

ONIC Japan 2017

Telecom Infra Project (TIP) における 光伝送装置の標準化動向

2017年10月20日

NEC 松井 淳一郎

Orchestrating a brighter world

未来に向かい、人が生きる、豊かに生きるために欠かせないもの。
それは「安全」「安心」「効率」「公平」という価値が実現された社会です。

NECは、ネットワーク技術とコンピューティング技術をあわせ持つ
類のないインテグレーターとしてリーダーシップを発揮し、
卓越した技術とさまざまな知見やアイデアを融合することで、
世界の国々や地域の人々と協奏しながら、
明るく希望に満ちた暮らしと社会を実現し、未来につなげていきます。

本日の内容

- Telecom Infra Project (TIP) の紹介
- Open Optical Packet Transport project groupについて
- まとめ

Telecom Infra Project (TIP) の紹介

Telecom Infra Project (TIP) とは？

発足

- 2016年2月にバルセロナで開催されたMobile World Congressにおいて、facebookよりプロジェクト発足が発表された
- facebook主導で2011年に発足したOpen Compute Project (OCP) のテレコム版の位置づけ
- OCPで成功したスキームをテレコムネットワークにも適用

ミッション、目的

- エンジニアリングにフォーカスし、オペレータ、サプライヤ、開発者、インテグレータ、新興企業により、従来のテレコムネットワークにおけるインフラ構築手法を分解する
- メンバーによる新技術の共同研究、新たなビジネスアプローチの検討、テレコムへの新たな投資の促進を目的とする
(<http://telecominfraproject.com/about-us/> より)

メンバー

- 発足当時はfacebookを始めとする約30社
- 現在は、次スライド以降を参照

TIPのメンバー（2017年5月時点のWeb情報）



106の会社、団体

<https://telecominfraproject.com/members/>

TIPのメンバー（2017年10月時点のWeb情報）（1/3）

21Vianet Global Ltd.	Bandwidth10 Inc.	Collinear Networks	Etheric Networks
2600Hz	Barnet Communications Ltd.	ColourBlue	Ethoplex, LLC
2wcom Systems GmbH	Beanfield	Comba Telecom Networks Limited	Etisalat International
Aarna Networks	Bearcom	Commscope	Eutelsat
Accedian Networks, Inc.	Beitz and Daigh Geographics	ComTech EF Fdata	Eventum IT Solutions
Accelink Technologies Co., Ltd.	Bell Canada	Contela, Inc.	EXFO
Accelleran NV	BELLTOWER ENTERPRISE LIMITED	Coriant Operations, Inc.	Facebook
Accenture	Benetel Ltd	Corsa Technology	Fairwaves, Inc.
Accenture Solutions Sdn Bhd	Benocs	Credit Suisse	Federated Wireless
Access Communications Ltd	Benu Networks	Crown Castle Solution	fhi360
Accucode	Bharti Airtel Limited	CSIR	Fiberhome
AceAxis Ltd.	bluesource – mobile solutions gmbh	Csquared Ghana	FiberLink Lda
ADLINK Technologies	Bluestream Professional Services LLC	Cssquaredb Technologies	Finisar
ADTRAN	BodyTrace	Custom Connect BV	Fireside Group
ADVA Optical Networking SE	Boom Energy	Custom Technologies	Five Nines Network Engineering
Advantech	Brain4Net	CyberTAN Technology Inc	Flex
Aeronet Wireless Broadband LLC	BRCK, Inc.	Daisy Group	Flexfinity, Inc.
AESP Green Energy Inc	British Telecommunications Plc	Darkblue AS	Florida Atlantic University
Affirmed Networks	Broadcom	DataArt Solutions, Inc.	Flowzo, Inc.
Africa Mobile Networks	BroadSoft	Davis EBI	FPIInnovations
Air-Lynx	Brody Associates	De NOVO Group	Fraunhofer Institute for Applied Information Technology FIT
Airmesh Ltd	Bwtech	Deloitte Consulting LLP	Free Space Wireless
Alcatel-Lucent China	Byte-Focal	DELTA Computer Products GmbH	FTE Networks, Inc.
Alertry	Cable Television Laboratories, Inc.	Delta Networks Inc.- DNI	Fujitsu Network Communications
Alpha Networks	CallFire	Deutsche Telekom	Galactic Technology Group
Alpha Wireless Ltd	Cambridge Industries USA, Inc.	Diego Besprosvan (Individual)	Galaxy Information Technology and Telecommunications
AltioStar	Canonical Group Ltd	digidesk	GEANT Association
Amarisoft	Caribsats & Veldissimo Telecom	Dimark Software, Inc	Gemtek Technology Co., Ltd
Amdocs Software Systems	Cavium, Inc	Dirk Anteonis	Genesis Technical Systems Corp
Amera Networks	CC Squared	DISH NETWORKS LLC	Gilat Satellite Networks Ltd.
Amitec Electronics Ltd.	CDC Group plc	DragonWave	GLOBAL ASSET DEVELOPMENT GROUP
AMN	Celestica	Druid Software Ltd	Global Edge Software Limited
Apama Systems, Inc.	Cell C South Africa	du	Globalways AG
Aricent	Century Link	Dysrupts	Globe Telecoms
ARK Consulting, LLC	CESNET	Eagle Photonics PVT LTD	Green Republics
Artesyn Embedded Technologies	China Communication Technology Co., Ltd	eBay	GTA
Asian Institute of Technology	China Mobile (Hangzhou) Information Technology Co., Ltd.	ECI	GTT Europe Limited
ASOCS	China Mobile Research Institute	Ecole Supérieure Polytechnique	Hantele
ASTELNET LTD	China Unicom	EdgeConneX	HARMAN
Athonet	Ciena	Edgecore Networks	HCL
Avanseus Holdings Pte Ltd	Cigna	EE	Health Care 4 All International
Avanti Communications	Cisco	Effdon Networks	Hetrogenous Communication Technologies Pvt. Ltd.
Avench systems Pvt Ltd	City of San Francisco	EITC (du)	Higher Logic –
AVIAT NETWORKS	CLAdirect, Inc.	Elliseaum LLC	Himachal Futuristic Communications Ltd.
AW2S	ClariPhy	Embratel	HMI Services Inc. – A Henkels & McCoy Group Company
Axiata Digital Services Sdn Bhd	Clear Blue Technologies	Entropy Solution PH Inc	HPE
Azcom Technology	Cloudnine	Epson Electronics	Huaxin SM Optics Tech.ltd. (Chengdu)
B.Yond	CMNG Capital	Equinix	Hughes Network Systems, LLC
BaiCells	Cogo Technologies Inc	Ercom Inc.	HYPERNET TECHNOLOGIES LIMITED
Bandwidth.com	Cohere Technologies Inc	essmark technologies	Hyve Solutions

TIPのメンバー (2017年10月時点のWeb情報) (2/3)

ibb Consulting Group	Manifold e-Connect Limited	Open Compute Project Foundation
iDirect UK	Masar	Open Fiber SPA
iDocpro Ltd	MasTec North America, Inc.	Openet
IDT	MEG PERU	Openwave Mobility
IIT Bombay	Mellanox Technologies Inc.	Oracle, Inc.
IMEC	Mercy Corps	Orange
Indosat Ooredoo	Micron Technology Inc.	Parallel Wireless Inc.
Infinera	Microsemi Frequency and Time Corporation	Phase Global Limited
Infinite focus GS	Microsoft	Phluido, Inc.
Inflectiontech Ltd	Millicom International Cellular SA	Phoenix Contact
Infrastructure Operations Technologies	Mirpur University of Science & Technology (MUST), Mirpur	PivaSoftware
Innoflight, Inc.	Mitsubishi Electric Information Systems	Point Dume Ltd
Inphi Corporation	Mobiadd	Politecnico di Torino
Inspired Futures Ltd	Mobile Internet Ltd	POLTE Corp.
Instant Data Centers	Mobile Services Internatonal	Power and Telephone Supply
Integrated Device Technology	MOBITcom	PSEntityServices Ltd
Intel	MojaTatu Networks	Purdue University
Intercloud technologies	MRV Communications	PYRAMITE IT
InterDigital	MTN Group	Qulsar, Inc.
Internet	MTX Connect	Quortus
Internexa	Multisource	Qwilt
IonU	Multiven	R COM International Pty Ltd
Ip Access	MYCOM OSI	Radisys
IP Access UK	MyRepublic Group Ltd.	Rakon UK
IQonline	Nae	Range Networks
ISOCEL SA	nbn	Red Hat
ITOCHU Techno-Solutions Corporation	NEC Corporation	Redtea Mobile Inc.
Ixia	NeoPhotonics	Reliance Jio Infocomm Limited
Jabil	NeoTech	Remotec Technology Limited
Juni Global	Neotel (PTY) LTD	Resonous Technologies
Juniper Networks	Nephos Inc.	RF Pixels, Inc.
Key Bridge LLC	Neptuno Networks	RG Fiber
Keysight Technologies Inc.	NetApp, Inc	Rocket Fiber LLC
Kontron	New Skies Satellites B.V. ("SES")	rrbone
KPMG	Nexius	Ruijie Networks
Kuiddle Pte. Ltd.	Nextel Telecomunicacoes Ltda	RunEL NGMT
Laboratorio de Telecomunicacoes – Univ.Federal do Espirito Santo	ng-voice GmbH	Saankhya Labs
Lanner Electronics	NGcodec Inc.	Saguna Networks
Lattice Semiconductor Corporation	NoaNet	Sanhui
Lekha Wireless	Nokia	Satelcom Telekom
Liberty Global	Nokia Shanghai Bell	Satstream (Australasia) Pty Ltd
LightRiver Technologies, Inc.	NOS	SayCel
Likusasa Engineering and Contracting Ltd	NS Communication Pvt Ltd	Saygo
Lime Microsystems	NTS Technology	Schneider Electric
Linker Networks	NTT	SDS
LITE-ON Technologies	NTT America	Secure Cast Group Inc.
LiveU Ltd.	NTT Communications Corporation	Shanghai Institute of Microsystem and Information Technology (SIMIT)
Lumentum Operations LLC	NuRAN Wireless Inc.	Shanghai Research Center for Wireless Communications
Luxar Tech, Inc.	NVT Phylbridge	Shenzhen GrenTech RF Communication Limited
Malawi Telecommunications Limited	ON Telecomunicacoes Ltda.	Sherpa Fiber, LLC

TIPのメンバー（2017年10月時点のWeb情報）（3/3）

Silicom	Tier1 Communications	World Telecom Labs
Silicon Labs	Tieto	WOW! Internet, Cable and Phone
SINET KH (S.I GROUP CO., LTD)	TIM Brasil	xFlow Research Inc.
SIRADEL North America	Tip do Brasil	Xilinx, Inc.
SK Telecom	Tiscali	Yupana LLC
SK Telesys	Tom Knutson (Consultant)	Zain Group
Skorpis Technologies	Towershare Inc.	ZEETTA NETWORKS
Skyroam Inc.	Toyota InfoTechnology Center, U.S.A., Inc.	Zetel Solutions Pty Ltd
SnapRoute, Inc.	Treasure State Internet and Telegraph	ZTE
Software Radio Systems Ltd.	Turkcell Superonline	
Solarbora AB	Twilio	
somcast	Tyco Electronics Subsea Communications LLC	
Southeast University	Ubiqomm LLC	
SPARK ELECTRONICS	Uculur Technologies	
SpiderCloud Wireless	UKTA	
Spot on Engineering	Uninett AS	
Sri Lanka Telecom PLC	Unique comm	
ss7ware	Universal Connectivity	
StackPath	Universidad Politécnica de Cartagena	
Standard Microgrid	Universidad Rey Juan Carlos	
Star Solutions	Universitat Politècnica de Catalunya	
Stellenbosch Academy of Science and Technology for Development	University of Essex	
Sterlite Technologies Ltd	University of Southampton Malaysia Campus	
Strikas Agent Uganda Ltd	Unmanned Systems Ltd.	
SVInnovations, Inc.	USAN Burundi	
Syniverse Technologies	Uvaca	
Sysmocom	Vanu	
T8	Vasona Networks, Inc.	
Taichi Lee (Individual)	Vector Data LLC	
Tallysman	Vertical Bridge	
Tata Communications Transformation Services Limited	Verveba Telecom	
Tech Mahindra Limited	Viavi Solutions	
Technoserv	Vimpelcom Ltd	
Telbru Brunei	Vivint Wireless	
TelcoQ Ltd	VNL	
Telecom Italia SpA	Vodacom Business Nigeria	
Telefonica	Vodafone Group Services	
Telexat, Inc.	Vodafone Netherlands	
Telia Company AB	Vodafone Plc	
Telkom Caribe	Volta Networks	
Telnexus LLC	Vonex	
Telnyx	VTTEK (Viettel Group)	
Telrad	W502.Telco Inc.	
Telus Communications	Waltz Networks	
Tely	Wanderport Africa LLC	
Telzio, Inc	Warid Telecom Pakistan	
TesTime Limited	Whitestack LLC	
The Horn Company	Windy City SDR	
The Signal Connections Pty. Ltd	WiNGS Telcom	
The Wharton School (U. of Pennsylvania)	Wipro Ltd	

459の会社、団体

<https://telecominfraproject.com/members/>

主要メンバー（2017年10月時点のWeb情報）

2016 TIP Summitのスポンサー企業

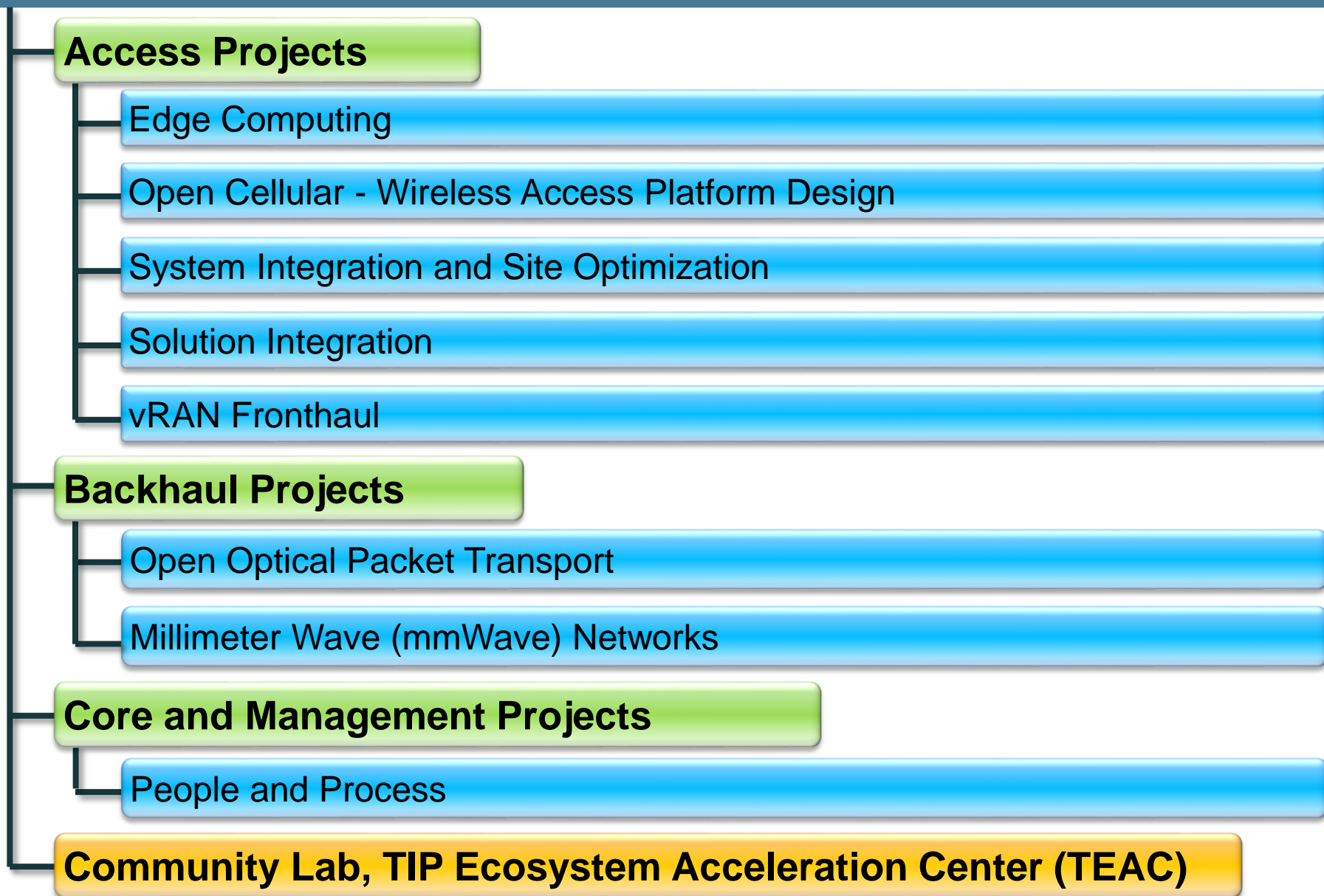
- Accenture、Aricent、Deloitte Consulting、facebook、intel、Juniper Networks、LEMKO、SS7ware、TOWERSHARE、Tech Mahindra、radisys、SK telecom

各プロジェクトグループの議長を務める企業

- Intel、Telefonica : Edge Computing
- facebook : Open Cellular
- Deloitte Consulting、facebook : System Integration and Site Optimization
- SK telecom : Solutin Integration
- BT : vRAN Fronthaul
- facebook、Equinix : Open Optical Packet Transport
- facebook、Deutsche Telekom : millimeter Wave Networks
- facebook、Bell Canada : People and Process

TIP Ecosystem Acceleration Centerを開設している企業

- facebook、SK Telecom、BT、Orange、Deutsche Telekom



Edge computing

- オープンアーキテクチャ、ソフトウェアスタック、MECをプラットフォームに活用し、ネットワークエッジにおけるサービス/アプリケーションのフィールド実装を行う

Open Cellular - Wireless Access Platform Design

- 携帯電話などのワイヤレスアクセスプラットフォーム関連技術に焦点を当て、様々なBackhaulシステムと統合、Open Cellularプラットフォーム上で実現されるソリューションの開発を行う
- メンバーにより新たなアイデアをテストできるように、回路図やCADデータ、ソフトウェアをオープンソース化して共有
- オペレータと共に、2Gユニットのテストを実施中
- MWC2017においてOpen Cellular LTEを展示

Open Cellularにおいて開発した
ワイヤレスアクセスプラットフォームの
RF部とベースバンド部

<https://code.facebook.com/posts/1754757044806180/introducing-opencellular-an-open-source-wireless-access-platform/>



System Integration and Site Optimization

- 郊外および都市部の双方に最適なサービスを提供するために、コスト解析、サイトエンジニアリング、通信手段の検討、保守の自動化など、革新的で費用対効果の高い効率的なEnd-to-Endソリューションの開発を行う

Solution Integration

- RANに関する内部コンポーネント間のオープンインタフェースを定義し、オープンなRANアーキテクチャを開発する
- MWC2017において、アンバンドルな4G RANのハードウェアとソフトウェアスタック用のAPIを共有することを発表
- 5G RANにおいてもオープン化のためにアンバンドルグループを形成

vRAN Fronthaul

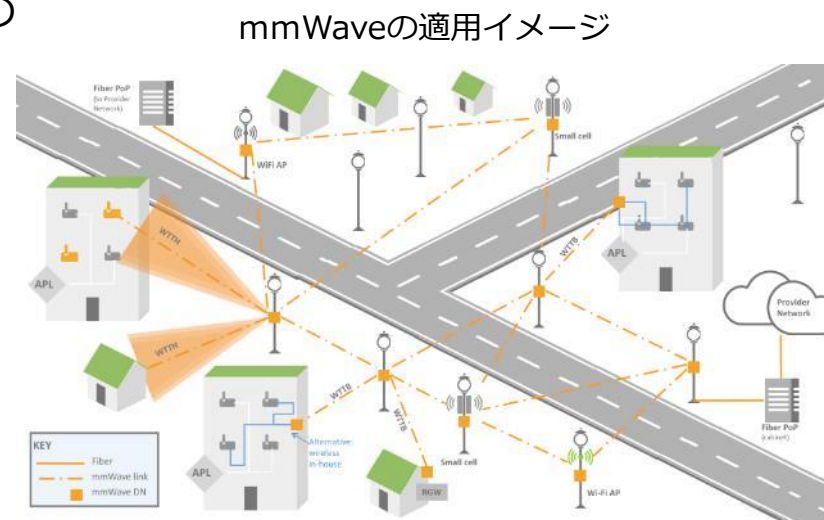
- 非理想的なFronthaul環境と仮想RANに対して、物理層の最適化・データ圧縮などの方法によりパフォーマンスを最大化
- 低品質な回線に対応して遠隔集中管理等による低価格RRUを提供

Open Optical Packet Transport

- 新たなイノベーションにより、インプリにおけるロックインを回避するDWDMオープンパケットトランスポートのアーキテクチャを定義
- オープンDWDMシステムには、オープンラインシステムとコントロール、トランスポンダとネットワークマネージメント、パケットスイッチとルータ技術が含まれる

Millimeter Wave (mmWave) Networks

- ギガビット伝送をファイバ導入に比べてより迅速に、簡単に、低コストで提供することにより、人口の密集した都市部における帯域需要の増加に対応するため、60GHz帯の無線ネットワークソリューションを定義
- 革新的なソフトウェアとベストプラクティスの適用による低コストなハードウェア設計に重点を置き、サービスプロバイダー等のmmWave導入を支援



People and Process

- オペレータにとってキーとなる指標を大幅に改善するための、文化とプロセスの変革の実践を共有
- Facebookから以下の内容をホワイトブックとして展開、Facebook成功のベースである文化・プロセスを、メンバー企業が実践するためのガイドライン
 - ・ オープンコラボレーション：Facebookのオープンカルチャーについて
 - ・ 文化の改革：オペレーションから生産工学にいたる旅
 - ・ イノベーションの文化：Facebookが急速なイノベーションを推進する仕組み
 - ・ 継続的な配備：リリースのエンジニアリング文化とツール

Community Lab

- 特定のサービスプロバイダのユースケースに対応したEnd-to-Endの新たなソリューションをテストする環境、完了プロジェクトは商用に展開
- 主な拠点と関連するサービスプロバイダ
 - ・カリフォルニア : Facebook
 - ・韓国 : SK Telecom
 - ・ボン : Deutsche Telekom

TIP Ecosystem Acceleration Center (TEAC)

- 革新的なインフラソリューションを素早く提供する自立型エコシステムを構築するため、大手テレコムサービスプロバイダが世界各地にセンターを開設
- 各ベンチャーキャピタルからの支援により才能あるスタートアップを育成
- 主な拠点と関連するサービスプロバイダ
 - ・ソウル : Facebook、SK Telecom
 - ・ロンドン、Adastral Park : BT
 - ・パリ : Orange
 - ・ベルリン : Deutsche Telekom

TIPの活動経緯 (1/3)

発表日	内容
2016/2/22 MWC2016	<ul style="list-style-type: none">・ TIPの設立を発表
2016/5/24	<ul style="list-style-type: none">・ 理事会とプロジェクトグループを構成<ul style="list-style-type: none">– 理事会メンバー : SK Telecom、Deutsche Telekom AG、facebook、Intel、Nokia– 各領域においてプロジェクトグループを構成<ul style="list-style-type: none">Access : System integration and site optimization, Unbundled solutions, Media-friendly solutionsBackhaul : High-frequency autonomic access, Open optical packet transportCore and Management : Core network optimization, Greenfield telecom networks
2016/6/28 MWC上海	<ul style="list-style-type: none">・ TIPへの入会受付を開始・ TIP Community Labの設立を発表<ul style="list-style-type: none">– 特定のサービスプロバイダのユースケースに対応したEnd-to-Endの新たなソリューションをテストする環境、完了プロジェクトは商用に展開・ TIP Summitの開催 (CY2016/Q4) を予告
2016/11/1 ~11/2	<ul style="list-style-type: none">・ TIP Summitを開催<ul style="list-style-type: none">・ TIP Ecosystem Acceleration Center (TEAC) の発表<ul style="list-style-type: none">– CY2017/Q1に第1号をソウルに開設予定– 革新的なインフラソリューションを素早く提供する自立型エコシステムの構築・育成・ People and Processプロジェクトグループの立ち上げを発表・ Voyagerの進捗を報告・ Open Cellularのオープンソース化を報告

(<http://telecominfraproject.com/news/> より)

TIPの活動経緯 (2/3)

発表日	内容
2017/2/26 ~3/1 MWC2017	<ul style="list-style-type: none">・メンバーが450名を超える・BTがTEACの開設を発表・ロンドンにおけるファンド各社からの、通信インフラ関連のベンチャーへ170Mドルの支援を発表・People and Processの進捗を報告<ul style="list-style-type: none">– 3人のオペレーターメンバーが才能開発のパイロットを立ち上げ・Open Cellularの進捗を報告<ul style="list-style-type: none">– Open Cellular LTEを展示・Solution Integrationの進捗を報告<ul style="list-style-type: none">– アンバンドルな4G RANのハードウェアとソフトウェアスタック用のAPIを共有– 5G RANにおいてもオープン化のためにアンバンドルグループを形成・Open Optical Packet Transportの進捗を報告<ul style="list-style-type: none">– Teliaが商用ファイバとVoyagerを用いたフィールドテストを実施– OrangeがVoyagerのテストを計画
2017/5/16 BCE	<ul style="list-style-type: none">・Open Optical Packet Transportに4つのWorking Group (OLS、DTC、C-API、PSE) とOperator Council (OC) を設立・OrangeがTEACの開設を発表・Open Interfaces for Virtualized RAN with non-ideal Fronthaul (現 : vRAN Fronthaul) プロジェクトグループの立ち上げを発表

BCE : Light Reading's Big Communication Event

(<http://telecominfraproject.com/news/> より)

TIPの活動経緯 (3/3)

発表日	内容
2017/6/19 ～6/20	<ul style="list-style-type: none">・ 第1回Open Cellularワークショップを開催 (ナイロビ)
2017/8/9	<ul style="list-style-type: none">・ 会長の交代を発表<ul style="list-style-type: none">– Dr. Alex Choi (元SK Telecom CTO) からAxel Clauberg (Deutsche Telekom) に交代
2017/9/12 ～9/14 MWCアメリカ	<ul style="list-style-type: none">・ Millimeter Wave (mmWave) Networksプロジェクトグループの立ち上げを発表<ul style="list-style-type: none">– FacebookのTerregraphプロジェクトの情報を活用– ファイバのようなギガビット伝送を実現・ Deutsche TelekomがTEACの開設を発表 (ベルリン)・ Deutsche TelekomがTIP Community Labの開設を発表 (ボン)・ SK TelecomがTIP Community Labの開設を計画 (韓国)・ People and ProcessにおいてFacebookがホワイトペーパーを寄稿
2017/10/2	<ul style="list-style-type: none">・ BTがTEACの開設を発表 (ロンドン)・ SK TelecomがTEACの開設を発表 (ソウル)
2017/11/8 ～11/9	<ul style="list-style-type: none">・ TIP Summitを開催予定

(<http://telecominfraproject.com/news/> より)

Open Optical Packet Transport (OOPT) project groupについて

Open Optical Packet Transport (OOPT)

Operator Council (OC)

WG1 : Open Line System (OLS)

WG2 : Disaggregated Transponder and Chip (DTC)

WG3 : Physical Layer Simulation Environment (PSE)

WG4 : Common API, NMS and System Integration and Solution (C-API)

OOPTは4つのWorking Group (WG) とOperator Council (OC) から構成される

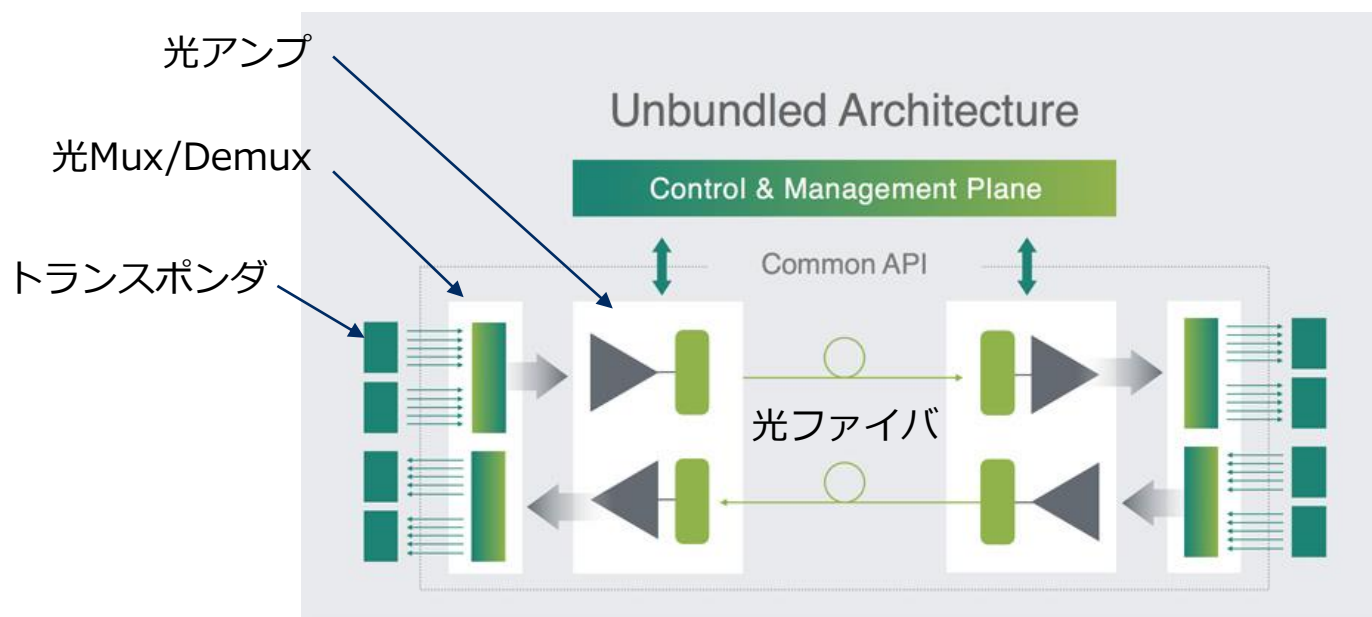
各WGはEnd-to-Endのオープンなネットワークを実現するためのキーテクノロジーについて検討

OCは想定されるアプリケーションやユースケースの情報を各WGへ提供

オープンラインシステム

- オープンラインシステムには、システム内の各コンポーネントのYANGモデルとC-PlaneへのNorthboundインタフェース（NETCONF等）が含まれる
- コンポーネントとしては、光ファイバ、光アンプ、光Mux/Demux、トランスポンダがある
- 光アンプの仕様開発にはLumentum社が協力

オープンラインシステムのアーキテクチャ



(<https://code.facebook.com/posts/1977308282496021> より)

Voyagerトランスポンダ

VoyagerはFacebookのTop-of-RackスイッチであるWedge100と同じデータセンター技術が活用されている

Voyagerを構成するコンポーネント

- スイッチASIC : Broadcom社 Tomahawk
- DWDMモジュール : Acacia社 AC400
- サプライチェーン : Celestica社
- ソフトウェアアーキテクチャ : Snaproute社

QSFP28(100GE)x12ポート、200G DWDMx2ポートをもつVoyagerトランスポンダ



Voyagerに関する実績

- Equinix社、MTN社、Telia社が、彼らの商用ファイバとVoyagerを使ったフィールドテストを実施している
- ADVA Optical Networking社はVoyagerの商用サポートを提供している
- Coriant社は彼らのネットワークソフトウェアを拡張して、Voyagerのエンジニアリングサポートを可能としており、ルーティング、スイッチングとDWDM伝送機能を提供している

(<https://code.facebook.com/posts/1977308282496021> 、
<http://telecominfraproject.com/facebook-contributions-at-the-tip-summit/> 、
<http://telecominfraproject.com/a-tip-update-from-mwc-2017/> より)

まとめ

■ TIPはFacebook主導のテレコムインフラのオープン化を推進するプロジェクトであり、450以上の会社、団体が参加

■ Access、Backhaul、Core & Managementの各領域でオープン化に向けた活動を実施

■ Open Optical Packet Transport (OOPT) プロジェクトグループはDWDMシステムのオープン化を推進、重要なキーテクノロジーについて、下記4つのワーキンググループが活動中

- Open Line System (OLS)
- Disaggregated Transponder and Chip (DTC)
- Physical Layer Simulation Environment (PSE)
- Common API, NMS and System Integration and Solution (C-API)

 **Orchestrating** a brighter world

NEC