

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 1 日現在

機関番号：17104
 研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2010～2012
 課題番号：22760279
 研究課題名（和文）メッシュ無線通信網におけるセキュア動画像伝送のための画質制御に関する研究
 研究課題名（英文）Image Quality Control for Secure Image Transmission over Wireless Mesh Network
 研究代表者
 黒崎 正行（KUROSAKI MASAYUKI）
 九州工業大学・大学院情報工学研究院・准教授
 研究者番号：80404094

研究成果の概要（和文）：

本研究では、デジタルシネマ動画像のメッシュ型無線伝送システムでの最適画質制御手法を提案する。本手法は、メッシュ無線通信と通信路符号化、情報源符号化を融合させたものであり、それぞれのスケーラビリティを組み合わせることにより、有効に動画像を通信することが可能である。加えて、暗号領域における数値演算技術とも融合させることにより、暗号領域上で全ての演算を終了できるため、セキュアで柔軟な最適画質制御が可能となる。

研究成果の概要（英文）：

In this research, we propose an image quality control method for secure image transmission over a wireless mesh network. This method combines the wireless mesh network, a channel coding method and a source coding method. Using scalability features of these methods, we can transmit a high quality video. In addition, secure transmission can be achieved by combining these methods with an encrypted domain calculation method,

交付決定額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|---------|-----------|---------|-----------|
| 2010 年度 | 700,000 | 210,000 | 910,000 |
| 2011 年度 | 500,000 | 150,000 | 650,000 |
| 2012 年度 | 800,000 | 240,000 | 1,040,000 |
| 年度 | 0 | 0 | 0 |
| 年度 | 0 | 0 | 0 |
| 総計 | 2,000,000 | 600,000 | 2,600,000 |

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・通信・ネットワーク工学

キーワード：JPEG2000、セキュア・ネットワーク、情報通信工学、暗号

1. 研究開始当初の背景

近年、メディア通信の分野において動画像データをより高速に無線通信システムで伝送することが求められている。それに伴い、1Gbps を越える伝送速度を目標とした次世代無線 LAN（IEEE802.11ac）の標準化やメッシュ型の無線通信網、5Gbps を超える無線 LAN システムの実験が行われている。加えて、画像符号化では、米国において、デジタルシ

ネマ規格が策定され、2009 年 10 月現在、世界で 7000 館以上のデジタル化が終了するなど、今後デジタルシネマ画像をメッシュ型の無線通信網で伝送することが期待されている。一般に、通信路符号化では誤りを規範として、誤りが 0 になるよう制御されている。しかしながら、画像符号化を主とした動画像伝送では、画質が規範であり、誤りの発生を許容する。このように画質を規範として

制御するためには、画像符号化のみならず通信路符号化を融合した規範が必要となる。

本研究は、通信路符号化、画像符号化及びメッシュ型の無線通信が融合している領域と暗号領域での演算技術を融合した領域の研究である。様々な複合領域が存在するが、通信路符号化と画像符号化を組み合わせる手法については、JSCC (Joint Source and Channel Coding) として研究されている。しかしながら、通信路符号化と動画像符号化の関係に着目した最適画質制御に関する手法については、十分に行われていない。

2. 研究の目的

本研究では、画像符号化、通信路符号化を融合した規範だけでなく、メッシュ型の無線通信及び暗号領域をも融合した画質を規範とすることで、無線通信において、セキュアにかつ最適な画質で通信可能な動画像通信を行うことを目的とする。具体的な目的及び目標は以下の通りである。

(1) メッシュ無線通信における誤り訂正符号のスケラビリティと動画像画質との関係及び画質規範のコスト関数を算出する。

(2) 上記より複合コスト関数を用いた最適画質制御手法を提案する。

(3) 暗号領域での演算を用いたセキュアな最適画質制御手法を提案する。

(4) 超高速な最適画質通信のために必要なデジタルシネマ無線通信システムへの応用を目指す。

3. 研究の方法

(1) において、本手法は、4 分野を融合した手法であり、まず、画像符号化、通信路符号化及び複数の通信容量の異なるパスを有する通信での最適画質を求める (図1参照)。併せて、LDPC (Low Density Parity Check) が有するスケラビリティを結合し、画質を導出する。

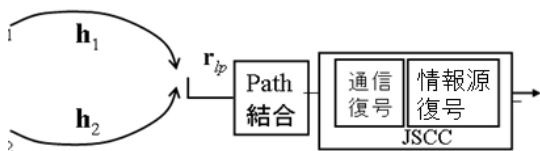


図1 複数パスを有する画像伝送システム

(2) (1) において算出された評価規範を用いて最適画質通信システムの提案を行い、コンピュータシミュレーションにより、提案法の有効性を示す。

(3) 暗号領域での演算を組み合わせるために暗号領域における演算手法を用いて信号を処理することを提案する。

(4) 画像伝送システムに適用するために、暗号領域の演算を用いたシステムを構築し、リアルタイム性について検討する。

4. 研究成果

(1)、(2) において、複数の通信路を有する無線伝送路誤りと画質についての関係を求めた。加えて、メッシュ型無線伝送路の変動について複数通信網を有するMIMO (Multi-Input Multi-Output) 通信システムの評価式を拡張してエネルギー制御と通信容量の定式化を行い、コンピュータシミュレーションで検証した。

また、得られた結果より、無線伝送路の変動についての MIMO 通信システムでの評価規範を用いた最適画質通信システムを提案した (図2参照)。提案は、物理層 (PHY) を変更するもの、MAC (Media Access Control) 層を変更するものの2つを提案した。これらのシステムに対して、通信路符号 (誤り訂正符号) 分野とメッシュ無線通信における分野、及び情報源符号化 (画像符号化: JPEG2000 符号化) の分野における複合的な画質を評価した。評価結果を図3に示す。図3に示すように従来法よりも高い画質を得ることが可能であった。

以上のことから、画質を規範としたシステムにおいて提案手法は最大画質が得られていることを確認した。

これらの結果については、学会発表を通じて公表している。

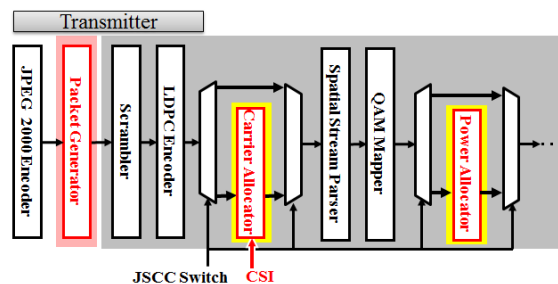


図2 提案する画質伝送システム (送信機)

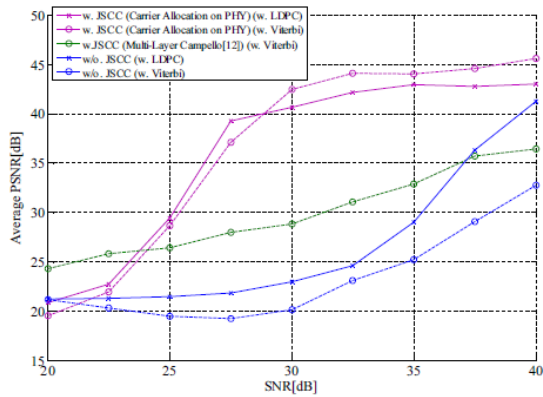


図3 画質制御を行った場合の伝送特性

(3)、(4)において、図4、図5に示すような画像伝送システムを構築し、その上で、暗号領域での演算についての検証を行った。

提案システムでは、Paillierにより提案された公開鍵暗号方式である Paillier 暗号を用いている。そのため、式(1)に示すような、加法準同型性を利用することが可能である。

$$\text{Enc}[m_1] \times \text{Enc}[m_2] = \text{Enc}[m_1 + m_2]$$

・・・(1)

ここで、 m は平文を示し、 $\text{Enc}[\]$ は、暗号化の処理を示す。

この性質を利用して演算することで、平文の処理を暗号領域で行うことができるため、平文に戻して直接処理する必要がない。これにより、提案システムはセキュアな画像伝送が可能となった。

これらの結果については、学会発表を通じて公表している。

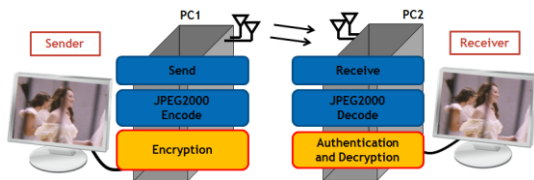


図4 画像伝送システムの概要

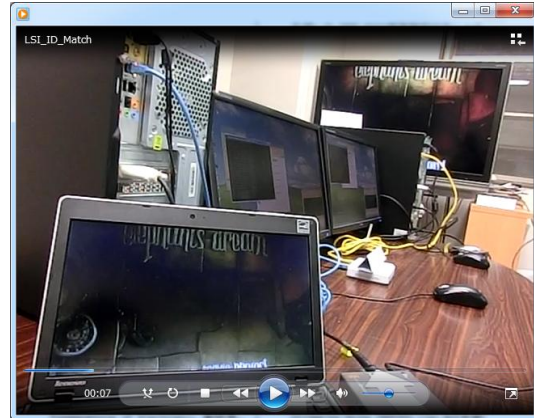


図5 画像伝送システム

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1件)

- ① Yuya Miyaoka, Yuhei Nagao, Masayuki Kurosaki and Hiroshi Ochi, RTL Design of High-Speed QR Decomposition for MIMO Decoder, IEICE Transactions on Fundamentals of Electronic, 査読有, Vol. E95-A, 2012, pp. 1991-1997

〔学会発表〕(計9件)

- ① 黒崎正行, 他, IEEE802.11ac 無線 LAN システムを用いた低演算量 Joint Source-Channel Coding に関する研究、電子情報通信学会総合大会、2013年3月21日、岐阜大学(岐阜県)
- ② R. Ito, M. Kurosaki, 他, JPEG 2000 Wireless Image Transmission System using Encryption Domain Authentication, 15th International Conference on Advanced Communications Technology, 2013年1月28日, Phoenix Park (Korea)
- ③ 伊東亮, 黒崎正行, 他, 暗号領域での認証を用いた JPEG 2000 画像無線伝送システムの実装に関する一検討、第25回回路とシステムワークショップ、2012年7月31日、淡路夢舞台(兵庫県)
- ④ H. Ochi, M. Kurosaki, 他, JPEG 2000 Image Transmission using Encryption Domain Authentication by Paillier Cryptosystem, IEEE International Conference on Communications, 2012年6月14日, Ottawa (Canada)

- ⑤ 黒崎正行、他、暗号領域での認証を用いた JPEG 2000 画像無線伝送システム、電子情報通信学会 総合大会、2012 年 3 月 23 日、岡山大学 (岡山県)
- ⑥ M. Matsuo, M. Kurosaki, 他, Image Transmission using Encryption Domain Authentication for Mesh Network, 2011 International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia (SISA2011), 2011 年 11 月 1 日, Nagasaki Brick Hall (Nagasaki)
- ⑦ 平田雄也、黒崎正行、他、JPEG2000 動画像の Paillier 認証システムに関する研究、画像電子学会、2011 年 3 月 3 日、鹿児島大学 (鹿児島県)
- ⑧ M. Matsuo, M. Kurosaki, 他, HDTV over MIMO Wireless Transmission System, IEEE Consumer Communications and Networking Conference, 2011 年 1 月 10 日, Lavages, (USA)
- ⑨ M. Kurosaki, 他, HDTV Wireless Streaming Using IEEE802.11ac 4x5 MIMO WLAN System, 2010 International Workshop on Information Communication Technology, 2010 年 8 月 24 日, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (Thailand)

[図書] (計 1 件)

- ① 尾知博、川村新、黒崎正行、デジタル・デザイン・テクノロジー No.6 SUMMER “音声&画像処理の常識”、CQ 出版、July、2010、127 (pp. 64 - pp. 100、pp. 120 - pp. 127)

[その他]

ホームページ等

<http://dsp.cse.kyutech.ac.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

黒崎 正行 (KUROSAKI MASAYUKI)

九州工業大学・大学院情報工学研究院・准教授

研究者番号：80404094