



MPLS JAPAN 2007

# パケット伝送実現に向けた OAM 技術

～ ITU-T におけるパケットトランスポートの取り組みについて～

09/Oct/2007

栃尾 祐治

(株)富士通研究所 ネットワークシステム研究所

- NGN におけるパケット伝送における要求事項
- ITU-T におけるパケットトランスポートの取り組み
- ITU-T におけるパケット関連の勧告
- Ethernet 関連...は割愛します
- T-MPLS
  - T-MPLS 要求
  - G.8110.1 ならびに T-MPLS ネットワークアーキテクチャ
  - T-MPLS のメリットと課題
  - T-MPLS OAM
    - OAM ツールの現状
    - IETF との差分
    - 実現にむけた課題
- まとめ

- IPTラフィックの普及ならびに、NGN活動の本格化ともない、TDM (SDH) 主体のネットワークは、パケットベースのネットワークへの変換が求められている
- ITU-T SG13 で定めたNGN R1 requirements (Y.2201) としては、パケットベースのネットワークとして以下のことを要求
  - IPTラフィックを収容でき、Point to Point ならびに、Point to Multipoint Connectivity 確保できるトランスポートストラタムの実現
  - QoS 実現
  - OAM 機能の充実化
  - Protection (Survivability) の実現
  - Interconnectivity
- 期待されること
  - より高機能化かつ高信頼性化されたパケットベースのネットワーク
  - 特にパケットベースの OAM と OAM を用いて実現する、Survivability 実現

- 主に SG15, WP3 (Optical and other transport network infrastructures, OTN structure)で担当
  - ただし、OAM だけがSG13 Q5 (NGN OAM) で担当
- テクノロジーとしては、Ethernet と T-MPLS が主体
  - MPLS も扱うが、現在 SG15 では、T-MPLS に移行
  - SG13 では、引き続き (IP/)MPLS も対象になるが伝送には特化していない。どちらかというと、サービスとしての MPLS に近い

## ■ ITU-T SG15 (+ SG13)におけるパケット関連の勧告一覧

Q	Ethernet	T-MPLS	(IP/)MPLS
Q9	<b>Protection:</b> G.8031, G.8032 <b>Equipment:</b> G.8021	<b>Protection:</b> G.8131, G.8132 <b>Equipment:</b> G.8121	<b>Protection:</b> Y.1720
Q11	<b>Service:</b> G.8011.x <b>UNI/NNI:</b> G.8012	<b>NNI:</b> G.8112	
Q12	<b>Architecture:</b> G.8010, G.pbb-te	<b>Architecture:</b> G.8110.1	<b>Architecture:</b> G.8110
Q13	<b>Packet over TDM:</b> G.8261, G.8262, G.8263, G.8264		
Q14	<b>Management:</b> G.8051, G.8052	<b>Management:</b> G.8151, G.8152	
Q5/13	<b>OAM 要求:</b> Y.1730 <b>OAMメカニズム:</b> Y.1731	<b>OAM要求:</b> G.8113/Y.1372 <b>OAMメカニズム:</b> G.8114/Y.1373	<b>OAM要求:</b> Y.1710, <b>OAMメカニズム:</b> Y.1711 <b>Framework:</b> Y.1714 <b>他:</b> Y.1712, Y.1713
Q7/13 Q12/13	<b>Interworking:</b> Y.1415 (MPLS)		<b>Interworking(IW):</b> Y.1415 (Ether), Y.1413 (TDM), Y.1411, 2 (ATM), <b>C-plane IW 他:</b> Y.1416, Y.1417
<b>その他:</b> <b>QoS</b> (Q4/13, Q16/12): Y.enet, Y.123qos, Y.M/Etraff (traffic and congestion control), Y.racf_mpls <b>Performance</b> (SG12): Y.1561, Y.ethperf, etc			

- T-MPLS: そもそも、どんなネットワーク目指しているのか
- ITU-T SG15 では要求をまとめ D-plane では以下を規定;
  - CO-PS (connection-oriented packet switched technology)
  - 複数のネットワーク階層サポート、具体的には
    - Label stack による階層管理
    - TCM (Tandem connection monitoring) が該当
  - 運用・管理・制御の共通化
  - 集中 NMS をベースに、分散 C-plane のサポート

→G.8110.1

- 同要求における OAMは以下を規定;
  - コネクション管理ならびにパフォーマンスモニタリングサポート
  - 障害管理・プロテクションメカニズムのサポート
  - IP 機能のないところでのサポート

→G.8113 (要求) & G.8114 (メカニズム)

- 参考までに、IETF MPLS (PWE3) の要求は、上下レイヤとは関係なく Path が提供できること i.e. すでにある MPLS ネットワークのデザインに影響なく、MPLS (PW) が上に提供できること

- アーキテクチャ勧告 G.8110.1 がいわば基本勧告
  - **Architecture of Transport MPLS (T-MPLS) Layer Network**
- 定義(G.8110.1 の 1章ならびに、6.1 章から抜粋)
  - **Data Plane** のみ (C & M planeは対象外)
    - 関連 RFC は 3031, 3032, 3270, 3443,
  - **CO-PS** (Connection Oriented Packet Switching) network であること
  - **Label merge (ならびに ECMP) 非サポート**
    - CO-PS であるから。(connection はマージしない)
  - **PHP** (Penultimate Hop Pop) 非サポート
    - 理由は、Y.1711 での使用を薦めていないことが発端
  - **Bi-directional LSP**: まずは、uni x 2 (uni の組み合わせ)から
    - 現時点は、結果論的に双方向(行き帰り同じ経路)で LSP が張られていることだけの定義
    - シグナリングはスコープ外なので、あくまで結果論
  - **TTL**: RFC3443 準拠
  - **Diff-Serv**: RFC3270 準拠 (E-LSP, L-LSP 双方サポート)
    - TTL, DiffServ いずれも、pipe と short-pipe models をサポートし、uniform は非サポート
  - **ラベル空間**: global or per interface 双方をサポート
  - **OAM** :Y.1711 をベースに検討したが、現在は、G.8114 も考慮
  - **Protection switching and survivability**: G.8131(liner), G.8132 (Ring) 準拠
    - Y.1720 はもはや対象外 また、Fast ReRoute は T-MPLS protection という解釈はできない

## ■ G.8110.1 の議論を通してのT-MPLS の定義と解釈

- **Layer:** IP/MPLS とは別 (Disjoint)。IP/MPLS は、Server/Client の関係
  - 同時に、Control Network (Management/Signaling Communication Network) からも独立の関係
  - *現在は MPLS とは peer しないとしているが、Server/Client の関係は、Interworking の観点から再検討必要*
- **Control Plane:** G.8110.1 コンセプト外
  - Control plane 検討開始したばかり、ASON ベース
  - まずは、ASON (G.8080) をパケットに拡張する作業から開始
- **Management Plane:** G8110.1 コンセプト外
  - Q.14/SG15 で、T-MPLS NE management の検討を開始
  - G.8151: Management aspects of the T-MPLS network element
  - G.8152: Protocol-neutral management information model for the T-MPLS network element



## ■ Connectivity の確保と監視機能の提供

- CO である MPLS (ベース)からの構築が Packet Transport への第一条件
- T-MPLS としては、Server layerを考慮した管理体系の実現
- さらに、SCN 機能の実装により LSP (connection) 管理のセグメント化実現
- 伝送系として、Packet ベース層の提供による伝送装置のとしてのflexibility実現
  - Aggregation を効率した管理
  - Full mesh の回避 (P-MP の場合のアプリケーションの場合の効率的収容)

## ■ Robustness の確保

- 例えば、D-plane ではProtection メカニズムの多様性提供
- 以下に示す2 項目もある意味も含まれる

## ■ Data系は IP 非依存化 (C-planeへの集約)

- D-plane において、IP 依存の routing に基づく connection 提供を行わない
- D-plane (Network)の障害を起こすことで、C-plane系に波及することの阻止
- その逆も同様

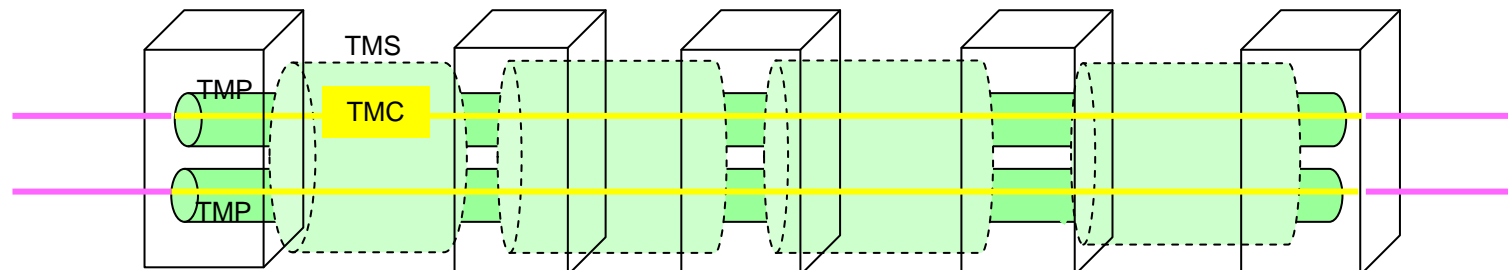
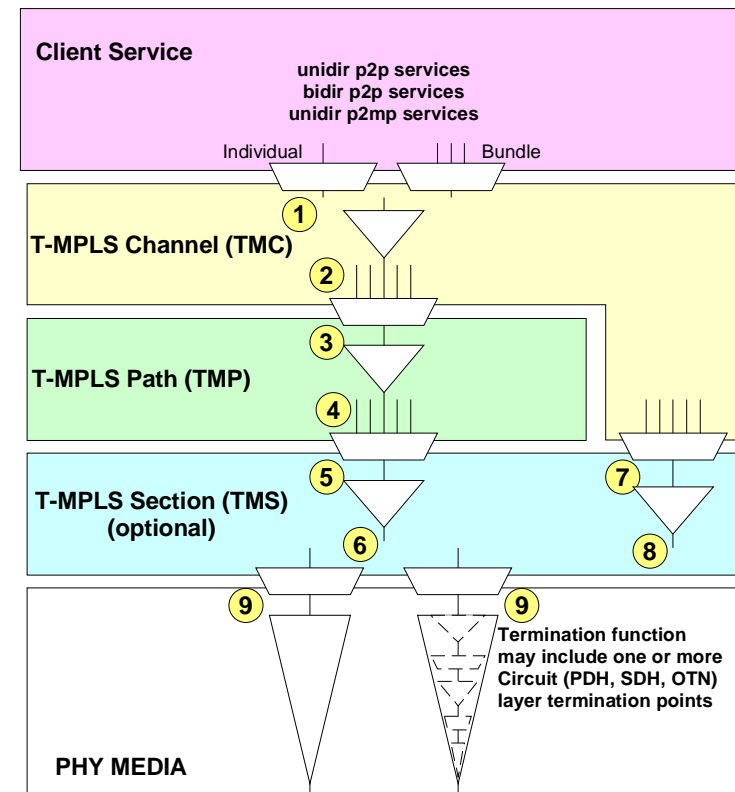
## ■ Control/management Network分離

- ASON拡張により実現することで、protocol independent な provisioning 提供
- C-plane (装置)の障害で、D-plane (Network)に影響を及ぼす危険は回避
- MCN, SCNの提供
  - Network operator の選択による自由度向上

- IETF から見た主な課題として
- **Ethertype (0x8847) の使用**
  - IETF からの懸念
  - MPLS と同じものを使用することになり、プロトコル上での識別が困難、ひいてはミスコネクション時の検出ができなくなる
  - 実は、同様の懸念は、GFP (SDH/SONET)でも生じるのだが、、、
- **MPLS との Interconnection**
  - IETF と解決を図る方向で検討は進めるが、まだまだ検討が必要
  - 現在は、MPLS over T-MPLS のマッピングとしては、間に Ethernet をはさむ形でのしか案しか存在しない (G.8110.1 Appendix & IETF PWE3 transport ID)
  - 実は、MPLS(PW) over MPLS も同様の課題を抱えているのだが、、、
- **IETF での手続き**
  - RFC4929: Change Process for MPLS and GMPLS Protocols and Procedures
  - T-MPLS においても、使用する OAM label =14 (RFC3429) に影響が生じる
  - RFC3429 はいずれ修正(追記)要
- その他、C-plane (まだ検討開始なのでどういう形で課題が出るかも不明) とか、DiffServ に関しての具体的な検討が今後の課題

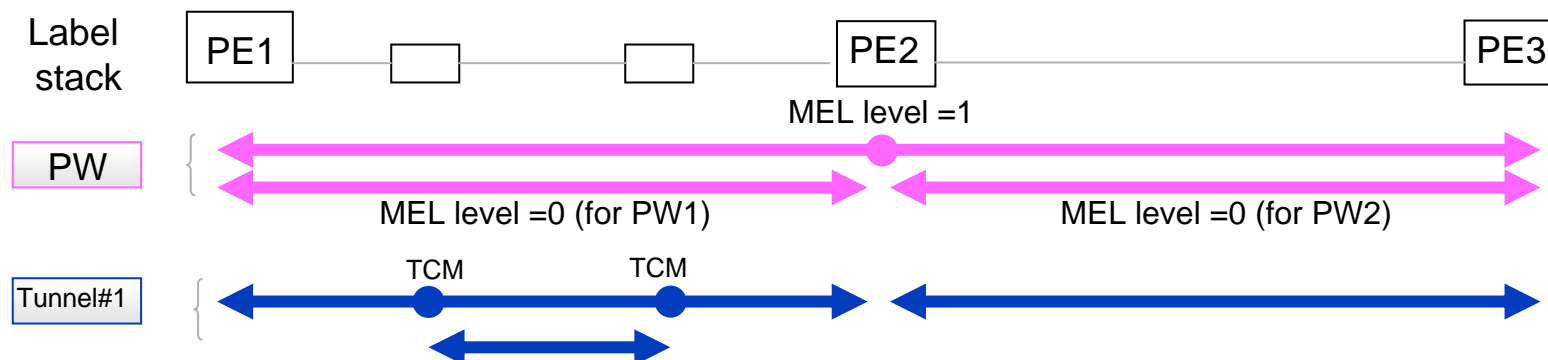
# T-MPLS Layer Architecture

- G.8110.1 にて、informative であるがSDH like に Channel / Path / Section の定義を行い、階層化の実現を行っている
- T-MPLS C Channel (TMC): Service layer に相当
  - PW モデルでいう PW ラベル
- T-MPLS Path (TMP): Network layer trunk に相当
  - いわゆる MPLS トンネル
- T-MPLS Section (TMS) [Option]:
  - MPLS section = LSR 間の MPLS link 相当
  - この区間でのOAMも定義  
→ Ring Protection で使用



# T-MPLS OAM Network Architecture

- 話は、Ethernet OAM でもある Y.1731(IEEE802.1ag)にも該当
- MEG (Maintenance Entity Group)の提供
  - OAM 管理区間 (OAM packet の起終点間)が属するネットワークの定義
  - Inter-Domain (Operator, Provider) 間, End-End (UNI-UNI)での規定
- MEG level の規定
  - 1 LSP 管理区間に対して、複数の管理レベルの形成
  - 例えば MS PW のケースでは PE1 ~ PE3 全区間の管理に加え、PE1 ~ PE2, PE2 ~ PE3 の管理が必要になる。但し、ラベルスタック上での区別ができないので、MEG level を規定し、それぞれを管理する (下の図参照)
  - Tunnel でも同様に特定区間の管理を規定する際に、TCM を設置の上、階層化を実現
  - MEG level coding は後のページ参照
- MEP, MIP と呼ばれる管理点の規定
  - End point (MEP: 矢印) だけでなく MIP (中間点: 丸印) を規定。MIP は Loopback, Link Trace 系にのみ使用



- T-MPLS OAM をどう定義するかというのは大きな案件であったが、複雑な事情で複数の勧告に定義が記載
- 2005年12月の SG15 (+ SG13) 中間会合で Y.1711 ベースにするということが Alcatel (当時) の主張により合意
  - Alternative (比較対象) は、LSP ping, MPLS BFD
- 2006年01月、SG13 本会合で新展開
  - Y.1731 (Ethernet OAM) コンセント
  - Y.1731 ベースに、T-MPLS OAM 拡張するべきという提案を富士通から起こす (ALU との 15カ月にわたる論争の始まり)
- 2006年2月、SG15 本会合にて、Y.1711 ベースに、G.8112 (T-MPLS NNI勧告) に記載し、コンセント。(Version 0)
  - この OAM ツールを、G.8112/Y.1711 と複数の勧告を結んだ表現をすることがある。
  - IP (LSR ID + LSP ID) に関する定義を行う TTSI に関しては用いない or 曖昧(FFS)
- 2006年4月、SG15 (+ SG13) 中間会合にて、Y.1731 ベースに T-MPLS OAM の拡張を合意
- 2007年4月、メカニズム勧告 G.8114 (ex Y.17tom) と 要求勧告 G.8113 (Y.17tor) コンセント。G.8114 を Version 1 と呼ぶここともあり
- つまり T-MPLS OAM には **G.8112 定義 (ver0) と G.8114 定義 (ver1) が存在**

## ■ Format の基本構成は G.8112, G.8114 共通

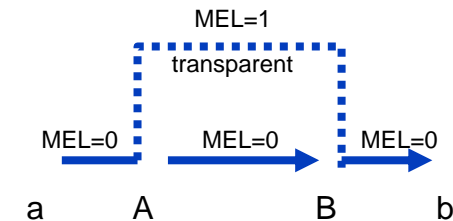
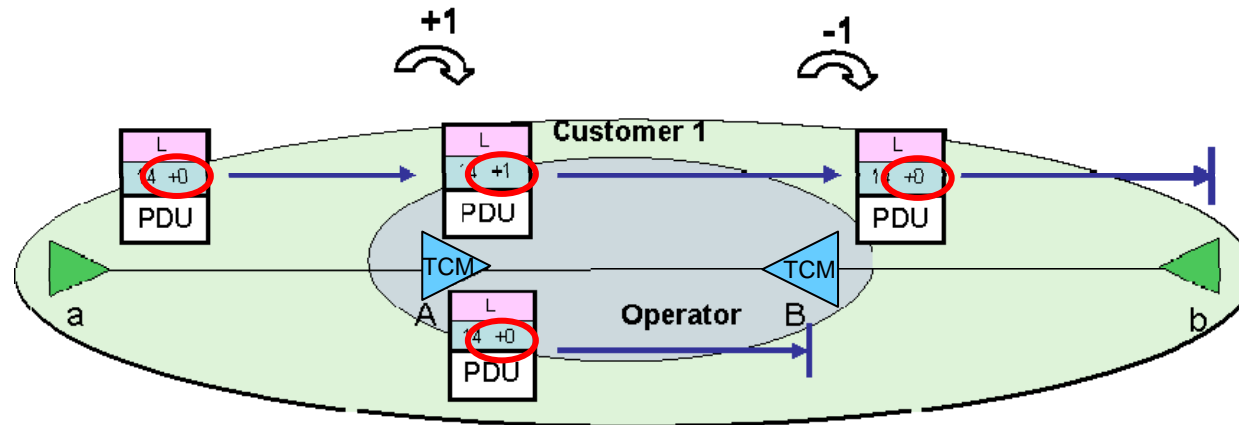
- Label: Y.1711 (+ RFC3429) に乗っ取り、Reserved label の 14
- EXP: G.8114 に関しては、MEL level を encoding
  - Y.1711 の将来の機能によって異なるcodingされる可能性があるということと、そもそも Experimental use (RFC3032) を勘案した結果
- Function Type: OAM 機能の定義
- Version: G.8112 は 0 (と見なし), G.8114 で定義したものは 1 となる
- Flag: OAM PDU 依存
- BIP-16/TLV: Y.1711 の名残をもつ G.8112 はBIP-16 を有するが、G.8114 では、互換性を維持しTLV を定義
  - G.8112 生成の BIP-16 は、G.8114 対応装置受信においては無視する

<i>Label</i>			<i>EXP</i>	<i>S</i>	<i>TTL</i>
Label (14)			EXP (MEL)	S=0	TTL
Function Type	Reserved (000)	Version(0 or 1)	Flag		Reserved / TLV offset
OAM PDU payload area					BIP-16 / End TLV

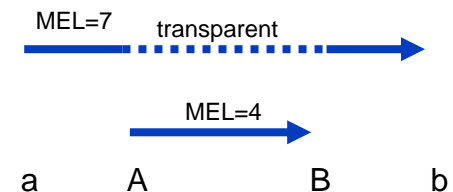
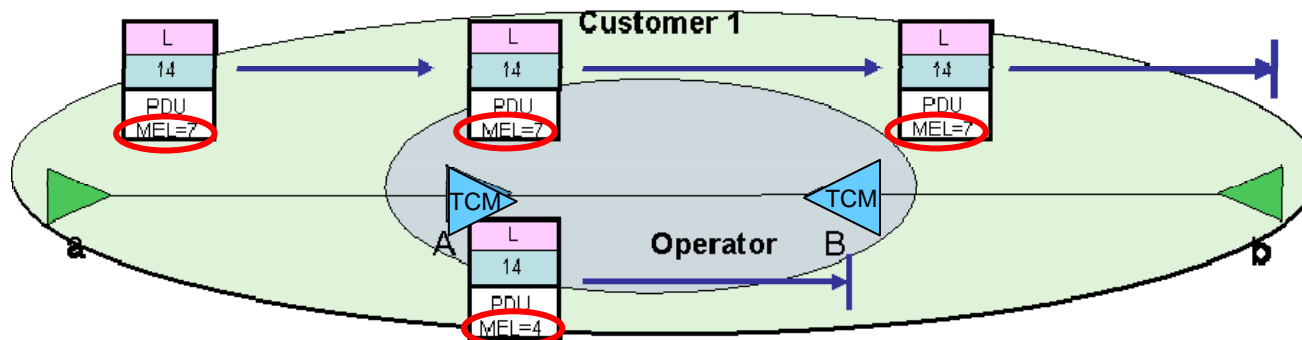
赤字は、G.8114 定義機能

# T-MPLS OAM Network Architecture

- Y.1731 で取り入れた MEG level の実装方法・動作は、Y.1731 と異なる
- OAM alert label の EXP (Experimental) の increment/decrement による管理
  - +1 以上の EXP には反応しない (Operator 網内は、Transparent)
  - EXP で、問題があることが判明したら、PDU に同様の increment/decrement field を移植



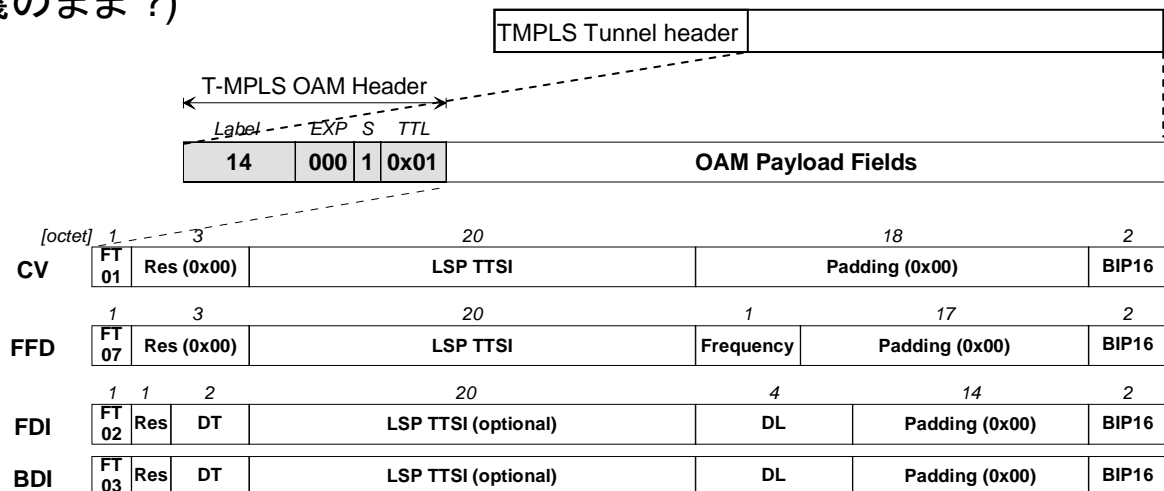
- 参考: FJ は Y.1731 で導入した MEG level field と同様の方式を提案したのだが、、、
  - Ethernet OAM (Y.1731) の互換性で優位
  - Misconnection で MEG level が正しく動作しない危険性があり?



# T-MPLS OAM (ver.0): G.8112/Y.1371



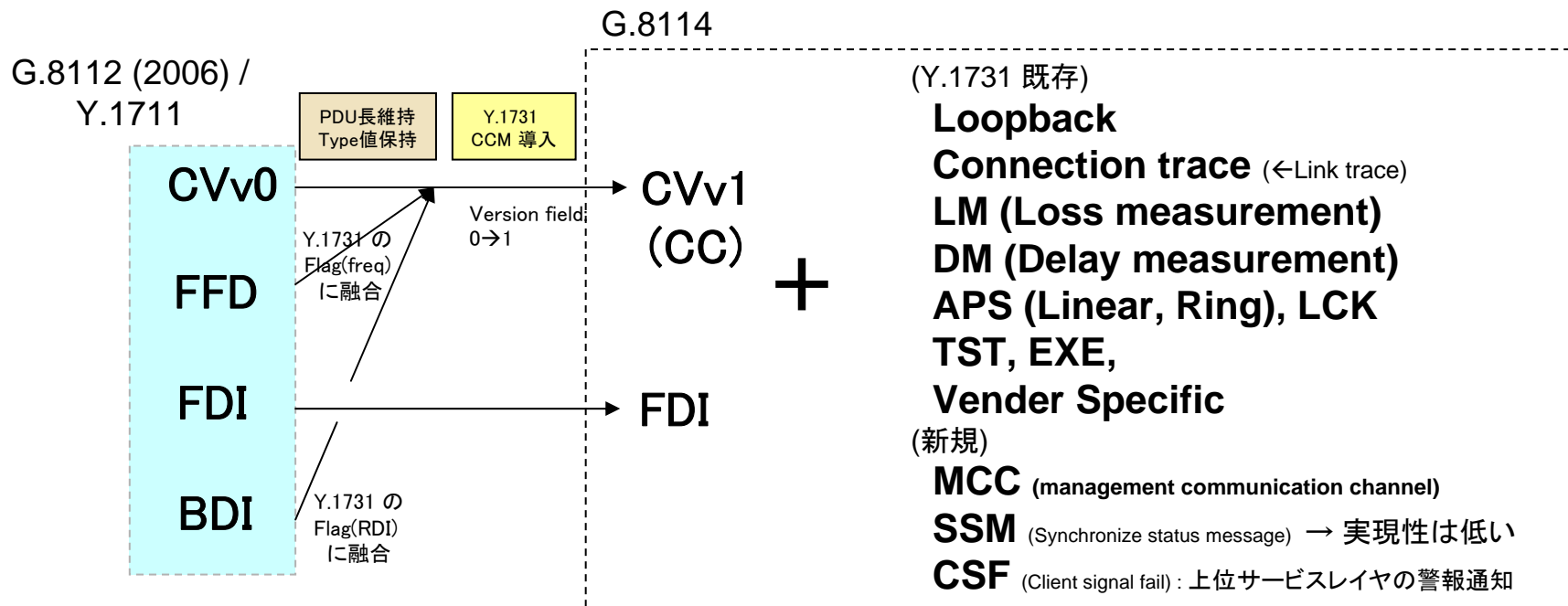
- Y,1711 は、IP/MPLS ベースの OAM として勧告化 (2004年)
- Y.1711 ベースに T-MPLS 向けに定義したのが、G.8112
- OAM alert label 14 を定義 (RFC3429), bottom stack
- 機能としてはCV/FFD, FDI/BDI のみが存在
  - CV: connectivity verification (1s),
  - FFD: Fast Fault Detection は CV の高速かつ周期可変版
  - FDI/BDI: Forward/Backward Detect indicator
- T-MPLS OAM として G.8112 で再定義した際に、Y.1711 で定義した TTSI はいずれも機能もとのY.1711 と異なる
  - CV: FFS (G.8114 定義の MEG/MEP 等の記載)
  - FFD: FFS: (未来永劫未定義のまま ?)
  - FDI/BDI 使用しない





# T-MPLS OAM (ver.1): G.8114/Y.1373

- G.8114 検討にあたっては、以下のことを念頭に進めた
  - G.8112 Interworking (Backward Compatibility) の確保
  - 差分機能または、G.8113 (Requirement) で定めた機能を、Y.1731ベースで実現
- よって、G.8114の体系は以下の通り



- **CV(CC), FFD:** 周期的送信 (FFD は G.8114 には含まれない)
- **FDI(, BDI):** 警報転送・通知 (前方(F)・後方(B)通知)
  - BDI は、G.8114 には含まれず、CV(CC) に含まれるRDI を使用する形を想定
- **LB (Loopback):**
  - LSP 上での loopback. Bidirectional での適用前提
  - Y.1731 同様に、中間(MIP) Node 含め、ターゲット装置アドレス指定。ノードで該当ヒットしたら折り返し
- **Connection Trace または Link Trace:**
  - 詳細は未検討。アーキテクチャで P-MP が定まってから本格検討
- **PM (Delay Measurement, Frame Loss Measurement):**
  - Y.1731の思想の transfer で枠組みのみ
  - DM: one-way と two-way が存在。One-way は両端でのクロック同期が確立した環境が前提
  - FLM: 両端測定 dual end と片側測定 single end の二種類が存在
    - Dual End は CV 機能の延長で使用
- **APS:**
  - Protection (Linear, Ring) で使用。
- **その他、MCC (Management Communication Channel), CSF など**
  - T-MPLS SSM (Synchronous status message) の定義もあるが、実現性は無いに等しい

- IETF tools (LSP ping MPLS BFD) と比較して
- G.8114 から見ると
  - IP independent
    - 要求の通り、IP機能無でも動作することが前提
  - C-plane independent であること
    - D-plane でソリューション (=Transport 層に特化)を提供する
  - マルチレイヤ構成・マルチキャリア(セグメント)構成
    - ITUは、TCM or MEL でこの問題を解決の方向
    - IETF tool では MS PW でもどう実現するかが課題である
  - 警報転送機能の定義
    - FDI のみでなく、上位レイヤの警報転送 (SDH の GFP で規定している CSF相当)も規定
    - pwe3-oam-mapping を実現できる機能を定義している点は、PWE3 としても注目したい
  - OAM による障害検出条件の明確化・細分化
    - ドラフトを読む限り、BFD は、LOC の検出についてはあるものの Mismatch (Misconnection) の検出について明確に規定がない
    - 下位レイヤの検出との関係
  - Performance Monitoring 機能の定義
  - Protection (APS) の定義
    - トリガ条件も含め、Work/Protection の管理は、G.8114 で完成している

- 一方で、G.8114 でできないことで IETF でできていること

## LSP ping

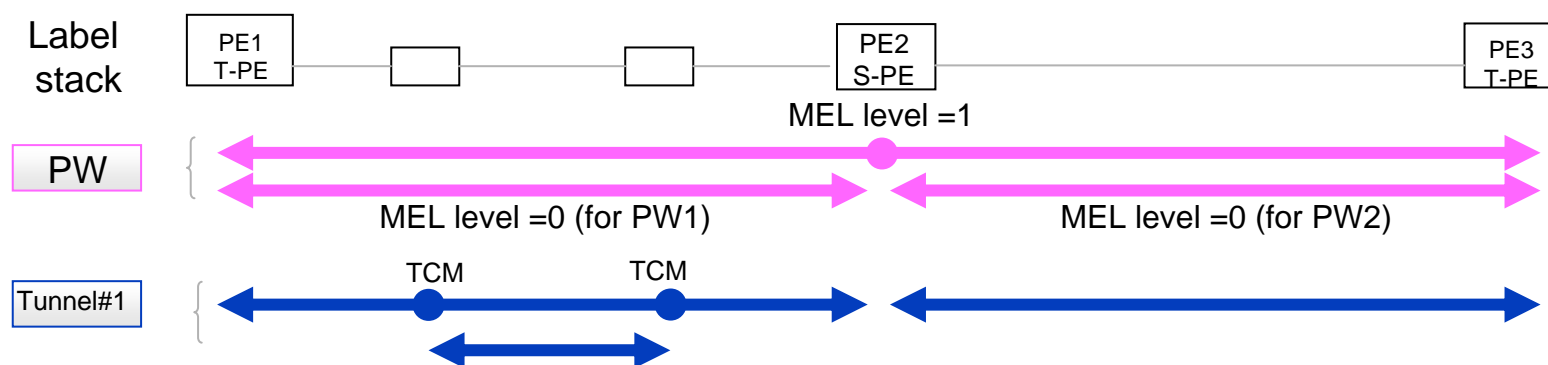
- D-plane vs. C-plane verification
  - 具体的には、LSP ping 相当の FEC 確認など
    - G.8114 はもともとC-plane independent なので当然といえばそれまでであるが
- T-MPLS ではReturn path の定義が厳密には無いため、Loopback, Linktrace (Connection trace), BDI は使用できるケースが少ない

## BFD

- Path operation の宣言を、OAM パケットで行うことができる
- C-plane verification
- 周期のダイナミックな変更
  - そもそもその必要性はトランスポートにあるのかどうかは要議論
- Security: 外部からの、不用(悪意)な OAM packet は裁かず(廃棄しないで)に、トランスパレントに処理する
  - Transport の観点として、廃棄するか・透過するかどっちがいいのか...?

## ■ Common (or Architecture)

- Label 14 を識別することが前提なので、トップラベルが S=0 のパケットは必ず次のパケットを認識する必要がある
- Top Label =14 の処理 (TMS (section) OAM 実装時)
- MEG level coding (+ TCM)の実装
  - MEG level increment/decrement
  - 対向となる MEP - MEP をどう初期設定するかが課題。マネージメント以外で実現できる手法があるか。誤設定をどう避けるか
  - MEG level 処理を用いないことも手ではあるが、その場合、MS-PWに見られる警報通知の水平展開処理 (i.e. S-PE での PWs 処理) は要考慮



## ■ CV

- IP/MPLS の環境でも導入は可能
- 最大の課題は、1 port/IF で多くの connection 数 and/or ミリ秒orderを処理すること
  - この話は、Y.1731 (Ethernet) でも BFD でも共通  
Multicast 処理をしない分や、Y.1731 に比べるとまだまし?  
BFD は Demand mode でこそ双方向での適用が可能だが、周期管理など処理が煩雑
- LOC (周期 x 3.5 未受信) の場合と、ミスマージ系検出での処理
  - データを止めない LOC、データを止めるミスマージ
- MEG, MEP ID 定義ルール (cf BFD: My & Your Discriminator)

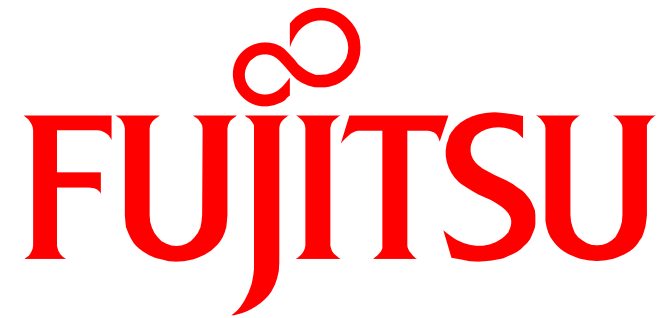
## ■ FDI, RDI

- 下位レイヤの障害をもとに、該当する connection (LSP) に、FDI をどう挿入するか
  - 中間ノード (LSR) でも Path 管理が必要であるとともに、下位レイヤとT-MPLS レイヤの関連づけ (i.e. Server/T-MPLS adaptation の定義) が必要
- FDI, RDI 受信時におけるさらに上位レイヤへのアラームエスカレーション
  - つまり、T-MPLS/T-MPLS adaptation の定義。この概念は、IP/MPLS では存在しない
- FDI, RDI, AIS は ITU-T 的には Protection のトリガにはならない点注意

## ■ Loopback

- 双方向connection 上での、Source ならびに Destination Address の定義

- パケットトランスポート実現にむけては、高機能化かつ高信頼性化が必要で、OAM は重要な位置づけである
- ITU-T におけるその取り組み
  - Ethernet: Y.1731, G.8031, G.8032 etc
  - T-MPLS: G.8110.1, G.8114, G.8131, G.8132 etc
- T-MPLS ならびに T-MPLS OAM
  - T-MPLS 要求
  - G.8110.1 ならびに T-MPLS ネットワークアーキテクチャ
  - T-MPLS のメリットと課題
  - T-MPLS OAM
    - OAM ツールの現状
    - IETF との差分
    - 実現にむけた課題



**T H E P O S S I B I L I T I E S A R E I N F I N I T E**