The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	アプリケーション指向ネットワークの自律的構成・管理技術に関する研究
Author(s)	植田, 和憲
Citation	大阪大学, 2022, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/89486
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　植田和憲　）	
論文題名	アプリケーション指向ネットワークの自律的構成・管理技術に関する研究

論文内容の要旨

インターネットをはじめとするネットワークは，接続されるデバイスの多様化に伴って利用用途や利用目的も多様化しており，インフラとしての一般化がより進んでいるといえる．同時に，スマートデバイスの普及を要因として，個人がネットワークを介してアプリケーション（ネットワークアプリケーション）を利用する頻度も増加している．このような状況においては，アプリケーションの品質を高め，ユーザの満足度を高めることが重要である．アプリケーション品質向上のための技術は，単一ユーザやアプリケーション単体での評価や特定の制御手法を対象としたものから始まり，各種の評価手法や制御手法が提案，開発されてきた．

アプリケーションの品質に関しては，アプリケーション側の要件，ネットワーク側の要件があるが，ネットワーク帯域といったネットワーク資源が十分でないようなケースでは，特定のアプリケーションの品質を向上あるいは維持するために，ネットワークにおいてアプリケーションの特性や要件を考慮したネットワーク品質の制御を行う必要がある．本論文では，ネットワーク資源が十分でない環境において，ユーザの満足度を高めることを目的として特定のアプリケーションの品質を向上または維持するためにネットワーク側で必要な処理や制御を行うことをアプリケーション指向，その主体となるネットワークをアプリケーション指向ネットワークとそれぞれ定義する．アプリケーション指向ネットワークの課題を整理した結果，主な課題としていくつかのアプリケーションの組み合わせをネットワークの運用管理として品質向上させる課題，アプリケーションの品質向上をオーバーレイネットワーク（いわばミドルレイヤー）の構築管理で解決する課題，さらに，リンクレイヤーの構成変更で解決する課題があげられ，それぞれはネットワーク運用管理，オーバーレイネットワークの構築管理，ネットワークの構築・構成の各観点で解決方法を考える必要がある．本論文では，アプリケーション指向ネットワークの実現のため，アプリケーション指向ネットワークにおけるユーザおよびその集団の効用に基づく運用管理，コンテンツ発見のためのマルチオーバーレイネットワーク構成法，無線メッシュネットワークにおけるアプリケーション品質の向上のためのネットワーク構成法のそれぞれについてのアプローチに基づく提案手法を示す．

ユーザおよびその集団の効用に基づく運用管理に対しては，アプリケーションを複数のクラスに分け，SDN（Software Defined Network）をベースとするネットワークにおいて管理する手法を提案する．計測可能なネットワークに関する品質であるネットワーク QoS（Quality of Service）を新たに定式化して定義したユーザ効用に対応づけ，ユーザ効用による定量的な評価を可能とする方法を提案した．また，ユーザの集団の効用についても定式化することで，特定アプリケーションのユーザの満足度を評価できるようにする方法についても提案した．アプリケーション指向ネットワークをモデル化して行ったシミュレーション結果によって，典型的なアプリケーション指向ネットワークにおける運用方針設定のための指針を示すことができた．

コンテンツ発見のためのマルチオーバーレイネットワーク構成法に対しては，従来アプリケーションごとに構築，管理してきたネットワークを，基準が共通するもの同士で統合し，物理ネットワークの上位にオーバーレイネットワークとして配置することで，アプリケーションの要件に応じて使用するオーバーレイネットワークを切り替える手法を提案した．また，IoT デバイスが展開する広域かつ大規模なネットワーク環境でのサービスやコンテンツの活用のため，それらに関する処理を代替する委譲サーバを導入し，委譲サーバによる P2P ネットワークを構築することでスケーラビリティを確保する方法についても提案した．物理的な距離ではなくネットワークにおける距離に基づくオーバーレイネットワークとノードの保持コンテンツ傾向に基づくオーバーレイネットワークとをサポートするプロトタイプによるエミュレーションでの検証の結果，要求するコンテンツの保持率によってオーバーレイネットワークを切り替えることによって検索効率，データ転送効率を高めることが可能であることが分かった．それにより，ネットワークの使用率を下げることができ，アプリケーション品質の向上，ひいてはアプリケーションのユーザの満足度の向上に寄与できると考えられる．

無線メッシュネットワークにおけるアプリケーション品質の向上のためのネットワーク構成法に関しては，ストリーム配信を対象としたアプリケーション指向ネットワークで想定される，固定インフラでない無線ネットワークの提供のために無線アクセスポイントを配置する状況を想定し，無線アクセスポイントの移動特性を考慮した経路制御手法を提案した．具体的には，隣接する無線アクセスポイント間での情報交換によって経路制御を行うとともに，無線アクセスポイントの移動にも追従可能な手法を提案した．シミュレーションによる評価にて，移動率の違いにより提案手法によってパケット転送効率が向上できることを示すことができた．

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　植田和憲　）			
論文審査担当者		（職）	氏　名
	主査	教授	下條 真司
	副査	教授	原 隆浩
	副査	教授	藤原　融
	副査	教授	鬼塚 真
	副査	教授	松下 康之
	副査	教授	春本　要

論文審査の結果の要旨

インターネットをはじめとするネットワークは，接続されるデバイスの多様化に伴って利用用途や利用目的も多様化しており，インフラとしての一般化がより進んでいるといえる．同時に，スマートデバイスの普及を要因として，個人がネットワークを介してアプリケーション（ネットワークアプリケーション）を利用する頻度も増加している．このような状況においては，アプリケーションの品質を高め，ユーザの満足度を高めることが重要である．アプリケーション品質向上のための技術は，単一ユーザやアプリケーション単体での評価や特定の制御手法を対象としたものから始まり，各種の評価手法や制御手法が提案，開発されてきた．しかし，アプリケーションの品質は，従来は別々に扱われてきたアプリケーションとネットワーク上の機能の相互作用により実現できるものであるが，ネットワークの複雑化やアプリケーションの増加により，実際のアプリケーションの品質を向上させるにはさまざまな要因を考慮する必要があり，同時に扱われてはこなかった．本論文では，アプリケーションの品質向上をアプリケーションとネットワークの相互作用と捉え，ネットワークで利用されるアプリケーションの存在を前提として，そのアプリケーションのユーザの満足度，あるいは，アプリケーションの品質の向上を目指す．これをアプリケーション指向と定義し，アプリケーション指向の考え方に基づいて構築，運用が行われるネットワークを，アプリケーション指向ネットワークと定義する．アプリケーション指向に基づいた制御は，アプリケーション，ネットワーク運用管理，ネットワークの構築・構成の各観点で考える必要がある．

本論文では，アプリケーション品質の向上，ひいてはアプリケーションのユーザの満足度を向上させることを前提とするアプリケーション指向ネットワークの実現のための新しい手法を提案する．具体的には，アプリケーション指向ネットワークにおけるユーザおよびその集団の効用に基づく運用管理，コンテンツ発見のためのマルチオーバーレイネットワーク構成法，無線メッシュネットワークにおけるアプリケーション品質の向上のためのネットワーク構成法，の新しいアプローチに基づく手法を提案している．

ユーザおよびその集団の効用に基づく運用管理に対しては，アプリケーションを複数のクラスに分け，SDNをベースとするネットワークにおいて管理する手法を提案する．計測可能なネットワークに関する品質であるネットワーク QoS (Quality of Service) を新たに定式化して定義したユーザ効用に対応づけ，それをユーザの満足度とみなすことで定量的な評価を可能とする方法を提案した．また，ユーザの集団の効用についても定式化することで，特定アプリケーションのユーザの満足度を評価できるようにする方法についても提案した．アプリケーション指向ネットワークをモデル化して行ったシミュレーション結果によって，典型的なアプリケーション指向ネットワークにおける運用方針設定のための指針を示すことができた．

コンテンツ発見のためのマルチオーバーレイネットワーク構成法に対しては，従来アプリケーションごとに構築，管理してきたネットワークを基準が共通するもの同士で統合し，物理ネットワークの上位にオーバーレイネットワークとして配置することで，アプリケーションの要件に応じて使用するオーバーレイネットワークを切り替える手法を提案した．また，IoT デバイスが展開する広域かつ大規模なネットワーク環境でのサービスやコンテンツの活用のため，それらに関する処理を代替する委譲サーバを導入し，委譲サーバによる P2P ネットワークを構築することでスケーラビリティを確保する方法についても提案した．物理的な距離ではなくネットワークにおける距離に基づくオーバーレイネットワークとノードの保持コンテンツ傾向に基づくオーバーレイネットワークとをサポートするプロトタイプによるエミュレーションでの検証の結果，要求するコンテンツの保持率によってオーバーレイネットワークを切り替えることによって検索効率，データ転送効率を高めることが可能であることが分かった．それにより，ネットワークの使用率を下げることができ，アプリケーション品質の向上，ひいてはアプリケーションのユーザの満足度の向上に寄与できると考えられる．

無線メッシュネットワークにおけるアプリケーション品質の向上のためのネットワーク構成法に関しては，ストリーム配信を対象としたアプリケーション指向ネットワークで想定される，固定インフラでない無線ネットワークの提供のために無線アクセスポイントを配置する状況を想定し，無線アクセスポイントの移動特性を考慮した経路制御手法を提案した．具体的には，隣接する無線アクセスポイント間での情報交換によって経路制御を行うとともに，無線アクセスポイントの移動にも追従可能な手法を提案した．シミュレーションによる評価にて，移動率の違いにより提案手法によってパケット転送効率が向上できることを示すことができた．

本論文では，アプリケーション指向ネットワークの概念を新たに定義した上で，ネットワークの運用管理，オーバーレイネットワークの構成法，ネットワークの構成法のそれぞれについて，ユーザーの体感品質向上のための手法について新たに提案し，評価することにより有効性を示している．ネットワークアーキテクチャ技術の向上に大きく貢献し， 重要な成果を挙げた研究として、情報科学に寄与するところが大きい．よって、本論文は博士（情報科学）の学位論文として価値のあるものと認める．