賞)を受賞した。この発明した技術に関する研究代表者の代表的な国際学術論文は1996年にIEEEから出版された K. Kikushima, et al., A super wideband optical FM modulation scheme for video transmission systems, IEEE J. Selected Areas in Commun., vol. 14, no. 6, pp.1066-1075, August 1996.である。この発明技術は、国際電気通信連合ITU-T(国連の専門機関)の国際標準(ITU-T J.185)となった。この国際標準の作成の際、研究代表者はITU-Tの課題責任者(ラポータ)を務め、日本ITU協会より功績賞を受賞した。研究開始当初平成25年10月、この方式によるCATV加入者数は、国内で152万世帯であった。

本研究では、この「一括してCATVの多チャンネル放送信号を変換(変調)すれば、低コストに、かつシンプルなシステム構成ができる」という研究代表者の経験を生かして、「CATV放送信号の一括多チャンネルQAM光変調方式」を新規に提案し、世界初の実証実験を行うこととした。

CATVシステム構成を図1に示す。衛星(BS, CS)により、多チャンネル映像が全国放送され、CATV局では、屋上のアンテナで受信し、CATV加入者に再送信する。衛星による多チャンネル映像は全国放送であるため、市区町村ごとで緊急放送をするためには、CATV局が独自に多チャンネル映像全てを緊急放送に切り替える必要がある。しかし、切り替えスイッチは数多くあるため、操作時間や誤操作(放送事故)の恐れなど問題がある。このため、従来システムでは、緊急用の字幕スーパーを、通常の映像に上書きする(映像を切替えない)。

衛星による多チャンネル映像のCATV局から加入者までの伝送には、QAM変調方式が用いられている。従来方式の構成を図2に示す。1台のQAM変調器では、CATV信号の広帯域な多チャンネルのキャリア(キャリア周波数90~770MHz)を同時に、一括して、同一の緊急放送番組で変調できない。チャンネルの数だけ複数台のQAM変調器が必要である。

さらに、従来からの方式では、QAM変調器をチャンネルごとで緊急放送に切り替える必要がある。緊急時への切り替えスイッチがチャンネルの数だけ数多くあり複雑である。

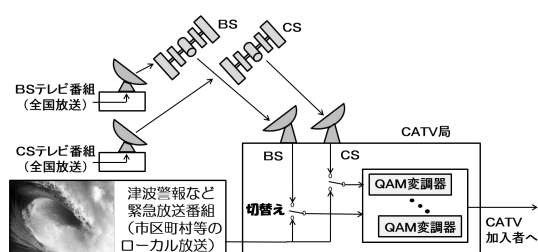


図1 CATV放送システム

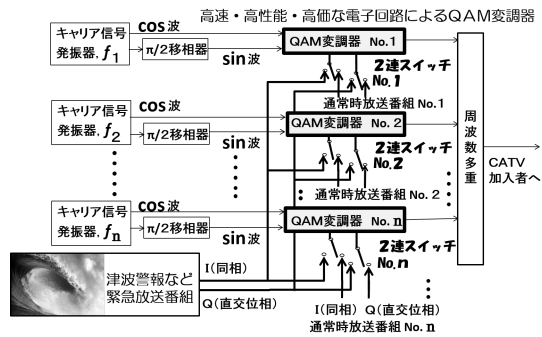


図2 緊急放送信号の一斉送信方式(従来方式)

また、緊急放送番組は通常時にはQAM変調器に入力していないので、緊急放送番組による変調を常時モニターできない。これでは、装置や部品の不良を事前に把握できず、万が一の際に、誤動作する可能性がある。さらに、万が一の際の動作不良や誤動作に対する操作も、スイッチが多くて複雑であるため、操作マニュアルも複雑となり、緊急時に間違えかねない。

2. 研究の目的

平成23年の東日本大震災では、津波が発生し多くの命が奪われた。津波からの避難は一刻も早く、また、一人でも多くの住民に情報伝達が的確に行われていればと悔やまれた。

平成25年度、研究代表者は、多チャンネルマルチキャリアを同時に一括して光変調器を用いてQAM変調するという全く新しい概念に基づく変調方式を新規に考案し特許出願した(特願2014-007695、その後、この科研費による研究の終了後の平成30年5月11日特許登録された。特許第6332977号)。

この新しいQAM変調方式を用いれば、低コストで、津波などの緊急時に、CATVのテレビ放送信号を多チャンネル一括して緊急放送でのQAM変調信号に迅速に、しかも、確実に切り替え、(字幕スーパーではなく)映像による緊迫する緊急情報が的確に伝達できるようになる。

この新規な、一括多チャンネルQAM光変調方式の、世界初の提案と実証を目的とした。

3. 研究の方法

研究代表者が新規に提案している「一括多チャンネルQAM光変調装置」(図3)の実験系を作る。

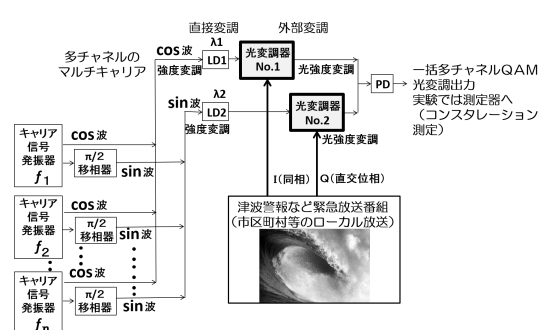


図3 緊急放送信号一括変調装置(提案)

緊急放送番組を、I 信号（同相）とQ信号（直交位相）に分け、それぞれ光変調器に入力する。

光変調器 No.1 では、多チャンネルのマルチキャリアの cos 波で強度変調したLD1 出力光を、緊急放送番組の I 信号（同相）により、さらに光強度変調する。光変調器 No.2 では、多チャンネルのマルチキャリアの位相を $\pi/2$ ずらした sin 波で強度変調したLD2 出力光を、緊急放送番組の Q 信号（直交位相）により、さらに光強度変調する。

光強度変調された 2 つの信号光は合波され、光受信機（PD）により、電気出力信号となる。

電気出力信号が、緊急放送番組の I（同相）信号と、Q 信号（直交位相）によって、一括して多チャンネルのマルチキャリアを QAM 変調した信号になるか測定器でコンスタレーションを測定する。

以上の実験により、多チャンネルを同時一括して、同一映像（緊急映像）で QAM 変調できることを実証する。

4. 研究成果

(1) 提案方式の理論的検討

まず、研究代表者が新規に提案している「一括多チャンネル QAM 光変調装置」の原理を、図面と数式を用いて明確にして、査読のある学術論文として発表した。

発表した学術論文では、多チャンネルを同時一括して、同一映像（緊急映像）で QAM 変調できることを示した。

さらに、一括して多チャンネルの搬送波を変調するので、装置を構成する部品数が少なくシンプルであり、低コストに構成できることを明らかにした。

また、提案している「一括多チャンネル QAM 光変調装置」で用いる半導体レーザダイオード（LD）のバイアス設定は、出力される QAM 信号の搬送波対雑音電力比（CNR）に影響を与えると考えられるが、これまで培われてきた光同軸ハイブリッド SCM 伝送の長年の実用化技術に基づいて解決できると考えられることも明らかにした。なお、搬送波（キャリア）ごとで、 $\pi/2$ だけ位相を遅らせるための $\pi/2$ 移相器には、広帯域移相器の適用も可能と考えられることを明らかにした。すなわち、FDM 多重した多チャンネルキャリアを一括して 1 個の広帯域移相器により $\pi/2$ だけ位相を遅らせることができることを明らかにした。

提案方式の用途としては、適用の一例として、地域毎の緊急避難情報を確実に伝達するために、CATV 局において衛星放送の再送信を停止し、非難を呼びかける緊急放送に強制的に一齐に切り替える運用も将来は考えられ、その際は、本提案方式が適用できる CATV システムの国内での加入世帯数は 2747 万世帯、世帯普及率は 49.4%（平成 25 年 12 月末）と多く、広く役立つと考えられるこ

とを明らかにした。

さらに、QAM 変調方式の拡張として、地上波デジタルテレビ放送（地デジ）で用いられている OFDM 変調方式においても、同様に多チャンネル一括 OFDM 変調ができることを数式を用いて明らかにして、査読のある学術論文として発表した。

OFDM 変調への拡張が可能になれば、CATV の地上波デジタルテレビ放送の視聴者に対しても、緊急避難情報を迅速に、かつ的確に伝送できるようになる。地上波デジタルテレビ放送のテレビ局は通常各県単位にあるが、CATV 局は各県に複数存在する。したがって、CATV 局からの情報の方が、地域情報をきめ細かく迅速に発信できるというメリットがある。また、CATV に加入していないホテルや旅館、学校等の館内放送システムにおいても適用が可能となる。館内の各部屋には家庭用テレビを用いて、この提案している多チャンネル一括 OFDM 変調方式を適用することができる。CATV チューナは不要で、家庭用テレビの画面に館内で火災が発生している場所や、不審者のいる場所を表示し、さらには、避難経路までも表示することが可能となる。すなわち、これにより、建物内での火災や強盗などからの避難情報を迅速に、かつ、的確に伝送できるようになる。

(2) 提案方式の実証実験

まず、「一括多チャンネル QAM 光変調装置」の実証のための基礎実験を実施した。最終的な構成では、緊急放送番組を、I 信号（同相）と Q 信号（直交位相）に分け、それぞれ光変調器に入力するため、2 台の光変調器が必要となるが、基礎実験として、1 台の光変調器を用いて I 信号（同相）に関してのみの実験を実施した。すなわち、この基礎実験では、多チャンネルのマルチキャリアの cos 波で強度変調した半導体レーザ（LD1）出力光を光変調器に入力し、緊急放送番組の I 信号（同相）により、さらに光強度変調した。

光強度変調された信号光を、光受信機（PD）により、電気出力信号に光電変換し、オシロスコープと、スペクトルアナライザにより測定した。これにより、緊急放送番組の I（同相）信号によって、一括して多チャンネルのマルチキャリアを QAM 変調できたことが実証できた。

以上のとおり、研究代表者が新規に提案している「一括多チャンネル QAM 光変調装置」の実証のための基礎実験が成功した。

このように 1 台の光変調器を用いる基礎実験は成功したものの、最終的な構成での 2 台の光変調器を用いて光信号処理を行う実験は、いまだ、継続中である。しかし、最終的な構成ではないものの、光変調器を用いる代わりにミキサを用いて、一括多チャンネル QAM 変調の実験を行い、研究代表者の知る限り世界で初めて成功した。この実験結果を査読の

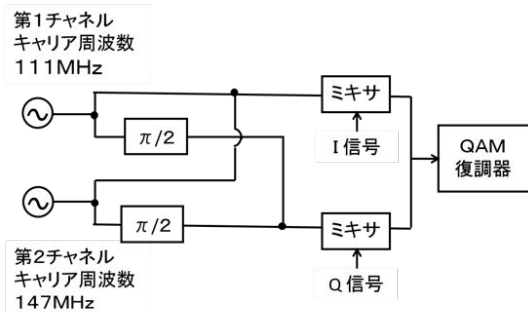
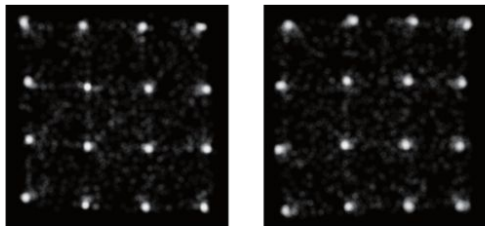


図4 ミキサによる一括QAM変調の実証実験系



(a) 16QAM 111MHz (b) 16QAM 147MHz

図5 コンスタレーション測定結果

ある学術論文に発表した。

実験では、111MHz、147MHzの2つのチャンネル搬送波を、それぞれ2分岐し、サイン波成分と $\pi/2$ 位相遅延したコサイン波成分に分け、各成分で周波数多重する。2波周波数多重されたサイン波成分はミキサにより映像のI成分(同相成分)で一括変調する。また、2波周波数多重されたコサイン波成分はミキサにより映像のQ成分(直交成分)で一括変調する。これら2つの出力信号を合成することで、多チャンネル一括QAM変調方式における被変調波信号が得られる。得られた出力信号を受信機のQAM復調器により復調し、コンスタレーションを測定した。この実験系を図4に示す。

測定したコンスタレーションは16QAM、64QAMいずれも良好であり、搬送波ごとにQAM変調する従来方式に比べて、本提案の一括QAM変調方式によっても、変調の精度を表すEVM値は、ほとんど遜色なかった。測定した16QAMのコンスタレーションを図5に示す。

なお、情報信号(I,Q信号)は、疑似ランダムパターン信号であり、シンボルレートは5.274Mbaudに設定した。

実験では、16QAM、及び64QAMのどちらの方式においても、同一情報信号で一括QAM変調された2つのチャンネル搬送波のそれぞれから、情報信号を復調することができた。

これにより、一括QAM変調方式を実証することができた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 3件)

MUROTANI Junji, NAKAMURA Masaaki, KUBOIKE Yuki, NAKAMURA Takahiro, KIUSHIMA Koji, QAM Conversion of CATV Multi-Channel Signals by Identical Broadcast Information Using Mixers, IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems, vol.138, No.3, pp.271-272, 2018 (査読有)
DOI:https://doi.org/10.1541/ieej.138.271

MUROTANI Junji, NAKAMURA Masaaki, KUBOIKE Yuki, KIUSHIMA Koji, The Proposal of OFDM Conversion and Switching of Multi-Channel Terrestrial Digital Broadcasting Signals Using the Same Broadcasting Information, IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems, vol.137, No.6, pp.862-863, 2017 (査読有)
DOI:https://doi.org/10.1541/ieej.137.862

KIKUSHIMA Koji, Proposal of QAM Conversion of Multi-Channel CATV Signals by Using External Optical Modulators, The Journal of The Institute of Image Information and Television Engineers, Vol.68, No.11, pp.J517-J521, 2014 (査読有)
DOI: https://doi.org/10.3169/itej.68.J517

〔学会発表〕(計 6件)

石川知樹, 菊島浩二, CATV画面分割システムの実用化に向けた検討, 北陸地区学生による研究発表会, C-2-5, 鯖江市, 2017年3月

宮島凌, 菊島浩二, 64QAMにおける角度ずれ及びノイズの影響, 北陸地区学生による研究発表会, C-2-7, 鯖江市, 2017年3月

石川知樹, 菊島浩二, CATVを用いた津波警報画面の改善, 情報科学技術フォーラム(FIT2016), O-001, 富山市, 2016年9月

炭澤幸佑, 菊島浩二, 遠隔操作によるCATV画面分割システムの提案, 情報科学技術フォーラム(FIT2016), O-002, 富山市, 2016年9月(FIT奨励賞 受賞)

松山優吾, 菊島浩二, 外部光変調器を用いた光信号処理による一括AM変調, 情報科学技術フォーラム(FIT2016), O-003, 富山市, 2016年9月

江川涼一, 菊島浩二, CATV多チャンネルに対する外部光変調器を用いた一括QAM変調(I軸のみ), 情報科学技術フォーラム

(FIT2016) , O-004 , 富山市 , 2016 年 9 月

〔その他〕
ホームページ等

富山大学公式チャンネル YouTube
https://www.youtube.com/watch?v=mBlkk7Ks2Yo&list=PL81ldJF6ek7J1j0Mu5mj3J3x-sxX_4tG1
Tom's TV, 北日本放送 2017 年 5 月 7 日放送

富山大学のホームページ
<http://www3.u-toyama.ac.jp/advcs/lab/newpage16.html>
研究テーマ 光信号処理による緊急放送用一括変調方式

6 . 研究組織

(1)研究代表者

菊島 浩二 (KIKUSHIMA, Kouzi)
富山大学・大学院理工学研究部・教授
研究者番号 : 5 0 5 1 6 2 4 2