

AIを利用した電力モニタリング技術

次世代スマートグリッドに向けた 高効率な電力モニタリング

王 曉宇 (総合研究大学院大学) 計 宇生 (国立情報学研究所)

どんな研究？

- 家庭の電力使用をAIで見える化することで節電等が可能に。
- 次世代スマートグリッドの課題の解決：1) 端末の計算能力 2) 通信容量制限 3) ラベル不足

何がわかる？

- 小さいデバイスでも高精度に電力推定
- 99%以上のデータを送信せずデバイスで処理
- ラベルが少なくても自律的に学習
- 家庭ごとの利用傾向にも柔軟に適応

背景・目的

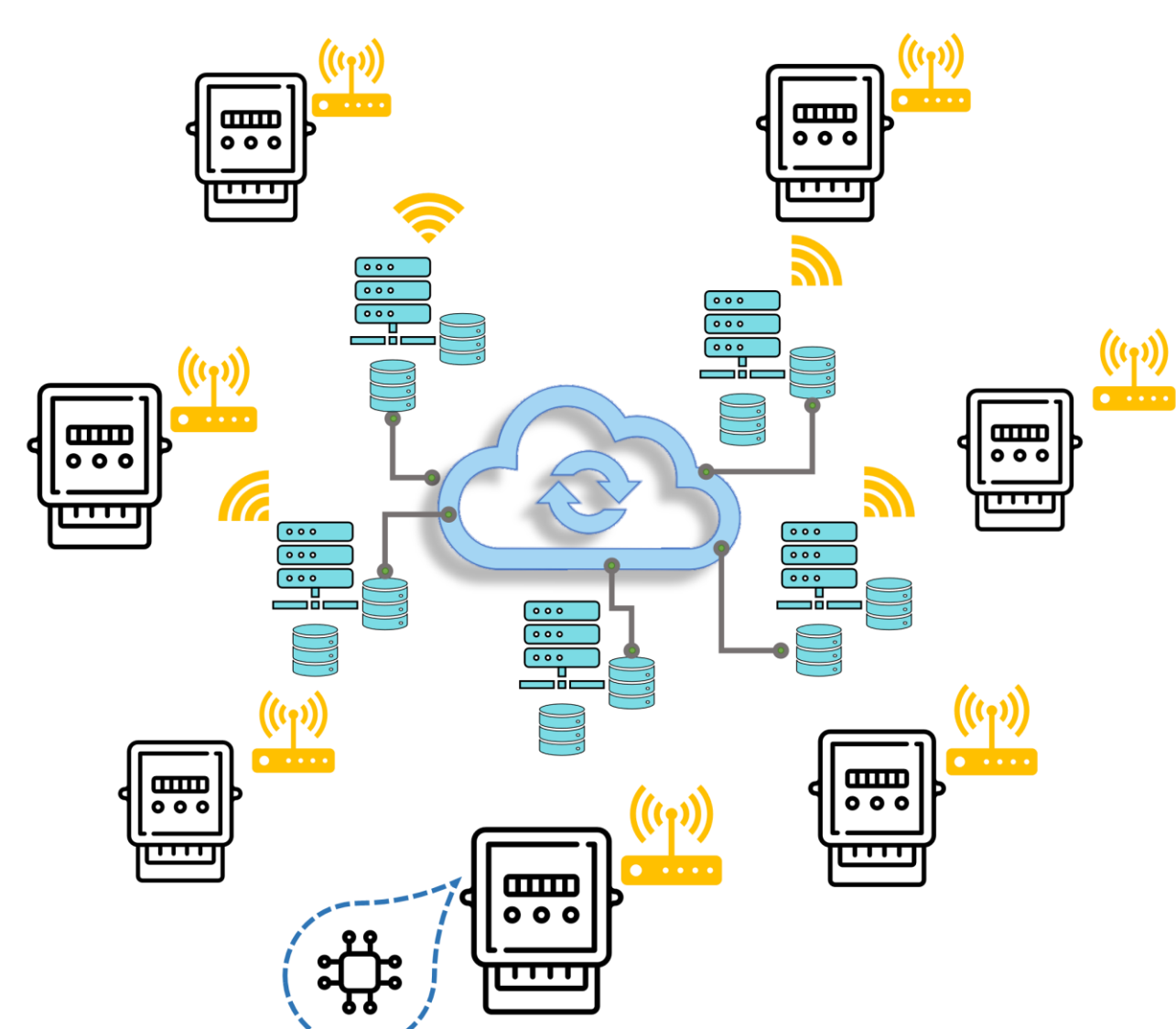


図1：通信制約下のスマートメーター構成例

家庭の電力データを活用したエネルギー最適化が注目されています。電力会社は消費パターンを把握することで再エネ供給を調整でき、家庭側も「見える化」で省エネ行動が期待されます。一方、スマートグリッドには次の課題があります：

1. 端末は低コストで計算性能が限られる
2. 通信量は年間1～2GBに制限
3. 多くのデータはラベルなし

こうした制約下でも動作する軽量・適応型AIの構築が本研究の目的です。

研究内容（方法・結果・結論）

方法：

- 端末側：イベント駆動型の波形検知と類似検索
- データ：クラスタリングによるラベル補完と半教師あり学習
- サービス側：メタ学習で家庭ごとに素早く適応

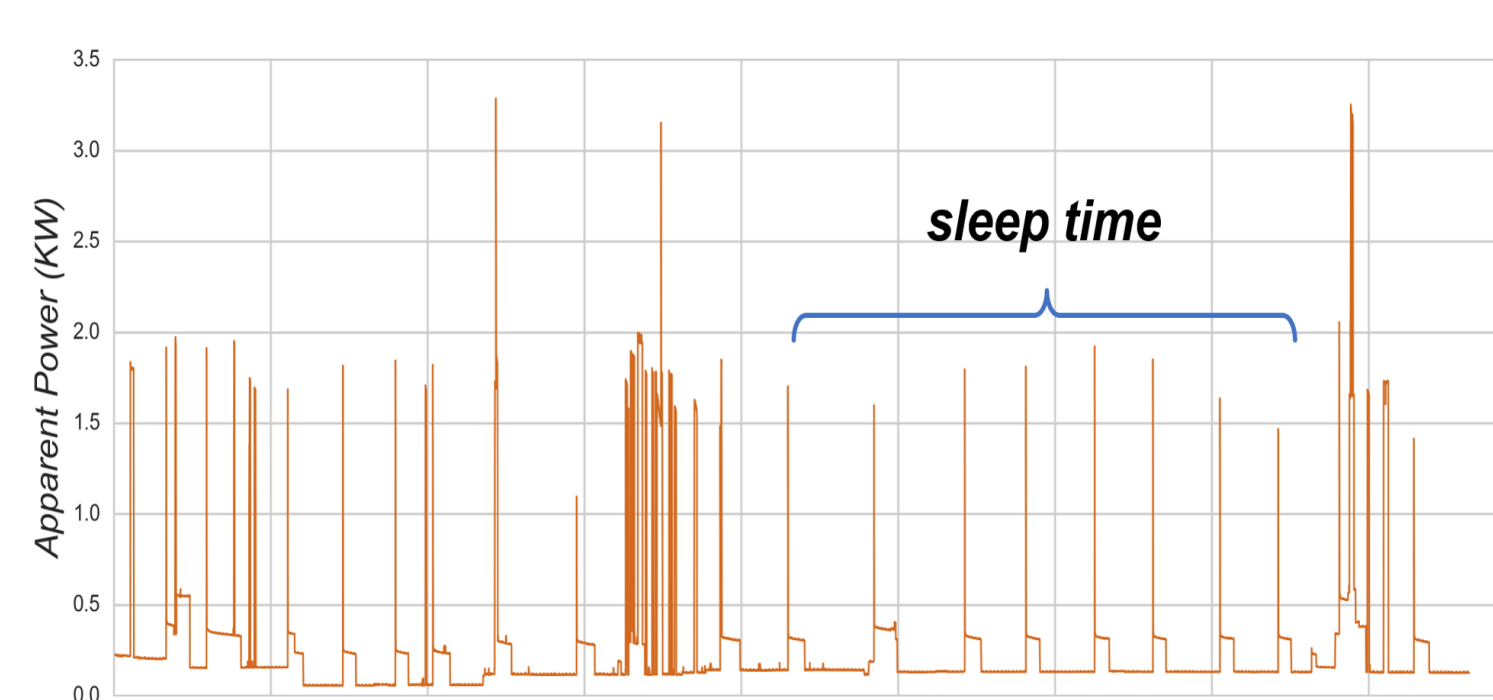


図2：イベント駆動の可視化例 - 使用電力の変化を検知して波形を抽出

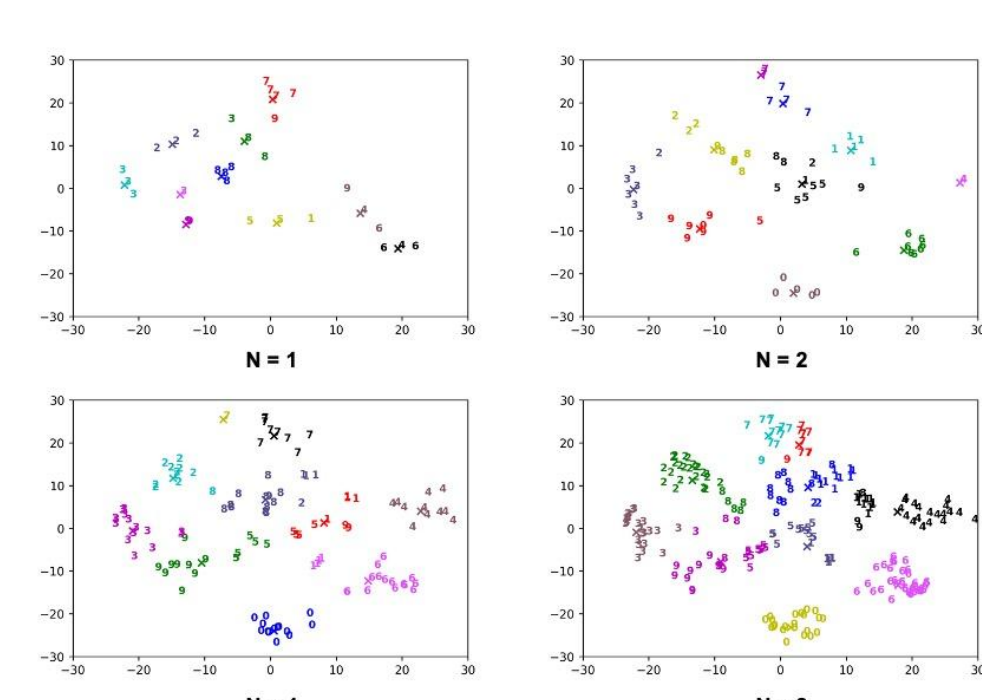


図3：クラスタリングの可視化 - 家庭をまたいで類似イベントが集約される

結果：

スマートメーター＋PCによる実験環境を構築し、公開データを用いて再現性と信頼性の高い評価を行いました。

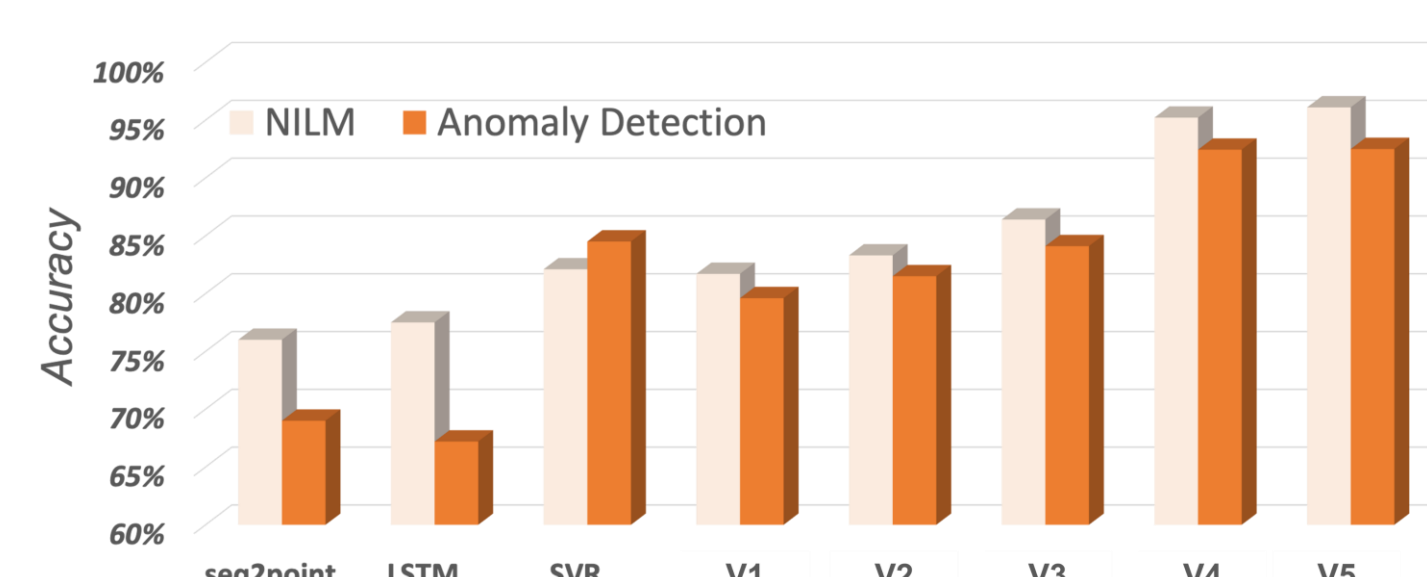


図5：電器識別と異常検知で、UNITYの構成（v1～v5）を比較。v1は少量のラベルによる事前学習のみ、v2はメタ学習を導入、v3はクラスタリングで半教師あり学習を追加、v4は特徴抽出と分類器を分離、v5は家庭ごとの個別モデル（上限性能）。v4は高精度（95.2%）を実現し、v5に匹敵する性能を達成しました。

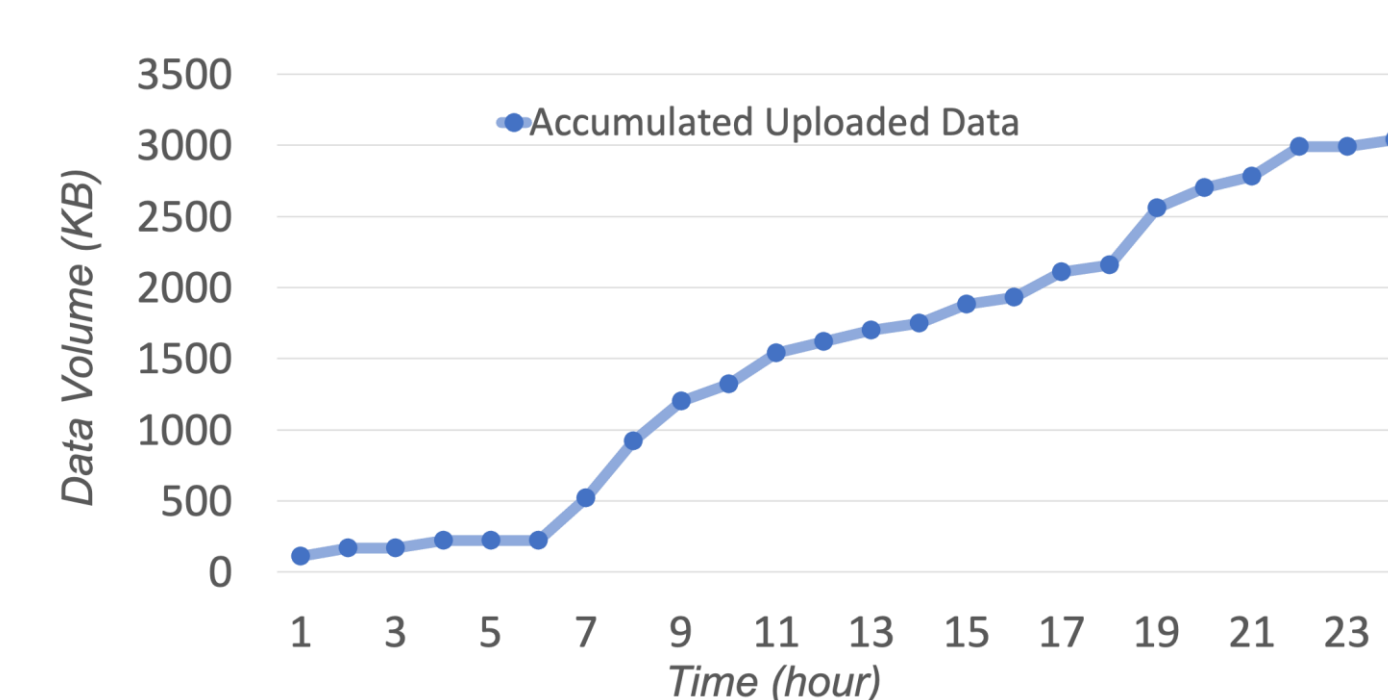


図6：初日24時間の通信量変化（1ヶ月で99%以上削減）

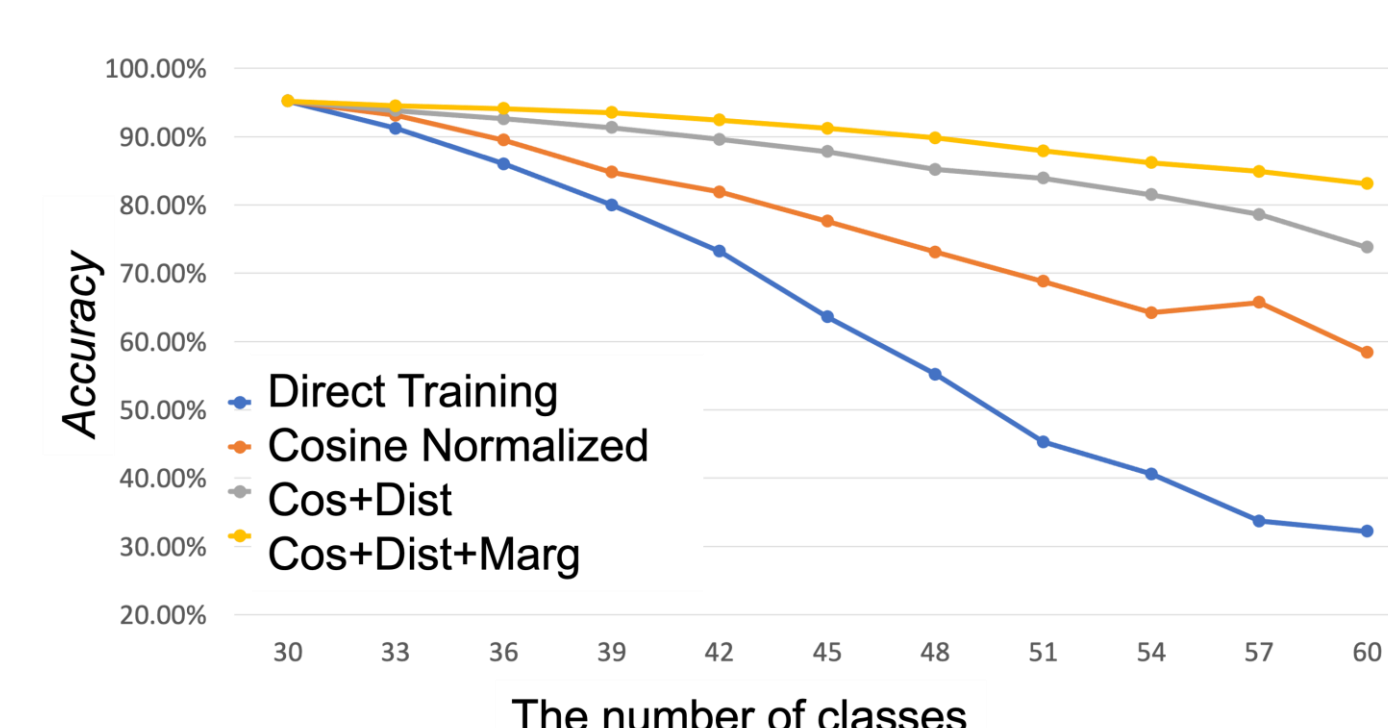


図7：蒸留やlogits制約などの手法を段階的に追加した微調整の精度比較。制約により、新しい家電への学習が崩れずに維持されました。

結論：

本研究では、端末性能・通信帯域・ラベル不足の課題に対し、軽量・高適応力の非侵襲的電力負荷測定のパラダイム「UNITY」を提案しました。公開データで高精度（95.2%）と通信量の大幅な削減を確認し、実環境での実用性と拡張性を示しました。

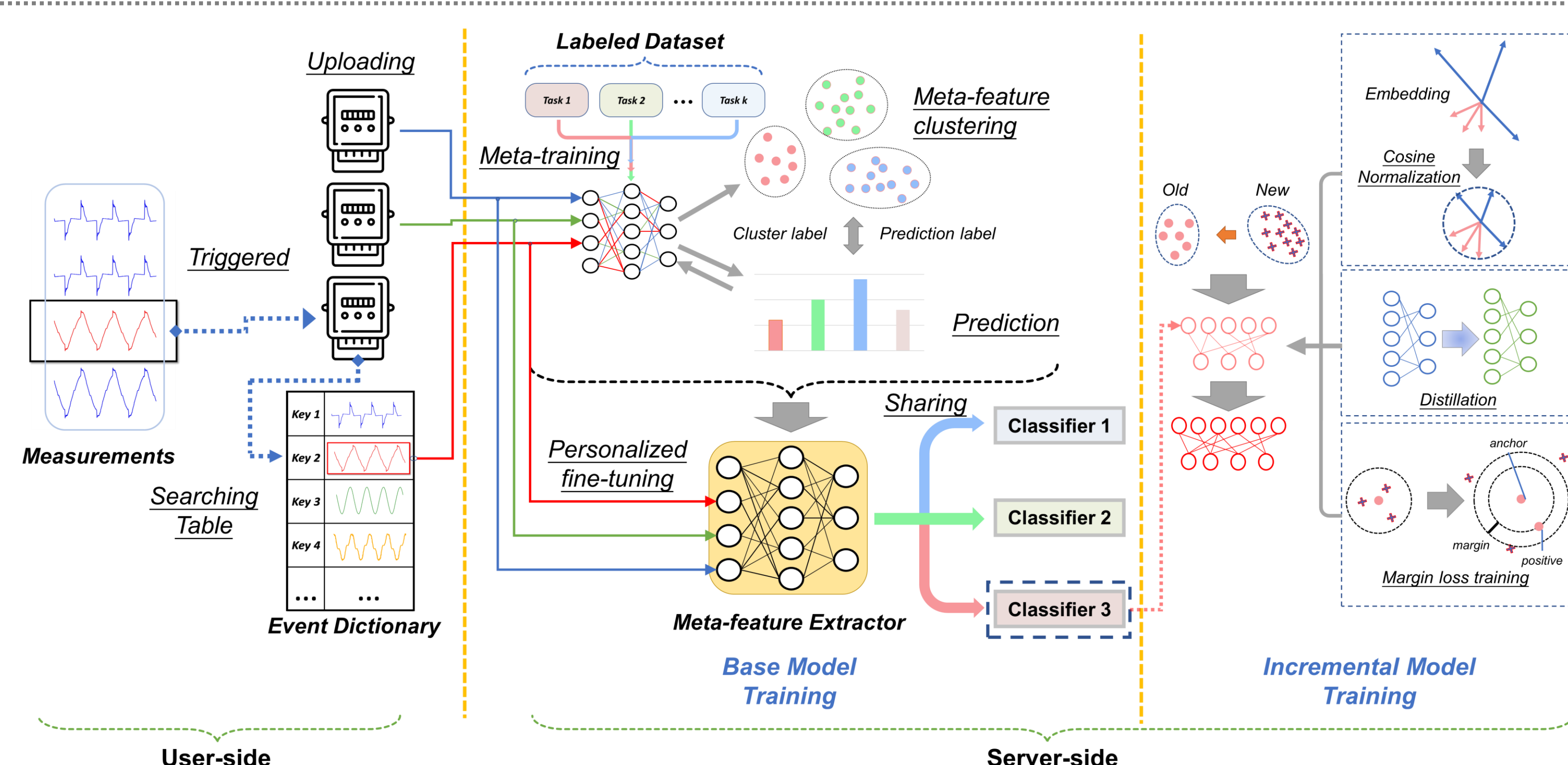


図4：UNITYシステムの全体構成（端末・学習・適応の3層）

連絡先：王 曉宇 総合研究大学院大学 先端学術院 情報学コース/国立情報学研究所 アーキテクチャ科学研究系

URL：<https://klab.nii.ac.jp> Email：wangxiaoyu@nii.ac.jp