

【課題名】5G基地局を構成要素とする広域分散エッジシステムの抜本的省エネに関する技術開発(委託)

【代表者】西日本電信電話株式会社 岸 晃司

【実施年度】平成30～令和2年度

(1)課題概要

①【課題の概要・目的】

IoT社会の到来により、その情報を処理するエッジシステムの数と電力の急増(ホットスポット化)への対応が喫緊の社会的課題となっている。

地域全体(広域に分散されたエッジシステム)の省エネのためには、**それぞれの構成機器の抜本的省エネだけでは不十分で、社会システム**としてのエッジシステムを構成するすべてのレイヤに対して、**広域分散システム間で機能を連携**させて、ミクロ最適からマクロ最適を行うことが不可欠である。

このため、各レイヤ毎の抜本的省エネに対する課題に取り組むとともに、**分散したシステム間連携**、および**ネットワーク連携**技術を開発する。

②【技術開発の内容】

○重要な開発要素

エッジシステムを構成する各要素(レイヤ)毎に省エネ技術を開発し、それらを統合して、**地域に分散したシステム間の連携**に基づき**地域システム全体の省エネ**を実現する。

実用化レベルには2020年(受託最終年度)から逐次達成見込みである。特にサービス開始を目前にした5G基地局を中心とした省エネ技術の開発は喫緊の課題である。

A1.【広域分散エッジコンピューティングシステムの連携技術の開発】

・これまでエッジ内に閉じた稼働最適化は実施されていたが、本事業では、広域に分散したエッジ間の最適稼働配置(AI技術)により、**地域全体のエッジシステムの省エネ**を実現する。(ミクロ最適からマクロ最適へ)

A2.【5G基地局の省エネとネットワーク連携技術の開発】

・その発熱が限界にある**IoT情報の“入り口”**たる、5G基地局の冷却電力の極限までの削減と、**ネットワーク連携**とエッジシステムへの統合による抜本的省エネを実現する。

A3.【通信システムの省エネ技術の開発】

・通信システムの**最大のホットスポット**となっているルータやスイッチの冷却技術の開発により、通信ビルなどの抜本的省エネを実現する。

その他の開発要素

A4.【シミュレーションと設計技術】

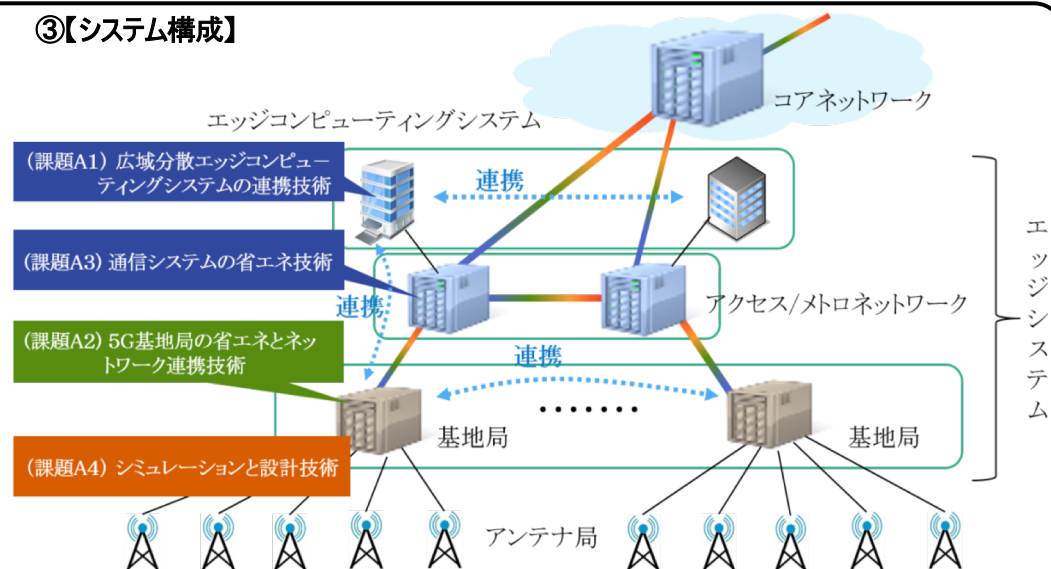
B. 開発要素のシステム統合と、C. その実証

2018-2019年度に、各要素毎の抜本的な省エネ技術を確立する。最終年度の2020年度に、それらを統合し、エッジシステム全体の抜本的省エネを実証する。

広域分散エッジシステムの省エネ(社会システム)を実現するために、ネットワーク仮想化、相互の通信制御のためのプロトコル、セキュリティ、GUIなどのマネジメントレベルの統一も含めて各レイヤーの統合化が課題である。

そのため、事業開始当初から関係者間で密に連携して進める。

③【システム構成】



④【技術開発の目標・リスク】

○想定ユーザ・利用価値

・通信キャリアやISP,ASP等クラウド事業者等(抜本的省エネによる経営リスク低減)

○目標となる仕様及び性能(いずれも単独でのサービス展開が可能)

A1.【広域分散エッジコンピューティングシステムの連携技術】

・地域全体でのエッジコンピューティングシステムの消費電力を**10%削減**

A2.【5G基地局の省エネとネットワーク連携技術】

・基地局の**PUE ≤ 1.04** (従来:最悪3.5)

・消費電力 **70%減(ネットワーク連携を組み合わせる)**

A3.【通信システムの省エネ技術】

・通信システムの**PUE ≤ 1.04** (従来:最悪3.0)

・通信室全体の消費電力 **10%減**

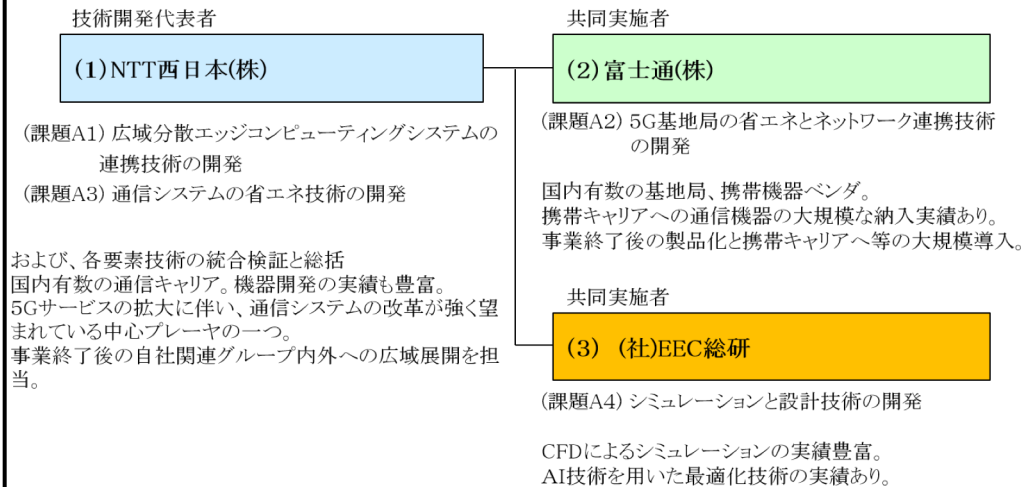
○開発工程のリスク・対応策:

・5G基地局や通信システムは、現運用システムである3G/4Gなどからのマイグレーションでなく、併設される可能性が高く、形状や配置などの物理的制約にリスクが伴う。

・可能な限り実サービスシステムとの整合性を持たせて開発し、実システムを利活用して進めるが、代替技術についても並行開発して対応していく。

(2)実施計画等

①【実施体制】



②【実施スケジュール】

	2018年度	2019年度	2020年度
(課題A1) 広域分散エッジコンピューティングシステムの連携技術の開発	119,580	142,225	142,565
(課題A2) 5G基地局の省エネとネットワーク連携技術の開発	136,680	131,615	127,920
(課題A3) 通信システムの省エネ技術の開発	16,400	26,400	27,720
(課題A4) シミュレーション設計技術の開発	19,820	26,691	26,691
システム統合による実証	0	0	0 (各項目に按分)
その他経費	0	0	0
合計	292,480	326,931	324,896

(単位:千円)

③【事業化・普及の見込み】

○事業化計画

事業化を担う主たる事業者	富士通、NTT西日本
--------------	------------

IoTに関するビジネスは、今後あらゆる面で急増することが予想されている。それを支えるエッジコンピューティングシステムや5G基地局の数や電力密度は劇的に増大することが予測されている。この状況で、

- ・2020年度(最終年度)までに携帯キャリアに対して5G基地局のベンダー提案を実施。
- ・2020年度から事業化推進のためのパートナーを増やす。
- ・2025年度を目途として、関連企業における事業化、あるいは自社展開を行う。

○事業展開における普及の見込み

- ・実用化段階コスト目標(最もサービスインが迫っている5G基地局を例に):0.4億円/システム(3,000台規模の標準システム)
 - ・実用化段階償却年数:5年程度(従来型システムとのコスト差額+1,000万円/その性能は従来型では実現できないため、事実上ゼロ)
- 年度別販売見込み(課題A2について記載)

【提案時当初計画】

年度	2020	2025	2030
目標単年度販売台数(台)	3,000	3,000	4,000
目標累積販売台数(台)	3,000	13,000	33,000
目標販売価格(円/台)	0.4億	0.38億	0.36億

【現時点見込み】

年度	2022 (販売開始年度を記載)	2023	2030	2050
目標単年度販売台数(台)	100	500	3,000	3,000
目標累積販売台数(台)	100	600	16,600	76,600
目標販売価格(円/台)	0.4億	0.4億	0.38億	0.36億

○普及におけるリスク(課題・障害)

- ・特に通信システムにおいては、既存設備との入れ替えが伴うケースも多く、コスト試算が困難な場合もありえる。
- ・一方で、CORDプロジェクトに代表されるように、通信局舎の利活用(データセンター的な再構成)が議論され始めたことから、抜本的にリノベーションされる可能性が大きい。

(3)技術開発成果

①【これまでの成果】

- ・課題A1:タスク最適配置技術により、消費電力削減10%を達成。
- ・課題A2:水冷基地局技術により、水冷基地局+MECシステムとしての消費電力の71.5%削減の達成、および基地局収容局舎におけるPUE $\leq$ 1.04を達成。
- ・課題A3:通信システム液浸技術により、コアルータ自体の省エネ率:30%。PUE1.02を達成。
- ・上記3技術を統合した統合システムにて、消費電力削減10%を確認。

②【エネルギー起源CO2削減効果】(課題A2について記載)

【提案時当初計画】

開発品(装置/システム)1台当たりの単年度CO2削減量(t-CO2/台・年)	18
開発品(装置/システム)の法定耐用年数	5年

年度	2020	2025	2030
単年度CO2削減量(万t-CO2/年)	5.4	5.4	7.2
累積CO2削減量(万t-CO2)	27	117	297
CO2削減コスト(円/t-CO2)	—	42万	40万

【現時点見込み】

開発品(装置/システム)1台当たりの単年度CO2削減量(t-CO2/台・年)	21.6
開発品(装置/システム)の法定耐用年数	5年

年度	2022 (販売開始年 度を記載)	2023	2030	2050
単年度CO2削減量(万t-CO2/年)	0.2	1.1	6.5	6.5
累積CO2削減量(万t-CO2)	1.1	6.5	179	827
CO2削減コスト(円/t-CO2)	37万	37万	35万	33万

③【成果発表状況】

- ・Impress Smart Grid News Letter 掲載「環境省事業概要」(2018年11月)
- ・富士通統合レポート掲載「5G x IoT時代を支えるICT基盤のグリーン化」(2018年12月)
- ・富士通イノベーションフォーラム「5Gネットワーク時代を支える次世代エネルギーソリューションの実現」(2019年1月)
- ・エコプロ2019「環境省 COOL CHOICE ブース」へのポスター展示(2019年12月)
- ・環境省パンフレット「2020 CO2排出削減対策強化誘導型 技術開発・実証事業」掲載(2020年12月)

④【技術開発終了後の事業展開】

○量産化・販売計画

- ・課題A1(タスク最適配置技術):2023年度から社内トライアル、2024年度から市場導入を予定。
- ・課題A2(水冷基地局技術):モバイル事業者と市場導入について調整中。
- ・課題A3(通信システム液浸技術):2023年度下期から社内トライアル、2024年度下期からを予定。

○事業拡大シナリオ

年度	2021	2022	2023	2024
課題A1	実用化に向けた課題検討		社内トライアル	市場導入
課題A2	モバイル事業者への提案活動		市場導入	
課題A3	実用化に向けた課題検討		社内トライアル	市場導入

○シナリオ実現上の課題

- ・課題A1(タスク最適配置技術):サーバから取得するパラメタ種類の最適化、新規サーバ種別への対応
- ・課題A2(水冷基地局技術):市場導入に向けたモバイル事業者との調整、半導体不足の影響
- ・課題A3(通信システム液浸技術):冷媒の揮発を抑制するための技術/運用の検討



○参考資料1 CO2削減効果について (1/2)

試算方法パタン Aa- II ii を採用

●課題A1(タスク最適配置技術):

・消費電力削減10%。

- ・従来システムのストック数:**2万カ所**。(エッジコンピューティングシステム(300台規模以上)の数が1万カ所、通信キャリアの通信ビルが1万カ所(NTT東西の7,000カ所から推定。)
- ・開発システム 1システムあたりのCO2削減量:**21.6t/システム**。(システム当たりのサーバー配置数が300台(一般的な規模は300~1000台で、その最低規模で試算)として、システム当たりの消費電力は少なくとも70kW。 $70 * 24 * 365 * 0.1 * 0.352 / 1000 = 21.6\text{t/システム}$ 。[原単位~0.352kg-CO2/kWh @関電])

●課題A2(水冷基地局技術):

- ・移動通信キャリアの制御基地局とMECサーバーの消費電力は**71.5%(7.0kW)削減**。
- ・従来システムのストック数:制御基地局(=MEC設置箇所)数は**約3.59万局**。(無線基地局数 主要3キャリア合計:約86.1万 (総務省発行 令和元年度携帯電話及び全国BWAに係る電波の利用状況調査の評価結果(案)別紙1より)。制御基地局1局あたり最大48無線基地局収容可能かつ平均収容率を50%として試算。)
- ・開発システム 1台あたりのCO2削減量:**21.6t/台**。($7.0 * 24 * 365 * 0.352 / 1000 = 21.6\text{t/台}$ 。[原単位~0.352kg-CO2/kWh @関電])

●課題A3(通信システム液浸技術):

- ・コアルータ自体の**消費電力削減30%。PUE1.02**。
- ・従来システムのストック数:**2万カ所**。(エッジコンピューティングシステム(300台規模以上)の数が1万カ所、通信キャリアの通信ビルが1万カ所(NTT東西の7,000カ所から推定。)
- ・開発システム 1台あたりのCO2削減量:**7.9t/台**。(システム毎にある通信機械室に2台のコアルータ配置(冗長化構成を想定)。1台あたりの消費電力を1kWとする。従来のPUEを2.0とすると、コアルータ1台あたりの削減消費電力は $(1+1)-(0.7+0.014) = 1.286\text{kW}$ 。 $1.286 * 2 * 24 * 365 * 0.352 = 7.9\text{t/台}$ 。[原単位~0.352kg-CO2/kWh @関電])



○参考資料1 CO2削減効果について (2/2)

■ 課題A1 (タスク最適配置技術)

年度	2022	2023	2030	2050
従来システムのストック数	20,000	20,000	20,000	20,000
開発システムの想定占有率	0	0	0.6	0.75
単年度販売数 (台)	0	0	3,000	3,000
累積販売数 (台)	0	0	13500	73500
累積販売数 (5年間) (台)	0	0	12000	15000
1台あたりの価格 (億円)	0.05	0.05	0.05	0.05
1台あたりの単年度CO2削減量 (t-CO2/台・年)	21.6	21.6	21.6	21.6
耐用年数	5	5	5	5
単年度CO2削減量 (万t-CO2/年)	0.00	0.00	6.48	6.48
累積CO2削減量 (万t-CO2)	0.00	0.00	145.80	793.80
CO2削減コスト (円/t-CO2)	46,296	46,296	46,296	46,296

■ 課題A2 (水冷基地局技術)

年度	2022	2023	2030	2050
従来システムのストック数	35,900	35,900	35,900	35,900
開発システムの想定占有率	0.003	0.017	0.376	0.418
単年度販売数 (台)	100	500	3,000	3,000
累積販売数 (台)	100	600	16,600	76,600
累積販売数 (5年間) (台)	100	600	13,500	15,000
1台あたりの価格 (億円)	0.4	0.4	0.38	0.36
1台あたりの単年度CO2削減量 (t-CO2/台・年)	21.6	21.6	21.6	21.6
耐用年数	5	5	5	5
単年度CO2削減量 (万t-CO2/年)	0.22	1.08	6.48	6.48
累積CO2削減量 (万t-CO2)	1.08	6.48	179.28	827.28
CO2削減コスト (円/t-CO2)	370,370	370,370	351,852	333,333

■ 課題A3 (通信システム液浸技術)

年度	2022	2023	2030	2050
従来システムのストック数	20,000	20,000	20,000	20,000
開発システムの想定占有率	0	0	0.35	0.5
単年度販売数 (台)	0	0	2,000	2,000
累積販売数 (台)	0	0	7110	47110
累積販売数 (5年間) (台)	0	0	7000	10000
1台あたりの価格 (億円)	0.2	0.2	0.2	0.2
1台あたりの単年度CO2削減量 (t-CO2/台・年)	7.9	7.9	7.9	7.9
耐用年数	5	5	5	5
単年度CO2削減量 (万t-CO2/年)	0.00	0.00	1.58	1.58
累積CO2削減量 (万t-CO2)	0.00	0.00	28.08	186.08
CO2削減コスト (円/t-CO2)	506,329	506,329	506,329	506,329

○参考資料2 事業化計画について

実施機関	課題番号	内容	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度
NTT西日本	A1	広域分散エッジコンピューティングシステムの連携技術の開発				
富士通	A2	5G基地局の省エネとネットワーク連携技術の開発				
NTT西日本	A3	通信システムの省エネ技術の開発				

① ユーザーニーズ及び市場の現状と想定される今後の動向

- ・国内5Gの普及について、野村総合研究所が2019年11月に公表した予測によると、比較的ゆっくりとした市場の立ち上がりを想定している。2025年時点では、携帯電話総販売台数の56%が5G対応機種となり、契約回線ベースでは46%が5G契約になるものと予測している。
- ・国内データセンタ市場の拡大について、IDC Japanが2020年4月に公表した予測によると、国内事業者データセンターの延床面積について、年間平均成長率(2019年～2024年)4.6%での増加を想定している。
- ・2020年10月に日本政府が発表した「2050年カーボンニュートラル宣言」では、2050年までに脱炭素社会を実現し、温室効果ガスの排出を実質ゼロにすることを目標としている。国内外で脱炭素化の機運が高まっている。
- ・上記の状況により、課題A2(水冷基地局技術)については、モバイル事業者のニーズが高く、また、課題A1(タスク最適配置技術)および課題A3(通信システム液浸技術)については、データセンタ運営事業者のニーズが高いと想定される。

② コスト目標と事業採算性の見通し

- ・課題A1(タスク最適配置技術)については、実証で確立した技術について、実用化に向けた課題に取り組んでいる。新規種類のサーバに対応するための、サーバ電力モデルの新規作成やタスク最適配置アプリの改造のコストが大きいと事業採算性が悪化するため、それを回避する手段等を検討している。
- ・課題A2(水冷基地局技術)については、実証を通じ製品化に必要な技術開発は完了している状態。尚、事業化はモバイルキャリアの意向・計画によるところが大きいため、本製品(水冷基地局+MECシステム)の展開によるCO2削減に向け引き続きモバイルキャリアと共に導入検討を継続する。
- ・課題A3(通信システム液浸技術)については、実証で確立した技術について、実用化に向けた課題に取り組んでいる。冷媒として利用するフッ化炭素の揮発を抑制するための技術や運用のコストが課題である。

CO2排出削減対策技術評価委員会による終了課題事後評価の結果

- ・ 評価点 6. 4点（10点満点中。（10点：特に優れている、8点：優れている、6点：問題ない、4点：多少問題がある、2点：大きな問題がある））
- ・ 評価コメント

〔評価された点〕

- IoT社会の到来により、その情報を処理するエッジシステム数の増加と電力消費の急増によるCO2排出量増加が課題となっている。これに対して、広域分散エッジシステムを構成する要素に対して、「エッジ間の最適稼働配置技術による消費電力10%削減」「5G基地局省エネ技術による消費電力70%削減」「通信システムの冷却技術による消費電力10%削減」の3つの技術開発目標を設定して、これを全て達成した点は、IoT時代のCO2排出量削減に寄与する技術開発として評価できる。

〔今後の課題〕

- 開発した3つの要素技術であるAI技術による広域分散エッジ間の最適稼働配置技術、5G基地局の省エネとネットワーク連携技術、通信システムの省エネ技術が社会実装された広域分散エッジシステムの形及びCO2削減への寄与を明らかにする必要がある。そのためには、それぞれの要素技術に関して市場投入する製品やシステムを示して事業化イメージを明確にすることが求められる。
- システム全体の最適化の観点から、この事業で開発した要素技術だけでなく、CO2削減効果の高い他の要素技術の採用も検討できる柔軟なシステム開発が必要である。
- 技術成果の発表に関して、特許、学術誌掲載論文がなく、不十分である。開発技術の新規性や有用性を示すために、査読論文を発表して外部専門家の評価を受けることが必要である。
- CO2削減コストが35万円（円/t-CO2）程度と極めて大きく、事業化およびCO2排出削減に向けてはCO2削減コストを大幅に下げる努力が不可欠である。

〔事業化に向けたコメント〕

- 本技術開発が対象とするモバイル基地局、エッジデータセンターともに対象顧客（事業者）数はある程度限られており、開発技術の導入はそれら事業者の事業戦略・事業展開に左右される。それゆえ、限られた事業者への提案はより積極的に実施することが望ましい。それぞれの事業者において、開発技術の導入に際してのハードルを明確にして必要な対応を取ることが求められる。
- 事業化に向けては、開発した3つの省エネ技術とこれまでに開発した類似の技術をパッケージングした製品やシステム、対象とする顧客、販売戦略などを整理・具体化し、IoT時代の情報ネットワークの省エネビジネスに対する事業戦略を明確にすることが求められる。