

2008/02/01 NICT/JHRC/NMRC/IRCC/ICRC/ICRC/ICRC



クロスレイヤーアーキテクチャの研究動向

東京工業大学
飯田勝吉
iida@gsic.titech.ac.jp

2008/02/01 NICT/JHRC/NMRC/IRCC/ICRC/ICRC/ICRC

ネットワーク研究開発の現状

- 「踊り場」状態
 - QoS
 - モバイル/ユビキタス
 - マルチキャスト
 - P2P / オーバレイ / Grid
 - セキュリティ
 - IPv6

2

2008/02/01 NICT/JHRC/NMRC/IRCC/ICRC/ICRC/ICRC

歴史

- 1969 ARPA ネット
- 1973 Ethernet (by R. Metcalfe)
- 1981 TCP (RFC793)
- 1983 Ethernet (CSMA/CD)
- 1987 商用ISP (UUNET)
- 1988 TCP (SIGCOMM, by V. Jacobson)
- 1992 日本の商用ISP (AT&T Jems, IJ)
- 1993 Web (Mosaic)

昔を引きずっている

- ・利用者限定
- ・データ通信のみ
- ・有線・固定のみ


- QoS
 - 1992 IntServ (SIGCOMM, by Clark, Shenker, Zhang)
 - 1998 DiffServ (RFC2475)
- Mobile
 - 1996 Mobile IPv4 (RFC2002)
 - 2004 Mobile IPv6 (RFC3775)

3

2008/02/01 NICT/JHRC/NMRC/IRCC/ICRC/ICRC/ICRC

EVOLUTIONAL APPROACHの例 マルチホームネットワークアーキテクチャ(1)

- インターネットアクセス網の多様化
 - 無線網, モバイル網の展開
 - 無線LAN, 3G/4Gセルラー網, bluetooth, など
 - 様々な特性を持つ
 - 速度, 遅延特性, 安定性, コスト, カバー範囲
 - 相互に重なり合い配置



マルチホーム環境

- 無線LAN
 - 比較的高速・安価
 - カバー範囲が狭い
- セルラー網
 - 広いカバー範囲
 - 比較的低速・高価

5

2008/02/01 NICT/JHRC/NMRC/IRCC/ICRC/ICRC/ICRC

EVOLUTIONAL APPROACHの例 マルチホームネットワークアーキテクチャ(2)

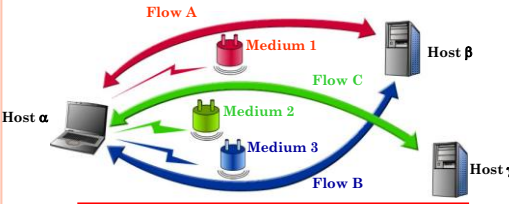
- 品質の変動が激しい無線アクセス網は, 高速なコア網に比べ, 通信品質に大きな影響を与える。
- 無線アクセス網を適切に選択しないと通信品質の劣化を引き起こす。
 - 高パケットロス率, 高遅延, 非効率な無線資源利用
- ユビキタス環境において, 高品質・効率的な移動通信を実現するために移動ホストに要求される項目
 - 複数の通信メディアの所持
 - 最適なメディアの選択・切替機能
 - ネットワーク状況や通信フローの特性に応じた選択
 - 切り替え時のスムーズな通信継続

6

2008/02/01 NICT/JHRC/NMRC/IRCC/ICRC/ICRC/ICRC

EVOLUTIONAL APPROACHの例 マルチホームネットワークアーキテクチャ(3)

- マルチホーム環境において, 通信フローを最適な通信メディアに割り当てる機構を提案する。

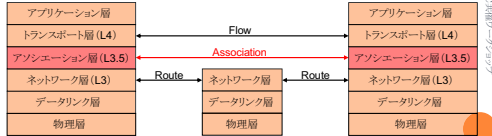


移動ホストは動的かつ独立的に各フロー特性に応じて適切な通信メディアを選択し, 利用する

7

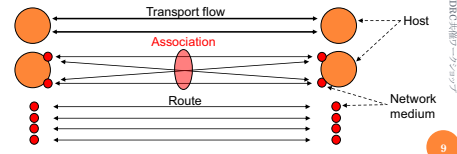
EVOLUTIONAL APPROACHの例 マルチホームネットワークアーキテクチャ(4)

- 主な機能
 - 各通信フローに対する適切な通信メディアの選択
 - 選択メディアを通信相手に受信メディア情報として通知
- トランスポート層とネットワーク層の間に新規にアソシエーション層を挿入
 - 各フローをそのフロー特性やネットワーク状況に応じて、通信メディアに割当
- ソケットAPIを含み、既存の層への変更が必要ない
 - 既存のアプリケーションがそのまま利用可能



EVOLUTIONAL APPROACHの例 マルチホームネットワークアーキテクチャ(5)

- トランスポートフローと実際の通信路との対応を管理する
 - 各ホストが持つ通信メディアアドレスの組み合わせにより形成される論理的な通信路の集合(アソシエーション)を管理
 - 各通信フローをメディアの状況やフロー特性に応じて、適した通信路に割り当
 - 各層の識別子を分離し、その間でアソシエーション層識別子を用いて調整
 - トランスポート層識別子: フローを識別
 - ネットワーク層識別子: パケット送受信時の識別



CLEAN-SLATE APPROACH クロスレイヤネットワークアーキテクチャ(1)

- Definition:
 - Protocol design by the violation of a reference layered communication architecture is cross-layer design with respect to the particular architecture [1].
- 二つのアプリケーション
 - モバイルネットワーク
 - 無線ネットワークとTCP/IPアーキテクチャの相性が悪いことを解決する
 - オーバーレイネットワーク
 - オーバーレイ層の経路制御とアンダーレイ層の経路制御が独立であることによる性能低下を改善する

クロスレイヤアーキテクチャがトランスポート層 に与える影響(1)

- IETF Internet Draft “Transport-layer Considerations for Explicit Cross-layer Indications” [6]
- Published Date
 - 5 March 2007
- Authors
 - Pasi Sarolahti, Nokia Research
 - Sally Floyd, ICIR
 - Markku Kojo, University of Helsinki
- 目的
 - End-to-endトランスポート性能を向上するための explicit cross-layer notification mechanismを包括的にサーベイする

クロスレイヤアーキテクチャがトランスポート層 に与える影響(2)

- Explicit Signalingのアプリケーション
 - モバイルネットワークの性能向上
 - 広帯域遅延ネットワークの性能向上
 - 無線リンクにおける輻輳以外のロスの識別
 - 他
- 無線リンクにおける輻輳以外のロスの識別
 - TCPの性能が出ない
 - 過去の研究の例
 - [KSE+04] R. Krishnan, J. Sterbenz, W. Eddy, C. Partridge, and M. Allman. Explicit Transport Error Notification (ETEN) for Error-Prone Wireless and Satellite Networks. Computer Networks, 46(3), October 2004.

クロスレイヤアーキテクチャがトランスポート層 に与える影響(3)

- Explicit Signalingの分類
 - In-band and out-of-band notification
 - In-band
 - IP optionなどを利用する方法
 - ベースパケットのロスにより、シグナリング情報も欠落
 - Out-of-band
 - 専用のプロトコルが必要
 - 処理が複雑となり、データパケットと同期させるのが難しい
 - 経路上のルータ処理
 - No routers
 - Some routers
 - All Routers

クロスレイヤーアーキテクチャがトランスポート層に与える影響(4)

- 輻輳制御の原則
 - 送信速度の「減少」は自由にやってよい
 - 送信速度の「急激な増加」は「AllRouters」のときだけやってよい
- だめな例
 - 無線リンクが切り替わって急に帯域が広がったからといって、急激に増加してはいけない(AllRoutersを除く)
 - AllRoutersの方式において、本当にEnd-to-end/パスのすべてのルータが関わっていることが保証できないときも同様
- 保証できる方法の例
 - TCP Quick-Start (RFC4782, Jan. 2007)

16

クロスレイヤーアーキテクチャがトランスポート層に与える影響(5)

- AllRoutersが関わっていることを保証する方法
 - IP TTLと上位層独自のTTLを作る
 - もし、経路上のすべてのルータにクロスレイヤー拡張が行われていたら、IP TTLと上位層独自のTTLは同一の値となる
- 問題1=VPNルータの存在
 - VPNルータによっては、TTLカウンタの処理がうまくいかず、AllRoutersが関わっていることの保証ができなくなる
- 問題2=未知のExplicit Signalingの受信
 - 未来に新たなExplicit Signaling(例:IP option)が作られる
 - 途中のルータが未知のバケットを捨てるのが大きな問題となる

18

まとめ

- ネットワーク研究開発の動向
 - Evolutional ApproachからClean-slate Approach
- クロスレイヤーアーキテクチャ
 - レイヤ違反をポジティブに利用
 - モバイルやオーバーレイネットワークの性能向上に寄与
 - Clean-slate approachの鍵となる
 - トランスポート層に与える影響をよく考える必要がある
 - 現在のインターネットでのレッスンをよく学ぶこと
 - AllRoutersの保証方法、VPNルータの存在、未来のIP option
 - セキュリティの問題

19

REFERENCES

1. V. Srivastava and M. Motani, "Cross-layer Design: A Survey and the Road Ahead," *IEEE Commun. Mag.*, vol.43, no.12, pp.112-119, Dec. 2005.
2. P. Tran-Gia, "Service Evolution Towards Next Generation Networks," Keynote-speech, IEEE Australasian Telecommunication Networks and Applications Conference (ATNAC2007), Dec. 2007.
3. 渋井理恵, 神谷弘樹, 寺岡文男:「レイヤ間情報伝達機構LIES」、日本ソフトウェア科学会 第6回インターネットテクノロジーワークショップ(WIT2004)論文集, 2004年12月
4. S. Seetharaman, "Analyzing Cross-layer Interaction in Overlay Networks," Ph.D. Thesis, Georgia Institute of Technology, Oct. 2007.
5. Y. Koizumi, "Cross-layer Traffic Engineering in IP over WDM Networks," Master's Thesis, Osaka University, Feb. 2006.
6. P. Sarolahti, S. Floyd and M. Kojo, "Transport-layer Considerations for Explicit Cross-layer Indications", *IETF Internet-Draft draft-sarolahti-tsvwg-crosslayer-01.txt*, Mar. 2007.

20

MEDIA OPTIMIZATION NETWORK ARCHITECTURE (MONA) (1)

7. H. Baba, H. Koga, K. Iida, K. Yamaoka and Y. Sakai: "Media-handover-aware TCP: Preventing Quality Degradation on Co-existing Real-Time Communications," *Proc. IEEE Int'l Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob2007)*, CDROM, Oct. 2007.
8. H. Koga, K. Iida and Y. Oie: "Media Optimization Network Architecture for Quality-aware Multihomed Networks," Submitted for publication, Sep. 2007.
9. H. Koga, K. Iida, H. Haraguchi and Y. Oie: "Handover Latency Reduction on Host-based Mobility in Multihomed Networks," *Proc. IEEE Vehicular Technology Conference 2006 Spring (VTC2006-Spring)*, CDROM (9C-3), Melbourne, Australia, May 2006.
10. H. Koga, S. Kashiwara, Y. Fukuda, K. Iida and Y. Oie: "A Quality-aware VoWLAN Architecture and Its Quantitative Evaluations," *IEEE Wireless Commun.*, vol.13, no.1, pp.52-59, Feb. 2006.
11. H. Koga, H. Haraguchi, K. Iida, and Y. Oie: "A Framework for Network Media Optimization in Multihomed QoS Networks," *Proc. ACM First Int'l Workshop on Dynamic Interconnection of Networks (DIN2005) in conjunction with MobiCom2005*, pp.38-42, Cologne, Germany, Sep. 2005.

21

MEDIA OPTIMIZATION NETWORK ARCHITECTURE (MONA) (2)

11. 馬場宏基, 古閑宏幸, 飯田勝吉:「高品質実時間通信を維持するためのメディア間フロー制御手法の提案」、電子情報通信学会 技術研究報告, vol.105, no.628, IN2005-187, pp.183-188, 2006年3月
12. 古閑宏幸, 原口浩朗, 飯田勝吉, 尾家祐二:「[奨励講演]通信品質を考慮したマルチホーム通信メディア最適化機構の設計と実装」、vol.105, no.627, NS2005-201, pp.173-176, 2006年3月
13. 古閑宏幸, 原口浩朗, 飯田勝吉, 尾家祐二:「マルチホーム環境における通信品質を考慮した通信メディア最適化機構の提案」、電子情報通信学会 技術研究報告, vol.105, no.278, NS2005-82, pp.25-28, 2005年9月

22