

DEOSのためのディペンダブル 通信機構と消費電力管理機構

慶應義塾大学環境情報学部

代表者: 徳田英幸

分担者: 高汐一紀、中澤 仁、由良淳一

切れても使えるように

- 通信が切れると。。。。
- 電源が切れると。。。。

目次

- DEOS全体における研究課題の位置づけ
- 慶應チームの貢献
- ディペンダブル通信機構と消費電力管理機構によるディペンダビリティへの寄与
- ディペンダブル通信機構 (SCTP+FHO)の詳細
- ディペンダブル消費電力管理機構 (TR)の詳細
- 重要成果リスト
- 今後の研究開発計画
- デモンストレーションのご紹介



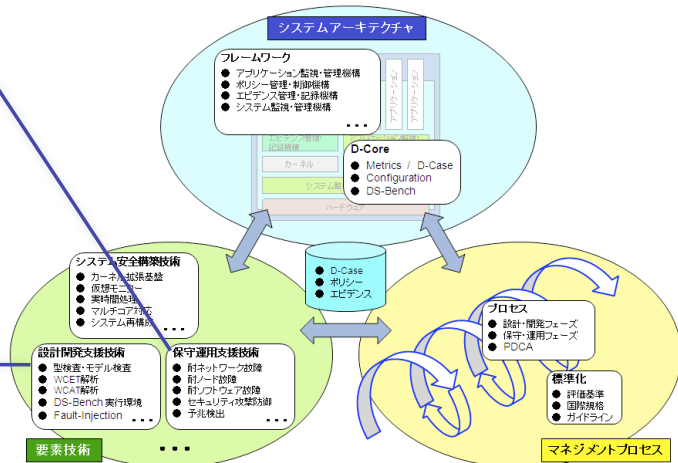
DEOSにおける位置づけ

保守運用支援技術

開発モジュール	チーム名
動作時間予約機構(TR)	徳田
耐故障ネットワーク機構(SCTP+FHO)	
耐故障ネットワーク機構(RI2N/PEACH)	佐藤
アカウントिंग機構(ACT)	中島/センター
シングルIPアドレス機構(SIAC)	石川

設計開発支援技術

開発ツール	チーム名
型検査・モデル検査(MCHK)	前田
最悪実行時間予測(RETAS)	石川
電力使用量予測(GREEN)	徳田
Fault Injection (D-Cloud)	佐藤
ディペンダブルシステムベンチマーク実行環境(DS-Bench)	石川



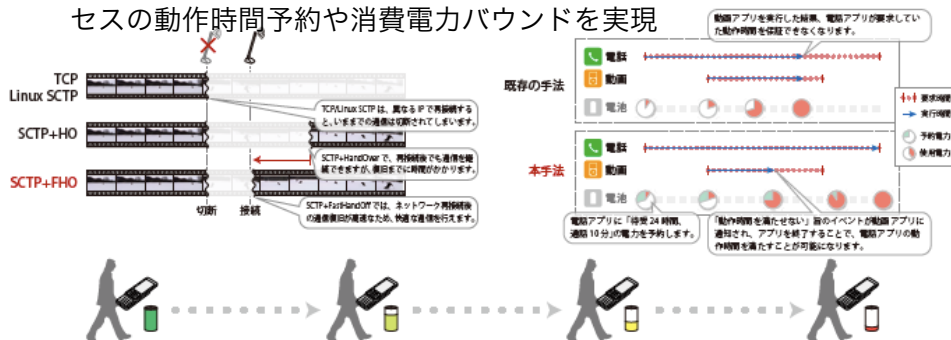
慶應チームの貢献

- コアチームへの貢献（中澤）
 - ディペンダビリティメトリックス
 - D-caseの開発
- オープン組込みシステムへの貢献
 - SCTP+FHO (FreeBSD7.0 Distribution, Linux)
 - NUTSプラットフォームの開発

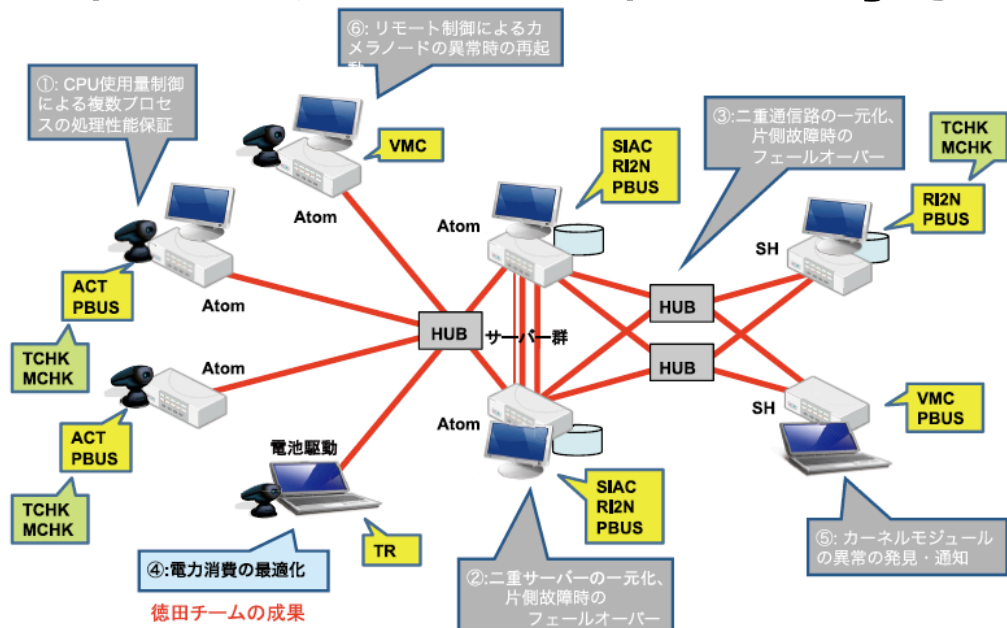


ディペンダブル通信機構と消費電力管理機構

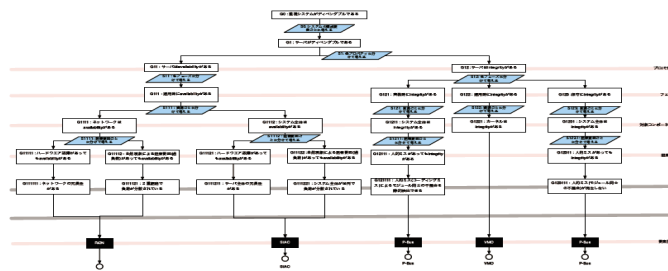
- ディペンダブル通信機構 (SCTP+FHO)
 - ネットワーク接続の冗長性を提供し、トランスポートプロトコル層で、ネットワーク切断に対応し、シームレスに、かつ高速にネットワーク接続性を提供
- ディペンダブル消費電力管理機構 (TR)
 - 細粒度の消費電力管理によりバッテリー駆動時・AC駆動時に特定プロセスの動作時間予約や消費電力バウンドを実現



監視システムの ディペンダビリティへの寄与



ディペンダビリティへの寄与



図：個別デモの内容を含むデモシステムのD-Case(抜粋)

	寄与する性質	フェーズ	支援対象	阻害要因	支援内容
通信機構 (SCTP +FHO)	availability	実行時	ネットワーク	環境要因(人の移動等)による切断	切断からの高速復帰、通信の継続
予測ツール GREEN	availability	設計時	電力資源	環境要因あるいは人的攻撃による過負荷	所与の電力資源で継続実行可能な時間の予測
消費電力 管理機構 TR	availability	運用時	電力資源	環境要因あるいは人的攻撃による過負荷	特定プロセスの動作時間を予約。上記時間の保証。



ディペンダブル通信機構

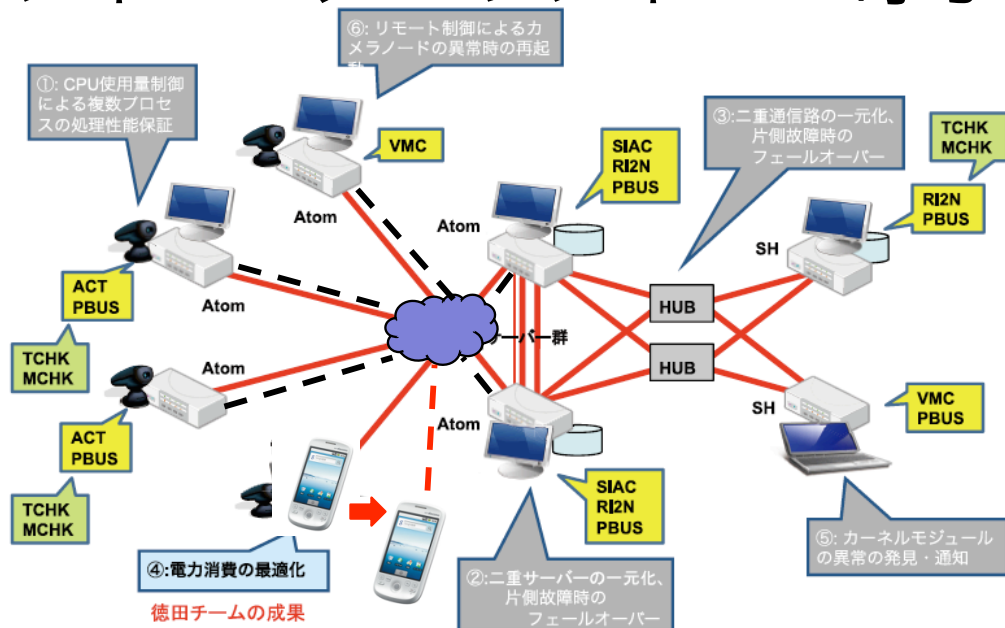


耐故障ネットワーク機構

- ハードウェア手法
 - R2IN
 - PEARL
- ソフトウェア手法
 - SCTP+FHO



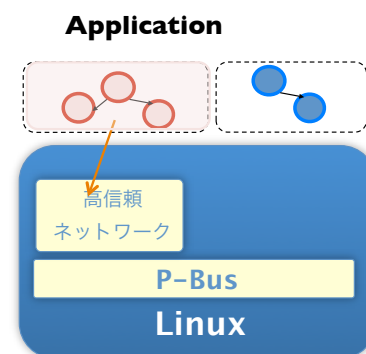
監視システムの ディペンダビリティへの寄与



ディペンダブル通信機構

Label	
Description	無線、有線を問わず1つ以上のネットワークインターフェースを持つターゲット機器において、トランスポート層にて経路の多重化による通信の冗長化と並列化、切断・再接続検知による通信遮断時間低減を行う。
Use Case	ビデオストリーミングを送受信しているロボットやスマートフォンが無線カバー範囲間を移動した際に、切れ目なくストリームを送受信し続けられる。

適用分野	携帯、家電、ロボット
技術の適用フェーズ	インテグテスト/運用/保守
機能目的	性能、障害
問題区分	環境要因、人的ミス
D保証形態	Linux+P-Bus
Core利用形態	SC、MC



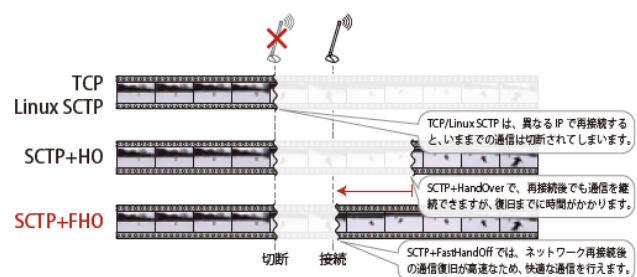
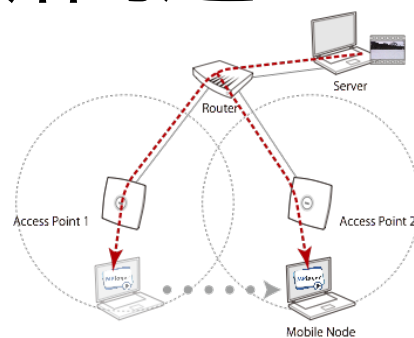
目的

- ネットワークに余計な切断時間が発生しないようにすること
 - データリンクが存在する限りにおいてはネットワーク層以上は切れず、不要な遅延が発生しない
- 送信データの重要性をアプリケーションが指定可能とすること
 - アプリケーションは、セッションごとではなく送信データごとに、通信路に要求する信頼性を指定できる。また、指定に時間制約を付けられる。
- ネットワークでのパケット損失を抑制すること
 - 経路の途中でパケットが落ちない。経路中にLossyなリンクが含まれる場合でも落ちない。



通信切断問題

- マルチホーミングを提供し、ネットワークデバイスの故障やネットワークからの切断時にフェイルオーバー機能を実現する
- 端末移動に伴うコネクティビティ切断/復旧後における、再送タイムアウト機構に起因した通信の大幅な遅延を改善する



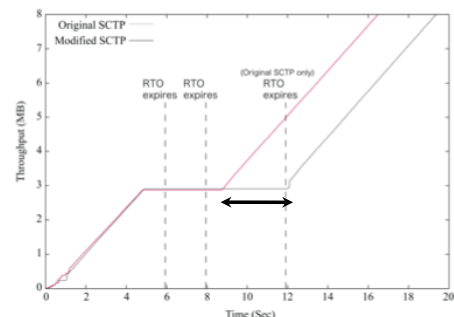
支援内容

- 次世代トランスポートプロトコルSCTPを改良(SCTP +FHO)しネットワーク間の移動時のディペンダビリティを支援。
- SCTP再送機構の改良により無線ハンドオフ時のアプリケーション層での切断時間を短縮
- 複数経路を介した冗長なデータ送信のためのライブラリによりネットワークでのパケット損失を抑制
- SCTP-PR (partial reliability)の利用により送信データの重要性をアプリケーションが指定可能



手法 (FHOの開発)

- 無線ハンドオフ時にデータリンク層の再接続を検知して、再送タイマを無視してデータを送信
- データリンク層切断中のパケットロスとは異なる扱いとすることでハンドオフ時の遅延を短縮



実験：3秒間のリンクダウンの場合

SCTP: 再送遅延 7.0秒

SCTP+FHO: 再送遅延 3.9秒



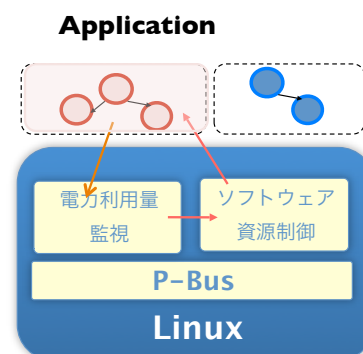
ディペンダブル 消費電力管理機構



ディペンダブル 消費電力管理機構(config)

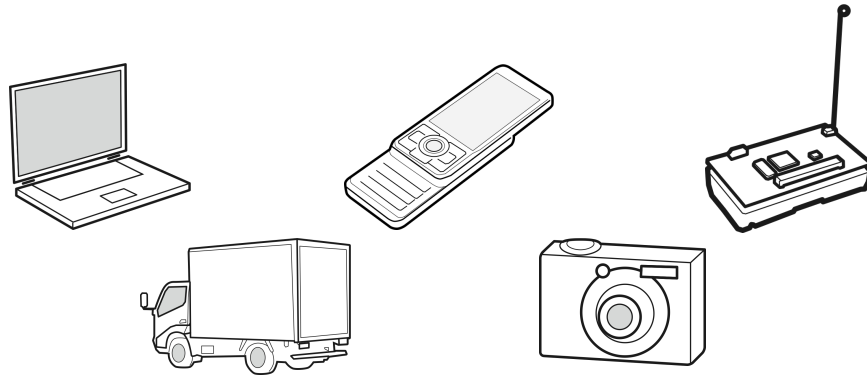
Label	
Description	ノード全体、プロセスごと、デバイスごとの消費電力を低減しながら、電池駆動組込み機器上の特定のプロセスに対して、消費電力の管理を行う。
Use Case	ターゲット機器において特定のプロセスまたはアプリケーションをユーザが選択し、希望動作時間を指定する。システムは指定されたプロセスまたはアプリケーションが、指定された時間動作できる電力を計算し、その時間の動作を保証する

適用分野	携帯、センサ
技術の適用フェーズ	インテグテスト/運用/ 保守
機能目的	電力
問題区分	過負荷、人的ミス
D保証形態	Linux+P-Bus
Core利用形態	SC、MC



電力管理の重要性

- バッテリーで駆動するオープン組込み機器は増加中
- 「低消費電力化」だけではなく電力資源の管理が必要

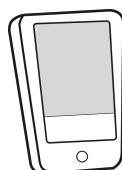


電力管理問題

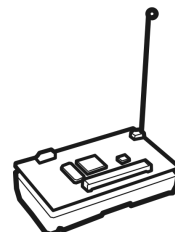
- 利用者が作業を継続したい時間に基づいて消費電力を管理する機構がない
- オープンシステムでは、利用者が継続したい作業以外の要因による、意図しない電力消費が発生しうる
 - ネットワークを介した攻撃（DoSアタックなど）
 - 利用者のミス（不使用デバイスの電源切り忘れなど）
 - ハードウェア故障（発電機の故障に利用者が気づかない）



カーナビゲーションシステムに対する外部からの攻撃



無線LANインタフェースの電源切り忘れ



DoSアタックによる電池消耗



目的

開発時

- システム開発時に消費電力を見積可能とする
- 所与のハードウェアと電力で、あるプロセスの最大動作時間を設計・開発時に見積もる

運用時

- 電力持続時間を予測可能とする
- ノードの長寿命化をめざして、最善努力でどれだけの時間電力が持続するか予測する
- 特定プロセスの継続動作時間を予約可能とする
- ある時点で特定のプロセスがN分間動作するだけの電源電力を予約でき、かつそれを保証する
- 消費電力をバウンド可能とする
- AC電源動作時に、機器の最大消費電力を制限する



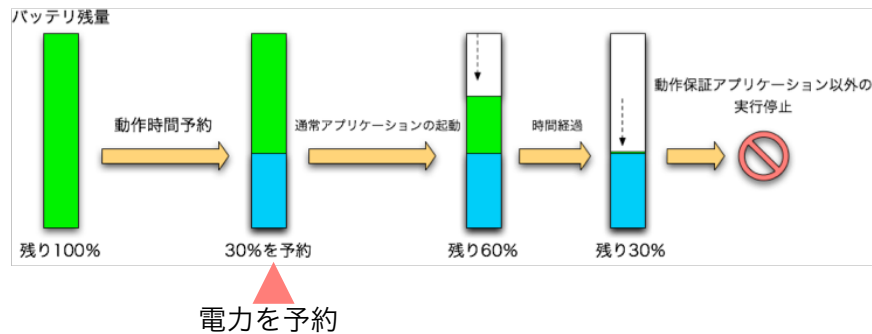
細粒度電力管理

		測定単位	
		ノード毎	プロセス毎
測定対象	ノード毎	<p>(1)</p>	<p>(2)</p>
	デバイス毎		



運用時支援機構

- 指定したアプリケーションが指定した時間だけ動作し続けることを保証する。この事により、より高信頼・高可用性を求められるアプリケーションを提供可能となる。



手法

- 各プロセスについて、CPUと各デバイス毎の使用量を測定する
- 各デバイス毎に、単位使用量当たりの消費電力kをあらかじめ計測しておき、 $k \times \text{使用量}$ を消費電力として計算する
- バッテリー固体差、経年変化への対応を検討する

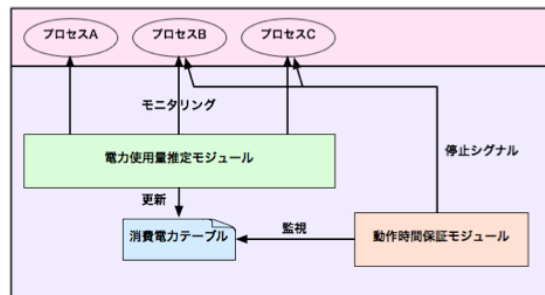
事例：

	CPU [使用時間]	LCD [呼出回数]	NIC [呼出回数]	消費電力
プロセス1	0.2	20	0	$0.2 * k_{\text{CPU}} + 20 * k_{\text{Device1}}$
プロセス2	0.5	0	60	$0.5 * k_{\text{CPU}} + 60 * k_{\text{Device2}}$
OS Overhead/待機電力	0.1	1	10	$0.1 * k_{\text{CPU}} + 1 * k_{\text{Device1}} + 60 * k_{\text{Device2}}$
合計	0.8	21	70	$0.8 * k_{\text{CPU}} + 21 * k_{\text{Device1}} + 70 * k_{\text{Device2}}$



動作時間の予約と保証

- 電力使用量推定モジュールは各プロセスの資源使用状況を消費電力テーブルに書き込み、動作時間保証モジュールがそれを基に保証対象以外のプロセスに停止シグナルを送信する。



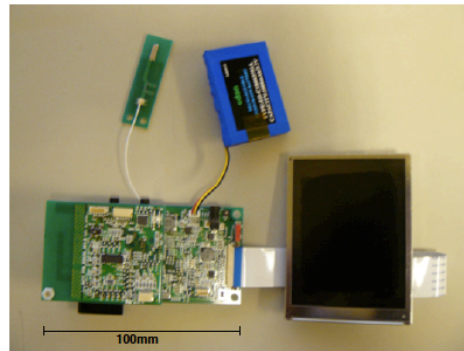
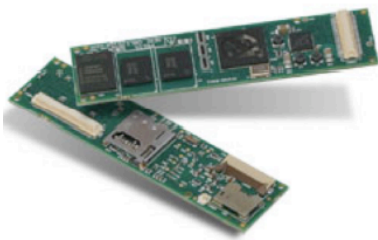
効果

- バッテリ駆動機器において
 - 利用者は、特定のプロセスに対して希望動作時間を宣言可能。システムはその達成可否を利用者に通知し、保証する。
 - 現在のLinuxでは残り動作時間を知ることが可能。
- AC駆動機器において（応用）
 - 利用者は、機器全体の許容最大消費電力を宣言可能。またプロセスごとに許容最大消費電力を宣言することも可能とすることを検討中。
 - 現在のLinuxでは消費電力をバウンドすることは困難。



実装プラットフォーム

- ARM系プラットフォーム
 - Gumstix Vertex XM4-BT (Xscale PXA270)
 - NUTSオープン組込みプラットフォーム
- X86系プラットフォーム



今後の研究開発計画

- 平成21年度（今年度）
 - ディペンダブル通信機構のP-Bus対応
 - ディペンダブル消費電力管理におけるプロセスごとの消費電力把握機構のARM実装、X86実装、およびP-Bus対応
- 平成22年度以降
 - ディペンダブル消費電力管理における動作時間予約機構のARM実装、X86実装、およびP-Bus対応

P-Bus対応により各機構の検証が可能となる。

ARMとX86へ対応することにより幅広い製品での応用が可能となる。



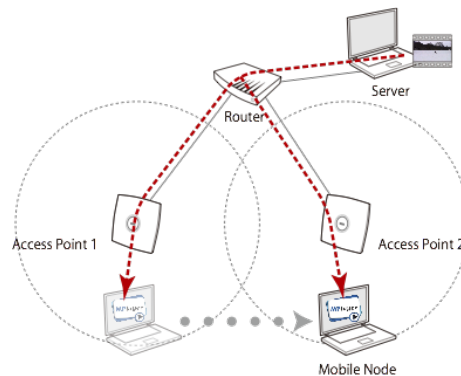
重要成果リスト

- 中澤仁（慶大／CREST）、松野裕（産総研）、菅谷みどり（JST）、塙敏博（筑波大）、前田俊行、藤田肇（東大）、石綿陽一（産総研）、杵渕雄樹（早大）、高村博紀（産総研）、松田元彦（東大）、三浦信一（筑波大）、山田浩史（慶大）、“オペレーティングシステムおよび実システムにおけるディペンダビリティの評価と見直し”、ディペンダブルシステムワークショップ (DSW09 Summer)、ディペンダブルシステム研究会、日本ソフトウェア科学会、July 2009
- Michio Honda, Yoshifumi Nishida, Jin Nakazawa, Hideyuki Tokuda, “Performance Enhancement of Transport Layer Handover on Single-homed Mobile Nodes”, IEICE Transactions on Communications, Special Issue on New Challenge for Internet Technology and its Architecture, October 2007 pp.2683-2692
- Michio Honda, Jin Nakazawa, Yoshifumi Nishida, Masahiro Kozuka and Hideyuki Tokuda, "A Connectivity-Driven Retransmission Scheme Based On Transport Layer Readdressing", In Proceedings of the 28th International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS2008), pp.277-285, Beijing, China, June 2008.
- Masto Maori, Junichi Yura, Jin Nakazawa, and Hideyuki Tokuda, "P-Survive: Process level energy reservation for networked sensing systems," In Proceedings of the 5th International Conference on Networked Sensing Systems (INSS2008), pp.242-245, Kanazawa, Japan, June 2008.



ポスター・デモ発表のご紹介

- Mobile Node上の動画再生ソフトで、Server上の映像ファイルを無線で受信・再生し、SCTP+FHOによる通信では動画の無再生時間が短くスムーズに再生されることがわかります。（デモ1）
- バッテリーで動作するMobile Node上で、動画再生、ゲーム、動作アプリケーションなしの3パターンにおいて、各アプリケーションの使用電力量と最低動作時間を表示します。（デモ2）



アプリケーション 使用電力 最低動作時間

電話	10	9 時間
メール	3	30 時間
映像	30	3 時間



まとめ

- ディペンダブル通信機構 (SCTP+FHO)
 - ネットワーク接続の冗長性を提供し、トランスポートプロトコル層で、ネットワーク切断に対応し、シームレスに、かつ高速にネットワーク接続性を提供
- ディペンダブル消費電力管理機構 (TR)
 - 細粒度の消費電力管理によりバッテリー駆動時・AC駆動時に特定プロセスの動作時間予約や消費電力バウンドを実現
- 今後の課題
 - ARM実装、X86実装の改良・拡張
 - ARMとX86へ対応することにより幅広い製品での応用
 - P-Busへの対応
 - P-Bus対応により各機構の検証が可能

