

大規模通信システムの開発手法とP2Pサービスへの適用に関する研究

菊間, 一宏

<https://doi.org/10.15017/2534460>

出版情報 : Kyushu University, 2019, 博士 (工学), 課程博士
バージョン :
権利関係 :

氏 名 : 菊間 一宏

論 文 名 : 大規模通信システムの開発手法と P2P サービスへの適用に関する研究

区 分 : 甲

論 文 内 容 の 要 旨

映像コンテンツ配信やオンライン商取引等の拡大は IoT の牽引もありブロードバンド通信市場の世界的な競争をさらに加速させている。このため、キャリアネットワークにおけるネットワークサービス提供のための開発はローコスト化が余儀なくされている。キャリアの通信ネットワークを構築するハードウェアは、コモディティ化や仮想化により、設備面でのローコスト化は進んだが、各種通信サービスを提供するソフトウェアは公衆網適用時に継続的安定運用を可能とするために必要な開発期間や開発工数の高止まりの改善が課題となっている。

固定ブロードバンド通信を支える NGN(Next Generation Network)に代表される大規模通信システムは、社会の基礎的なインフラであるため、信頼性や安全性の保証や社会的な依存性を保証しなくてはならないが、早期サービス提供や低廉化のために開発期間の短期化やコストカットをおこなうと、ソフトウェアに内在する不具合を公衆網適用時にまで残し継続的安定運用を維持することが困難となる。このため、ソフトウェアの開発においては、開発工数や開発期間を増加させることなく、ソフトウェアに内在する不具合を開発期間中に発見し、公衆網適用時の継続的安定運用を維持する手法が必要となっている。公衆網適用時に不具合が発生しない様にソフトウェアに内在する不具合を開発期間中に発見し品質を高めつつ、開発工数/期間の増加を抑止、減少させるためには、開発プロセスの定式化および、その自動化が必要である。

本論文では、ソフトウェア品質を高めつつ、開発工数/期間の増加を抑止、減少させる手法として以下を提案する、

- (1-1) 機能単位に開発時の試験項目の「数」を調整する手法を提案し、開発工数（試験工数）を増やすことなく品質の向上を実現する
- (1-2) 要求仕様書と試験項目を教師データとし、機械学習により自動的に試験項目を抽出する手法を提案し、品質を維持したまま開発工数の削減を実現する

また、このような高品質な通信環境の NGN を利用したとしても End-to-End での通信品質が低下しては信頼性や安全性が保証された通信サービスにはなり得ない。このため、本論文では P2P 通信における品質の劣化を防ぐ制御方法を提案する。

- (2) NGN セッション制御機能を利用した P2P ネットワークトポロジーの効率的変更方式を提案し、輻輳端末を起因とした通信サービス品質低下防止を実現する。

(1-1)について本論文では公衆網運用中に発生する不具合対処毎に増加する稼働削減への効果も期待できる不具合の「数」に着目し、開発時の試験項目の「数」を機能単位に調整する事で、開発時不具合発見数を増加させ、公衆網適用時の不具合発生数を減少させる手法について提案した。本

提案手法は前開発の発生不具合を機能ブロック単位に把握し、現開発時に機能ブロック単位に試験項目数の偏りを設ける手法であり、開発工数を増加させない試験項目選定手法である。これをキャリアネットワークである NGN のシステム開発に適用した。この結果、試験工数（規模正規化）を変える事なく、提案方式を適用した 2 回の開発において開発中に発見する重要不具合の比率と比較し、公衆網適用時の重要不具合減少比率幅がそれぞれ 31.4 ポイント、15.9 ポイントとなり、公衆網適用時の重要不具合を減少させることができた。（3 章）

(1-2)について本論文では開発のための要求仕様書と試験項目を教師データとし、機械学習により自動的に試験項目を抽出する手法について提案した。高いソフトウェア品質を継続的に維持するためには、試験工程において確実に不具合を発見する必要がある。このため機械学習により均質な試験項目を自動的に作成する。これまでの開発で使用した要求仕様書の試験実施箇所に対し実際の試験項目を元にマーキングを行い、マーキングされた大量のドキュメントを教師データとして学習機にて学習させる。その後、学習データを基に、新規開発の要求仕様書に対し学習結果を適用して自動的に試験箇所にマーキングすることで自動的に試験項目を作成する。本アプローチに関してもキャリアネットワークである NGN のシステム開発に適用した。この結果、機械学習器を利用したマーキングの単語単位の適合率（マーキングされた項目のうち正解の割合）は 77.5%であった。しかし、文章単位では実際の試験項目（全 65 項目）と完全に一致した項目は 22 項目で、残りの 43 項目は一致した項目の枝葉となる項目（サービス加入条件やシステム条件が異なる）であり、概ね一致する試験項目が抽出できた。（4 章）

(2)について本論文では、NGN 上の P2P 通信において端末へのトラフィック集中による輻輳でサービス品質が低下しないよう、NGN の提供する機能を利用し中継ルートを効率化させる P2P ネットワークトポロジー制御方法を提案した。P2P 通信においては、各端末がアプリケーションレベルのクライアントでありサーバであり中継ルータでもあるため、トラフィック集中が偏在し通信サービス品質が低下する可能性がある。このため、端末輻輳が発生しないよう、P2P ネットワークの中継ルートを効率化させる P2P ネットワークトポロジー制御方法を提案した。NGN では物理 IP ネットワークのセッションを制御する ANI(Application Network Interface)が公開されている。ANIによりセッションを切替える事ができるため、ANIによりセッションを制御する方式と ANI に加えメディアブリッジを利用しセッションを制御する 2 つの方式を提案した。それぞれの方式の比較結果をシミュレーションによって検証し、実装ソフトウェアアーキテクチャのフィージビリティを試作検証によって確認した。この結果、SIP 信号のみでトポロジーを制御する従来方式より ANI 機能を利用した 2 つの提案方式が端末の信号処理負荷でそれぞれ従来のおよそ 60%弱と 30%弱に減少させる事ができた。データストリーム送受信による影響については、送受信負荷の高い範囲では従来方式との差異は見られなかったが、負荷の低い領域では信号処理負荷同様の効果を確認する事ができた。（5 章）

以上、要約すると本論文では、信頼性や安全性の保証や社会的な依存性を保証しなくてはならない基礎的なインフラである大規模通信システムの開発において、ソフトウェア品質を高めつつ、開発工数/期間の増加を抑止、減少させるために、「開発工数（試験工数）を増やすことなく品質の向上を実現する手法」や「品質を維持したまま、開発工数を減らす手法」を提案し、実際の開発に適用しその効果を明らかにした。また、開発された通信システムに対して適用される P2P サービスにおいて、中継ルートを効率化させる P2P ネットワークトポロジー制御方法を提案すると共に、フィージビリティを試作検証によって確認し、効果を明らかにした。本成果である開発手法や開発されたソフトウェアによって、様々な端末がネットワーク機能と連携し、より多くの社会基盤となりえるネットワークサービスが実現されることが期待される。