

## David Clark and David Tennenhouse : Architectural Considerations for a New Generation of Protocols

Proceedings of ACM SIGCOMM '90, pp.201-208 (Sep. 1990)

本論文は、1990年代以降の本格的なインターネットシステムにおけるアーキテクチャならびにプロトコル設計思想に関する方向性を論じており、1990年代のインターネットの急激な成長と発展を支えた「エンド・ツー・エンドアーキテクチャ」の思想を明確化し、さらに、エンドノードにおけるデータ処理アーキテクチャに関する研究開発の方向性を成功へと導いたものである。著者の1人であるDavid Clark博士は、1981年から1989年まで、当時のインターネットアーキテクチャの方向性を決定していたInternet Activities Board (IAB)の議長を務めており、1980年代のインターネットシステムの研究開発とネットワークの構築運用をリードしてきた研究者として知られている。本論文は、米国におけるNSF (National Science Foundation) ネットに代表されるような学術的研究開発ネットワークがグローバルに相互接続され、ようやくグローバルなインターネット基盤が構築・運用された頃に発表された。この頃、米国では、NSFが中心となって、次世代のインターネットアーキテクチャやプロトコルに関する研究開発活動が開始されていた。全米に、5つの研究開発テストベッドの研究開発を行うギガビットテストベッド (Gigabit Testbed) プロジェクトが推進されていたところである。本論文の著者は、このギガビットテストベッドの1つであるAurora Projectの中心的研究者である。Aurora Projectには、著者らのほかに、ペンシルベニア大学のDavid Farber教授、バルコアのDavid Sincoskie博士などが参画していた。本プロジェクトの成果をもとにして、クリントン政権を象徴する国家プロジェクトであるNational Super Highway構想 (National Information Infrastructure構想) がAl Gore副大統領によって推進されることになった。

本論文では、インターネットの成功を支えてきた、エンド・ツー・エンドアーキテクチャに基づいたシステムアーキテクチャ、およびエンドシステムにおける効率的なデータ処理を実現するためのALF (Application Level Framing) アーキテクチャとILP (Integrated Layer Processing) の設計方法が議論されている。それは、「さまざまなメディアへの対応とさまざまな計算機へのアクセスパターンへの対応」であるが、この課題は、現在においても、残念ながら、完全には解かれていない。

### (1) エンド・ツー・エンドアーキテクチャ

基本的にネットワークは、メディアやアクセスパターン

を意識したデータ転送処理を行っても無駄であり、メディアやアクセスパターンの多様性への対応は、エンドホストで行うべきであるということが、改めて示されている。

### (2) ALF (Application Level Framing)

エンドノードにおけるデータ処理の大部分は、データのコピー、エラー検出 (チェックサム)、およびフォーマット変換の3つであることが、当時のUNIXシステムをもとに評価されている。結果的に、計算機におけるデータ処理の高速化と効率化を行うには、アプリケーションごとにデータフォーマットの定義を行い、可能な限りコピー動作を削減したパイプラインデータ処理を行うべきであるとの結論を導いている。すなわち、ISOの7層モデルの非効率性を改めて指摘し、アプリケーションがデータユニットのフォーマットを決定し、直接トランスポート機能を利用するというTCP/IPのアーキテクチャの重要性を再認識させている。

### (3) ILP (Integrated Layer Processing)

ISOやITUで議論されていたプロトコルのレイヤ構造モデルは、データの効率的処理や高速処理を行う上では、誤った実装の方向を導くことがある。プロトコルのレイヤ構造とデータ処理アーキテクチャ/実装は独立なものであり、複数のレイヤの機能を統合化したデータ処理構造をとることが、必要である。

特に、ILPの考え方は、その後のIETF (Internet Engineering Task Force)における議論や、インターネットシステムに関連する機器のソフトウェア/ハードウェアの設計に関して、大きな影響を与えたといえる。いわゆるレイヤ構造と実装は独立なものであり、実装上は、上位レイヤの情報を利用することは、禁止されるべきものではなく、目的を達成する (データ処理の効率性の向上) ためには、むしろ積極的に行っても構わないという考え方である。ILPの考え方は、ISOのレイヤ構造の考え方からすれば、理解不可能なものであり、“レイヤバイオレーション (Layer Violation)”との批判が出る考え方である。筆者は、IETFにラベルスイッチ技術の提案を行ったが、この際、やはり、レイヤバイオレーションとの批判が聞かれた。このような意見への対応にあたっては、本論文の議論が強い支えとなった。

(平成16年7月2日受付)

江崎 浩 / 東京大学  
hiroshi@wide.ad.jp