

Title	Enhancement of Access Network through Utilization of Optical Resources
Author(s)	椎名, 亮太
Citation	大阪大学, 2022, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/88146
rights	© 2022 The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers.
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

論文内容の要旨

氏 名 (椎名 亮太)	
論文題名	Enhancement of Access Network through Utilization of Optical Resources (光資源の活用によるアクセスネットワークの高度化)
論文内容の要旨 本研究は、高速化・広帯域化が進むアクセスネットワークにおいて、サービス品質を考慮しつつ、柔軟かつ経済的に多様なサービスを収容するための技術確立を実現することを目的に行われた。有線サービスとして、放送信号のデジタル通信用ネットワークを利用した光再送信を実現するための映像配信システムを考案し、理論解析を加え装置の特性を明らかにするとともに、伝送レート削減に関する手法の確立を行い、実験的検討を加え、有効性を検証した成果をまとめた。また、無線サービスとして、高密度無線 LAN において光無線を制御に活用した位置ベースのネットワーク提供・制御を実現する無線システムを考案し、それを簡易治具で実現するための光 Identifier (ID) 送受信方式および制御方式を確立し、実験的検討を加え、その有効性を検証した成果をまとめた。本論文は、以下の5章で構成される。 第1章では、本研究の背景として、アクセスネットワークの現状と研究分野の変遷について述べた。さらに、映像配信サービスと無線 Local Area Network (LAN) サービスについて述べ、本研究の位置づけと研究目的を明らかにした。 第2章では、放送信号の光再送信を、通信用の共用光ネットワークを介して実現するため、Digitized Radio-over-Fiber (DRoF) 技術を適用した光再送信システムを提案した。DRoF 技術の適用により、光ネットワークの両端に従来と同じ同軸インターフェイスを具備しながら、信号のデジタル伝送を可能することで、通信信号と放送信号の光ネットワークの共用化や、伝送距離拡大に伴う再送信設備数削減を実現する。本システムにおける具体的な送受信機信の構成を示しつつ、理論と実験のそれぞれの観点から、実現性を評価した。また、本システムでは、Radio Frequency (RF) 信号を直接デジタル化するため、伝送レートの増大が技術的課題となることから、量子化数削減による伝送レート削減手法の提案を併せて行った。信号処理構成を簡素化しつつ十分な伝送レート削減効果を得るために、信号クリップと非線形量子化を組み合わせた方式を検討し、その効果を、商用地上デジタル放送信号を用いた実験により検証した。 第3章では、2章で示した DRoF 技術を適用したシステムを基盤として、衛星放送を効率的に収容するための動的システムの提案を行った。衛星放送の無線伝搬路において発生する降雨減衰によって発生する再送信設備への入力信号の揺らぎに対して、伝送レートの削減効率を向上するために、信号の品質に応じ、動的なパラメータ割り当てを実現するシステムを考案した。降雨減衰の予測モデルと実験的評価を通して、従来固定方式と比べた提案手法の削減量を比較評価し、提案の有効性を検証した。 第4章では、光アクセスネットワークにおいて収容されるサービスのうち、無線 LAN サービスに着眼し、当該サービスにおける高品質な無線環境の実現に向けた無線 LAN システムを示した。従来の無線 LAN システムでは場所に応じた柔軟なサービス提供が困難であるという課題に対して、光資源を活用したシステムを考案した。提案システムでは、無線 LAN サービスエリアを光源による小セルで分割し、小セルごとに Access Point (AP) への接続先制御を実現する。また、光セルと AP 間での位置関係を利用し、端末の場所に応じた接続先制御を実現する。提案システムでは、小セルごとに配下の端末に対して、接続情報に対応する光 ID を送信する。光 ID の送受信をより簡素的な装置で実現するために、Internet of Things (IoT) スマート照明とスマホ照度センサを活用した光 ID 送受信方式について提案した。光 ID 送受信方式の実現性ならびに有効性を、実験的に検証した。また、提案システムの特徴である場所に応じた無線制御の実現に向け、端末分布の時間的な変動に対して生じる通信品質の低下に対して、二つの光セル制御方式を提案した。光セル制御方式の有効性は、複数の端末分布環境の下で、その有効性を検証した。 第6章では、以上の研究によって得られた成果を総括し、本論文の結論を述べた。	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (椎 名 亮 太)			
論文審査担当者	(職)		氏 名
	主 査	教授	渡辺 尚
	副 査	教授	村田 正幸
	副 査	教授	長谷川 亨
	副 査	教授	山口 弘純
	副 査	教授	松岡 茂登

論文審査の結果の要旨

近年、高速化が進むアクセスネットワークにおいて、多様なサービスを提供しうる方式をいかに実用的に校正するかが重要な課題となっている。

本論文は、この課題に対し、有線ネットワークおよび無線ネットワークのそれぞれの技術を俯瞰的に実現することを目的として為された研究をまとめたものである。有線ネットワークでは、放送信号のデジタル通信用ネットワークを利用した光再送信を実現するための有線映像配信システムを考案し、理論解析を加え装置の特性を明らかにするとともに、伝送レート削減に関する手法の確立を行い、実験的検討を加え、有効性を検証した成果をまとめている。また、無線ネットワークでは、高密度無線LANにおいて光無線を制御に活用した位置ベースのネットワーク提供・制御を実現する無線システムを考案し、それを簡易治具で実現するための光ID送受信方式および制御方式を確立し、実験的検討を加え、その有効性を検証した成果を述べている。

本論文では、まず背景として、アクセスネットワークの現状と研究分野の変遷、光再送信サービスと無線サービスについて述べ、本研究の位置づけを明らかにしている。

次に、放送信号の光再送信を、通信用の共用光ネットワークを介して実現するため、digitized radio-over-fiber (DRoF) 技術を適用した光再送信システムを提案している。DRoF技術の適用により、光ネットワークの両端に従来と同じ同軸インターフェイスを装備しながら、信号のデジタル伝送を可能することにより、通信信号と放送信号の光ネットワークの共用化や、伝送距離拡大に伴う再送信設備数削減を実現する。本システムにおける具体的な送受信機信の構成を示し、理論と実験のそれぞれの観点から、実現性を評価している。また、本システムでは、RF信号を直接デジタル化するため、伝送レートの増大が技術的課題となることから、伝送レートを削減するために量子化数削減を実現する手法の提案を併せて行った。信号処理構成を簡素化しつつ十分な伝送レート削減効果を得るために、信号クリップと非線形量子化を組み合わせた方式を検討し、伝送レート削減効果を商用地上デジタル放送信号を用いた実験により検証した。その結果、28.6%の伝送レート削減を達成し、既存Passive Optical Network (PON)システムにおいて商用地上デジタル放送信号が収容可能であることを実証した。

また、提案したDRoF技術を適用したシステムを基盤として、衛星放送を効率的に収容するための動的システムの提案を行っている。衛星放送の無線伝搬路において発生する降雨減衰によって発生する再送信設備への入力信号の揺らぎに対して、伝送レートの削減効率を向上するために、信号の品質に応じて動的パラメータを割り当てを実現するシステムを考案している。降雨減衰の予測モデルと実験的評価を通して、従来固定方式ならびに従来動的方式と比べた提案手法の削減量を比較評価し、提案の有効性を検証した。その結果、従来固定方式戸と比べて平均62.5%、従来動的方式と比べて平均40%の伝送レート削減が可能であることを明らかにしている。

最後に、光アクセスネットワークにおいて収容されるサービスのうち、無線LANサービスに着眼し、当該サービスにおける高品質な無線環境の実現に向けた無線LANシステムアーキテクチャを構築している。従来の無線LANシステムでは場所に応じた柔軟なサービス提供が困難であるという課題に対して、光資源を活用したシステムを提案している。提案システムでは、無線LANサービスエリアを光源による小セルで分割し、小セルごとにAP接続先制御を実現し、光セルとAP間での位置関係を利用し、端末の場所に応じた接続先制御を実現する。提案システムで

は、小セルごとに配下の端末に対して、AP接続情報に対応する光IDを送信する。光IDの送受信をより簡易な装置で実現するために、IoTスマート照明とスマホ照度センサを活用した光ID送受信方式について提案している。光ID送受信方式の実現性ならびに有効性を、IoTスマート照明とスマホ照度センサを用いることにより実験的に検証している。また、提案システムの特徴である場所に応じた無線制御の実現に向け、端末分布の時間的な変動に対して生じる通信品質の低下に対して、二つの光セル制御方式を提案し、その有効性を複数の端末分布シナリオの下で検証し、端末の極端な分布集中に対して、AP合計容量を維持しつつ、AP配下の端末間での公平性を担保することが可能であることを示している。

以上の成果は、次世代のアクセスネットワークの多様性、有用性を支える根幹技術であり、学術的価値が高くまた情報社会のさらなる発展に大きく貢献する。よって、博士（情報科学）の学位論文として価値あるものと認める。