

コンテキスト情報を用いた適応的な 無線ネットワーク選択手法の提案

山口 雄 輔^{†1} 荒 川 豊^{†2}
田 頭 茂 明^{†2} 福 田 晃^{†2}

本稿では、複数のネットワークが利用可能な場合に、ユーザのコンテキストに応じた適応的なネットワーク選択手法の提案と、様々なコンテキストとネットワーク切り替え条件を柔軟に組み合わせた Android 向けのオリジナルアプリケーションを簡単に作成するためのフレームワークの提案を行う。提案したフレームワークを用いることで、特定の条件で動作するようなネットワーク選択アプリケーションが容易に開発可能になり、従来手法では達成できない多数のネットワーク選択シナリオを実現できることを示す。

Adaptive wireless network selection method based on user's context

YUSUKE YAMAGUCHI,^{†1} YUTAKA ARAKAWA,^{†2}
SHIGEAKI TAGASHIRA^{†2} and AKIRA FUKUDA^{†2}

In this paper, we propose the adaptive wireless network selection method using user's context. And we also propose the framework which support to develop original network selection application for android with the new combination of user's context and trigger easily. We show the proposed method can achive a lot of network selection scinario which conventional method can't.

^{†1}九州大学システム情報科学府

Kyushu University Graduate School of Information Science and Electrical Engineering

^{†2}九州大学システム情報科学研究所

Kyushu University Faculty of Information Science and Electrical Engineering

1. はじめに

3G と無線 LAN 等、複数の通信デバイスを持つ携帯端末（主にスマートフォン）の普及に伴い、ユーザが利用可能なネットワークが増加している。3G については基本的に契約したキャリアとの 1 接続のみだが、無線 LAN については、社内無線 LAN、学内無線 LAN、ホームネットワークのほか、喫茶店や空港等にある BB モバイルポイント¹⁾ や FREESPOT²⁾ 等に代表される公衆無線 LAN 等多岐にわたる。さらに、小型で持ち運びに便利なポータブル WiFi ルータを用いた通信も、近年急速に普及している。

そのため、複数の利用可能なネットワークが同時に存在するような状況が頻繁に検出されるようになった。ここで利用可能な異なるネットワークとは、3G 回線や ESSID (Extended Service Set Identifier) の異なる無線 LAN アクセスポイント（以降 AP と略す）で、過去に接続したことのあるものこととする。例えば大学にいる場合、ユーザは 3G 回線のみならず、大学全体のネットワーク、学部/学科のネットワーク、所属する研究室のネットワーク、さらにポータブル WiFi ルータを持っている場合は、そのネットワーク、といった様々なネットワークを使用することができる。

3G の特徴として、日本のほぼ全域で通信可能であり、移動中でも安定した通信を行うことができる点が挙げられる。また、近年はパケット定額サービスも普及してきたが、b-mobileSIM³⁾ のようなパケット従量制のサービスもある。一方無線 LAN は、3G よりも高速に通信でき、無料で利用できる公衆無線 LAN 等もあるが、AP 周辺でしか通信できないという欠点もある。このように、特徴が異なる様々なネットワークが利用可能な状況の中では、自分の用途に合わせて利用するネットワークを選択することが必要である。

複数のネットワークから利用可能なネットワークを選択する手法はいくつか存在し⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾、それらは様々な「条件」を用いてネットワークを選択している。参考文献 4) では、複数 ESS (Extended Service Set) の間での ESS の選択基準と、単一 ESS 内の BSS (Basic Service Set) の選択基準に新たな項目を付け加えることにより、実ネットワーク環境において有効な AP の選択手法の提案を行っている。選択基準として、「到達性」や「快適性」等が取り上げられている。また、参考文献 5) では、携帯端末の消費電力削減を目的とした、3G と無線 LAN の使い分けの手法を提案している。

しかし、どの手法を用いても、ユーザの状況（コンテキスト）に適応的なネットワーク選択を行えない場合がある。ユーザのコンテキストは多種多様であり、ユーザのコンテキストに適応的なネットワーク選択を行うためには、ユーザの状況に応じてネットワーク選択時の

条件を使い分けたり、様々な条件を同時に用いたりする必要がある。しかしその場合、ある特定のコンテキストやネットワーク選択時の条件に合わせて毎回ネットワーク選択プログラムを実装し直すのは、非常に手間がかかる。

そこで本稿では、ユーザの状況を表す情報（コンテキスト情報）を定義し、コンテキスト情報を用いたあらゆるネットワーク選択パターン（コンテキストとネットワーク選択時の条件の組み合わせ）の作成を開発者が容易に開発・変更可能にするためのフレームワークを提案する。また、コンテキストとして電波強度（RSSI）の単位時間あたりの減衰量に基づいた能動的な AP 切り替え手法を提案し、本フレームワークを用いて実装を行った。大学内で複数の利用可能 AP が見える廊下を歩きながらファイルをダウンロードする実験により、電波強度の減衰に基づいて能動的に接続 AP を切り替えることによって、最大 18 % ダウンロード時間を短縮できることを明らかにした。また、提案フレームワークを用いることにより、このシナリオの実装はわずか 20 行で構築できることを示した。

本稿の構成として、第 2 章では、従来手法として実際に無線端末に実装されているネットワーク接続クライアントを調査し、各クライアントに存在するネットワーク選択時の条件を洗い出す。また、従来手法の問題点とともに、従来手法では対応できないようなネットワーク選択時のシナリオを明確にする。

第 3 章では、それらシナリオを実現するために、新たなコンテキスト情報の追加を行う。そして、新たにできた手法を容易に実装するためのフレームワークを提案する。

第 4 章では、提案したフレームワークを用いることで多様なシナリオを満たすことを示す。第 5 章では、まとめと今後の課題を述べる。

2. ネットワーク選択の従来手法とその問題点

ここでは、ネットワーク選択における従来手法と、それらの手法が抱える問題点について説明する。

2.1 ネットワーク選択における従来手法

現在普及している無線端末に実装されているネットワーク接続クライアントは様々な条件をもとにネットワーク選択を行っている。ここでは従来手法としてそれぞれのクライアントが持つネットワーク選択時の条件を説明する。

● 優先度手法

従来手法には、ユーザが AP に優先度をつけることができ、複数の利用可能な AP を検出した場合、その優先順位に従って接続を試みるという手法がある。この手法は

Windows Vista や Mac OSX におけるネットワーク接続クライアントで採用されている。これらは、あらかじめ AP に優先度を指定しておき、検出された AP の中から最も優先度が高いものに接続する。

● 使用履歴手法

この手法は、最近接続した AP に接続を試みるというものである。この手法は Linux や、Android OS におけるネットワーク接続クライアントで採用されている。これらは、複数の利用可能な AP を検出した場合、AP の使用履歴を参照して、最近使用した AP を選択する。

● 無線 LAN 優先手法

これは、無線 LAN と 3G が両方利用可能な場合、必ず無線 LAN を優先するという手法である。この手法は Android OS におけるネットワーク接続クライアントで採用されている。Android では、WiFi デバイスを ON にしている場合、3G を使用中に無線 LAN AP を検出したら、必ずそちらに接続を試みる。

● SSID 指定手法

AP の SSID を指定して、その AP だけに自動接続したり、逆にその AP に接続しないようにする手法である。この手法は、WeFi⁶⁾ や wRecX⁷⁾ という Android アプリで採用されている。

2.2 ネットワーク選択における従来手法の問題点

ここでは、従来手法が抱える問題点について説明する。1 章にも述べたとおり、従来手法ではユーザのコンテキストに応じたネットワーク選択ができていない場合がある。本節では、ネットワーク選択時の具体的な事例を交えながら、従来手法の問題点と、従来手法では対応できないようなネットワーク選択時のシナリオを洗い出していく。

● 3G 回線に関する問題点

従来の手法の大部分が無線 LAN における AP 選択を対象としており、3G 回線を考慮していない。唯一 3G 回線を考慮しているものとして無線 LAN 優先手法があり、「無線 LAN と 3G が両方利用可能な場合、必ず無線 LAN を優先する」ようになっている。しかしこれでは、例えば無線 LAN を検出しているが電波が不安定で使いたくない場合に 3G を優先したり、といったことができない。以上のことから、従来手法では達成できないシナリオ S1 は次のようになる。

S1: 無線 LAN を検出しているが電波が弱い、もしくは不安定なため、3G を優先して接続する

● 端末の移動に関する問題点

従来手法では、AP から物理的に離れていって、RSSI が減少しているのにも関わらず、その AP に接続し続けているため、通信を行えないといった場合がある。具体例として、屋内無線 LAN を利用中に駐車場に移動しているとき、無線 LAN の信号は減衰傾向であるが、かろうじて繋がっている場合、たとえ屋外で 3G の電波が強かったとしても、まず無線 LAN にアクセスし、タイムアウト後に 3G に切り替わる、といった事例が挙げられる。以上のことから、従来手法では達成できないシナリオ S2 は次のようになる。

S2: 現在使用中の AP から離れていく場合、別のネットワークに切り替える

● ポータブル WiFi ルータに関する問題点

ポータブル WiFi ルータは 1 つの AP として端末に認識されるが、その接続先は 3G 回線であるため、一般的な無線 LAN よりも低速である。従来手法においてある AP に接続している際、接続中の AP が検出されなくなるまで接続し続ける。そのため、ポータブル WiFi ルータを利用して、他の AP が検出された場合、ユーザとしてはあまり速度が出ないポータブル WiFi ルータよりも、高速な AP に接続してほしいのに、ポータブル WiFi ルータは手元にあり常に電波が検出されるため、接続先の切り替えが起らない、といった問題が発生する。具体例として、通勤中にポータブル WiFi ルータを使用している場合、入社して社内無線 LAN を開通した際にも、切り替えが起らずにポータブル WiFi ルータに接続し続けてしまう、といった事例が挙げられる。以上のことから、従来手法では達成できないシナリオ S3 は次のようになる。

S3: ポータブル WiFi ルータを使用中に屋内無線 LAN の AP を検出した場合、その AP に切り替える

● ブラウザ認証型公衆無線 LAN に関する問題点

FON⁸⁾ や BB モバイルポイントといったブラウザ認証型公衆無線 LAN を拾ってしまった場合の例である。このような無線 LAN は一度使用すると端末に接続履歴が残る、従来手法では 2 回目以降も接続を試みてしまう。また、ブラウザ認証を行うため、認証前に IP アドレスは付与されることから、アプリケーションから見た場合通信可能であると誤認し、3G の電波強度があつたとしても、未認証の無線 LAN にデータを送ろうとしてしまう。

しかしながらこの場合、無線 LAN を用いるか 3G を用いるかは、ユーザの滞留時間やネットワークの通信量に応じて異なると考えられる。例えば喫茶店で長時間作業する

とき等はブラウザ認証を行ってでも無線 LAN を使用したいが、短時間の Web 閲覧またはメールチェック程度なら、わざわざブラウザ認証を行ってまで無線 LAN を使う必要はなく 3G を用いる方が良く、という場合がある。以上のことから、従来手法では達成できないシナリオ S4 は次のようになる。

S4: ブラウザ認証型公衆無線 LAN を検出した場合、その場に長時間滞留してネットワークを利用する場合は無線 LAN を選択し、長時間滞留しない場合は 3G を選択する

● 優先度手法における問題点

前節で述べた優先度を用いた手法では、現在のネットワーク状況に関わらず、常に優先度の高いネットワークに接続されてしまう。例えば、RSSI が弱い AP でもその AP の優先度が高い場合、その AP に接続されてしまう。以上のことから、従来手法では達成できないシナリオ S5 は次のようになる。

S5: 優先度手法が動作中に、優先度だけでなく他のネットワークの状況（電波強度等）を考慮してネットワーク選択を行う

● 使用履歴手法における問題点

前節で述べたネットワークの使用履歴を用いた手法では、特定の場所ではいつも同じネットワークを使いたいのに、別のネットワークに接続されてしまう場合がある。例えば、ある部屋では無線 LAN AP1 と AP2 が見えている場合、ユーザは普段 AP1 を使っているのだが、何らかの理由でたまたま AP2 を使用した場合、今後は常に AP2 に接続されてしまう。以上のことから、従来手法では達成できないシナリオ S6 は次のようになる。

S6: 特定の場所ではいつも同じネットワークを選択する

3. ネットワーク選択手法の提案

ここでは、先ほど述べた問題点（従来手法では達成できないネットワーク選択シナリオ）を解決するためのネットワーク選択手法について説明する。

3.1 提案手法におけるネットワーク選択の概要

まず、提案手法におけるネットワーク選択のおおまかな流れを図 1 に示す。図 1 にあるように、提案手法では、利用可能なネットワークが複数検出された場合その中から 1 つのネットワークを選択するための条件と、あるネットワークに接続している際に、別のネットワークに切り替える際の条件を定義する。ここではそれぞれ、「接続条件」、「切り替え条件」と

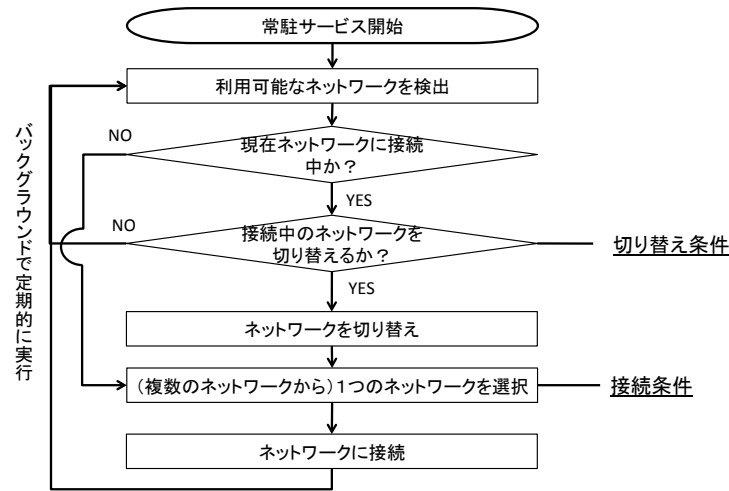


図1 提案手法におけるネットワーク選択の流れ

定義する。

3.2 従来手法の分析

従来手法のネットワーク接続クライアントの機能を、先ほど定義した接続/切り替え条件に分類する。

まず接続条件については、2.1節で述べた通り、優先度手法、使用履歴手法、無線LAN優先手法、SSID指定手法である。これらのうち、無線LANと3Gのうちどちらを用いるかを選択するのは無線LAN優先手法、複数のAPが同時に利用可能な場合の選択手法は優先度手法、使用履歴手法、SSID指定手法、と分類できる。

次に、従来手法における切り替え条件について説明する。どのネットワーク接続クライアントも、APに接続した後は基本的にそのAPのRSSIが検出されなくなるまで接続し続ける。また、端末の画面をOFFするなどして無線LANデバイスをスリープ状態にすると、スリープから復帰する際に接続先の選択が行われる。さらに、無線LAN優先手法を採用しているAndroid OSでは、3G接続中に無線LANを検出した場合に切り替えが行われる。

以上から、従来手法の接続/切り替え条件をまとめると以下ようになる。

接続条件

- 無線LANと3Gが同時に利用可能な場合

- 無線LAN優先手法（無線LANと3Gが両方利用可能な場合、必ず無線LANに接続する）

- 複数のAPが同時に利用可能な場合

- 優先度手法（あらかじめ指定した優先度に従って接続する）
- 使用履歴手法（最近使用したものに接続する）
- SSID指定種法（あらかじめAPのSSIDを指定し、そのAPのみに接続する）

切り替え条件

- 3G接続中

- 無線LAN優先手法（無線LANが利用可能になれば切り替えを行う）

- 無線LAN接続中

- 接続中のAPが検出されなくなれば切り替えを行う
- 無線LANデバイスがスリープ状態から復帰した場合に切り替えを行う

また、これらの条件を作成する際に用いる情報は、ユーザの置かれた状況を表すため「コンテキスト情報」と呼ぶことにする。従来手法では「優先度」、「使用履歴」、「SSID」そしてAPの検出には受信信号強度を用いているため、「RSSI」といった、計4つのコンテキスト情報が用いられている。次節で、従来手法では解決できない問題点を解決するためのコンテキスト情報の拡張や、新たなコンテキスト情報の追加を提案する。

3.3 提案手法におけるコンテキスト情報について

今回は携帯端末向けにフレームワークを実装するため、携帯端末の特性を考慮したコンテキスト情報の拡張や追加を提案する。携帯端末（スマートフォン）の特性として、(1) 3G回線と無線LANといった複数の通信デバイスを持つ、ということと、(2) どこにでも持ち運ぶ（頻繁に移動する）、といったことが挙げられる。提案手法ではこの2点を考慮して、ネットワーク選択の際の新たなコンテキスト情報を提案する。

まず(1) 3G回線と無線LANといった複数の通信デバイスを持つ、という特性を考慮する。シナリオS1のような状況を実現するために、従来手法のように3Gと無線LANが両方利用可能な場合必ず無線LANを優先するのではなく、状況に応じて3Gと無線LANを使い分ける必要がある。提案手法では、端末から得られるコンテキスト情報に閾値を設け、3Gと無線LANを使い分ける。こうすることで、例えば、接続中の無線LAN APのRSSIに閾値を設け、端末がAPを検出できなくなる前に3Gに切り替える、等といった事が可能になる。また、提案手法ではコンテキスト情報を用いる際、3Gと無線LANをまとめて管理できるように拡張する。こうすることで例えば、従来手法ではネットワークの優先度は無

線 LAN のみに設定する情報であったが、提案手法では 3G にも優先度をつけることで、状況に応じて 3G と無線 LAN を使い分けることが可能になる。

また、(2) どこにでも持ち運ぶ (頻りに移動する)、という特性を考慮すると、端末の移動に応じて利用するネットワークを切り替える必要がある。S2 のように従来手法では、AP から物理的に離れていって、RSSI が減少しているのにも関わらず、その AP に接続し続けているため、通信を行えないといった場合がある。このような場合に対応するため、提案手法では「接続中 AP における単位時間あたりの RSSI の変化量」を新たなコンテキスト情報として追加し、その減少量を見ることで、ユーザが AP から離れていっていることを推定する。また、逆に増加量を見ることで、AP に近づいていっていることを推定し、優先的に接続する、といったことなども可能になる。

さらに、(2) の特性から、「端末の位置情報」も有効なコンテキスト情報として挙げられる。位置情報はシナリオ S4 やシナリオ S5 において、特に有効である。

まずシナリオ S5 のように、特定の位置ではいつも同じネットワークを選択する、といったシナリオに対し、端末の位置情報と選択するネットワークを紐づけて管理しておくことで実現できる。ここで、位置情報の取得には GPS を用いても良いが、屋内では GPS を用いることができないため、検出される AP から端末の大まかな位置を推定する、といったことも考えられる。

シナリオ S4 については、長時間その場に留まっているかどうかに応じて使用するネットワークを選択したいため、位置情報を用いた「ユーザの滞留時間」というコンテキスト情報を定義する。ここで滞留時間は、GPS や加速度センサの値からユーザの動作を推定し、その場所にどれくらい滞留しているかを算出する。また、先ほど定義した「AP の単位時間あたりの RSSI の変化量」というコンテキスト情報を用いても、ユーザの滞留時間を算出できると考えられる。これは、RSSI があまり変化しなければ移動していないと推定できるためである。

また、シナリオ S4 を実現するために「ネットワークの通信量」というコンテキスト情報を定義する。シナリオ S4 については、例えば滞留時間は長い全くネットワークを利用しない、といった場合があるため、先ほど定義した「ユーザの滞留時間」のみでは不十分である。そのため、ネットワークの通信量を逐次監視し、ユーザがその場に長時間留っていてなおかつ通信量が多ければ、無線 LAN を使用する、ということでシナリオを実現できる。

以上の事をふまえ、提案手法ではコンテキスト情報として、以下の情報を採用する。

- ネットワーク名 (AP の SSID 等)

- 優先度
- 使用履歴
- RSSI (生データ)
- RSSI (単位時間あたりの変化量)
- 位置情報 (生データ)
- 位置情報 (ユーザの滞留時間)
- ネットワークの通信量

上記のうち、無線 LAN については全ての情報が、3G については RSSI を除いた全ての情報が対象となる。

3.4 ネットワーク選択シナリオを実現するための接続/切断条件の作成例

前節で定義したコンテキスト情報を用いて適切な接続/切り替え条件を作成することで、従来手法では達成できないネットワーク選択シナリオが達成できることを示す。

● シナリオ S1 の実現方法

まず S1 を実現するためには、接続条件に「AP の RSSI が閾値以上であれば無線 LAN を、閾値以下であれば 3G を選択する」という条件を作成すれば良い。さらに、接続中の AP の RSSI が弱くなり、クライアントが AP を検出しなくなる前に切り替えたいので、「接続中 AP の RSSI が閾値以下になったら切り替える」といった切り替え条件を作成すればよい。

● シナリオ S2 の実現方法

次に S2 を実現するためには、先ほど提案した「RSSI の変化量」というコンテキスト情報を用いて、「接続中のネットワークの RSSI が減少しているかどうか」という切り替え条件を作成し、RSSI の減少が大きい AP には接続しないようにすればよい。

● シナリオ S3 の実現方法

S3 を実現するためには、まず接続条件は「ネットワークの優先度が高い順に接続する」とし、ポータブル WiFi ルータよりも屋内無線 LAN の優先度を高く設定しておけば良い。

S3 については、従来手法の場合いったん AP に接続したらその AP が検出されなくなるま切り替えが起こらず、優先度の高い AP を検出してもその AP を使うことができないため、シナリオを実現できなかった。ここで、画面を OFF するなどして無線 LAN をスリープ状態にすれば、スリープから復帰した際に接続先の選択を行い、優先度の高い AP に接続することができる。つまり端末が PC であれば、移動する際は必ずディ

スプレイを閉じるため無線 LAN がスリープし、移動先でシナリオを実現できる。しかしながら携帯端末の場合、メール受信等で常に通信可能な状態を確保するため、無線 LAN は接続を維持したままである。この場合はシナリオを実現できない。(ただし、Android では設定により、画面の ON/OFF と無線 LAN の ON/OFF を連動させることも可能であるが、必ずしも画面を OFF した状態で移動するとは限らないため、シナリオを実現できない。)

従って、新たな切り替え条件として「現在接続中のネットワークより優先度が高いネットワークが検出されたら切り替える」を作成すればシナリオを実現できる。

● シナリオ S4 の実現方法

S4 を実現するためには、先ほど提案した「ユーザの滞留時間」と「ネットワークの通信量」を用いて、ユーザがその場に留まって長い時間通信を行うかどうかによってネットワークを選択する。従って「滞留時間が閾値以上かつ、その滞留時間内における通信量が閾値以上であれば無線 LAN を、それ以外は 3G を選択する」という接続条件を作成する。

● シナリオ S5 の実現方法

S5 については、優先度のみで選択するネットワークの順位を決めるのではなく、他のコンテキスト情報と AND 条件や OR 条件を作ることを実現する。従って「AP の RSSI が閾値以上であり、かつ優先順位の高いネットワークに接続する」という接続条件を付け加えればよい。優先度や RSSI といったコンテキスト情報は従来手法でも使われているが、それらの情報を単独で使うのではなく組み合わせて使ことで、従来手法では実現できなかったシナリオを実現する事ができる。

● シナリオ S6 の実現方法

S6 を実現するためには、前節で定義した「位置情報」を用いて、端末の位置情報と使用するネットワークをあらかじめ設定しておき、「現在地と紐づけられたネットワークに接続する」という接続条件を作成すればよい。

4. ネットワーク選択フレームワークの提案

本章では、前章の提案手法を実現するためのフレームワークについて説明する。前にも述べたが、複数のネットワークからどのネットワークを用いるのかということは、ユーザの状況(コンテキスト)に応じて異なる。ユーザのコンテキストは多種多様であり、ユーザのコンテキストに適応的なネットワーク選択を行うためには、ユーザの状況に応じてネットワ

ーク選択時の条件を使い分けたり、様々な条件を同時に用いたりする必要がある。しかしその場合、ユーザの状況に合わせて毎回ネットワーク選択プログラムを実装し直すのは、非常に手間がかかる。そこで本フレームワークは、コンテキスト情報を用いたあらゆるネットワーク選択パターン(コンテキストとネットワーク選択時の条件の組み合わせ)を設定したアプリケーションを簡単に作成できる環境を提供する。

4.1 ネットワーク選択フレームワーク概要

本節では、ネットワーク選択フレームワークの概要について説明する。提案するフレームワークは、ネットワーク選択アプリケーションを容易に作成するためのフレームワークである。このフレームワークは Java 言語を使用し、Android 端末向けに実装を行った。提案フレームワークを用いると、開発者は先ほど定義したコンテキスト情報に簡単にアクセスすることができ、それらの情報を用いて様々なパターンの接続/切り替え条件を実装することができる。

フレームワークにより作成されたネットワーク選択アプリケーションは、基本的に図 1 の流れで動作する。図 1 のように、アプリケーションは常駐型サービスにより定期的に接続/切り替え条件の確認を行い、条件に一致すればネットワークの接続/切り替えを行う。またフレームワークにより作成されたアプリケーションは、WiFi や GPS、加速度センサといった携帯端末内のデバイスから定期的にデータを取得する機能や、取得したデータからコンテキスト情報を算出する機能、さらに、コンテキスト情報を DB に保存する機能などを持つ。開発者は、このフレームワークから提供されるコンテキスト情報を用いて接続/切り替え条件を実装するだけで、ネットワーク選択アプリケーションを作成することができる。フレームワークの概要を図 2 に示す。

提案フレームワークでは、利用可能なネットワークのみで構成される「利用可能リスト」を定義する。「利用可能」とは前にも述べたが、過去に一度でも使ったことのあるネットワークのことを指す。さらにこのリストは無線 LAN AP だけでなく、3G 回線についての情報も管理する。このリストに格納された各ネットワークは、3.3 節に挙げたコンテキスト情報を持つ。

4.2 フレームワークの使い方

ここでは、提案したフレームワークを用いて、ネットワーク選択アプリケーションを作成する方法について説明する。前節でも説明したが、フレームワークにより作成されたアプリケーションは、常駐型サービスにより定期的に接続条件、切り替え条件の確認を行い、条件に一致すればネットワークの接続/切り替えを行う。開発者は、フレームワークから提供さ

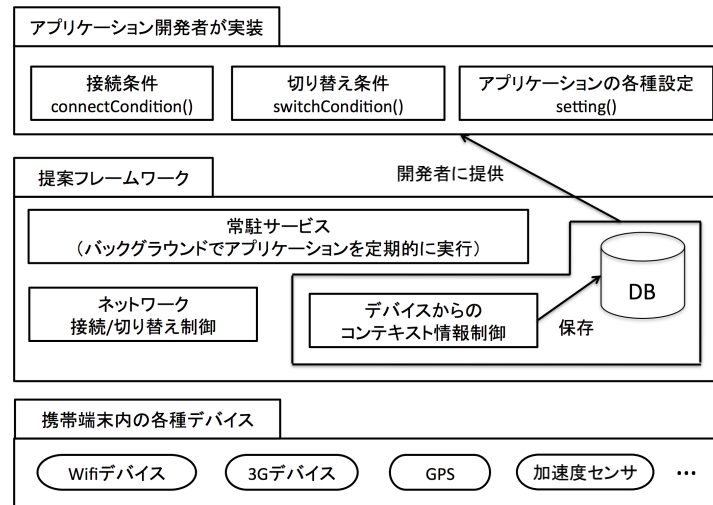


図2 フレームワーク概要

れた機能群を用いて接続/切り替え条件と、いくつかのアプリケーション設定項目を実装するだけで、上記のアプリケーションを作成することができます。

4.2.1 接続条件の実装方法

接続条件は、connectCondition() 内に実装する。戻り値として、接続条件に該当するネットワークを返す。ネットワークへの接続はフレームワーク側が行う。例えば、「RSSIが最大のものに接続する。また、閾値以上のRSSIをもつAPがない場合、3Gに接続する」といった接続条件を実装する場合、以下のようになる。

```
private AvailableNetwork connectCondition() {
    //利用可能リストを取得
    List<AvailableNetwork> availables = getAvailableNetwork();
    //RSSIが大きい順にソート
    sort(availables, rssi);
    //RSSIが閾値以上である場合、そのネットワークを選択する
    if(availables.get(0).getRSSI >= 閾値) return availables.get(0);
    //閾値以下だった場合、3Gを選択する
    else return 3G;
}
```

4.2.2 切り替え条件の実装方法

切り替え条件は、switchCondition() 内に実装する。切り替え条件を満たす場合は true, そうでない場合は false を返すように実装する。ネットワークの切り替えはフレームワーク側で行ってくれる。例えば、切り替え条件を「RSSIが減少してきたら切り替える」としたい場合、以下のようになる。

```
private boolean switchCondition() {
    //現在接続中のネットワークを取得
    AvailableNetwork n = getCurrentNetwork();
    //RSSIの減少度が閾値以下の場合true, そうでなければfalse
    if(n.getRssiDelta <= 閾値) return true;
    else return false;
}
```

4.2.3 アプリケーション設定項目の実装方法

アプリケーションの設定項目は setting() 内に実装する。この関数内で、アプリケーションの動作間隔や、接続/切り替え条件の実装の際に用いる優先度、閾値等の設定を行う。

```
private void setting() {
    //アプリケーションの動作間隔の設定
    setInterval(10);
    //閾値の設定
    setRSSIThreshold(-40);
}
```

5. 評価

本章ではネットワーク選択フレームワーク、およびそのフレームワークを用いて実現したネットワーク選択手法の評価結果を示す。評価に用いるシナリオはS2「現在使用中のネットワーク（無線LAN AP）から離れていく場合、別のネットワークに切り替える」であり、従来手法では実現不可能なシナリオである。本シナリオの記述は提案フレームワークを用いて約20行である。フレームワークを使わずに書いた場合は、バックグラウンド実行部分なども含めて約1000行であり、大幅に簡易化できることがわかる。

次にシナリオの有効性を示すために、以下の評価実験を行った。アクセスポイントを2つ(AP1, AP2)用意し、間隔を約50メートル離して設置して、その間を歩きながら約100MB

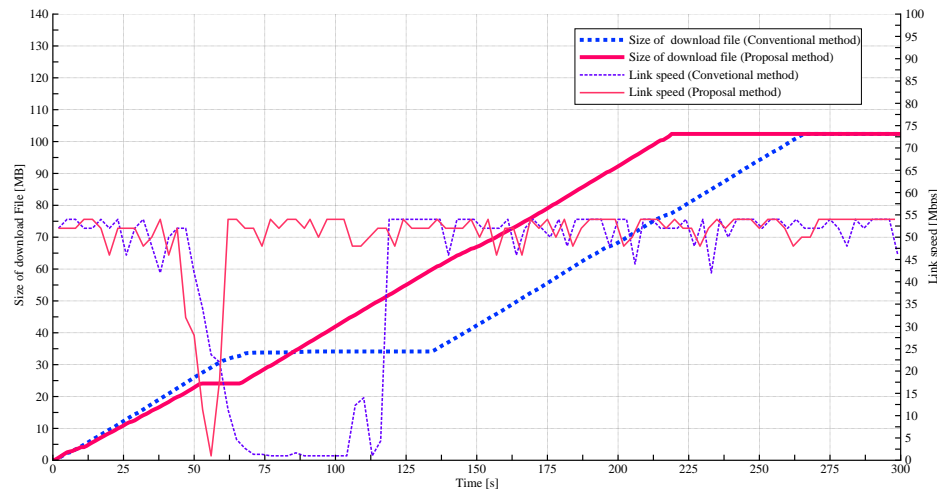


図3 ダウンロードしたファイルサイズと通信速度の推移

のファイルのダウンロードを行った。実験では、現在接続中の AP (AP1) 付近で約 30 秒間停止し、そこから 50m 先の AP2 へ向かって歩き、AP2 付近で停止した。無線端末としてドコモスマートフォン Xperia(Android OS ver2.1) を用い、3G 通信を停止した状態で実験を行った。従来手法の接続条件は「最近接続した AP に接続する」、切り替え条件は「接続中の AP が検出されなくなったら切り替える」である。提案手法の接続条件は「RSSI が最も大きい AP に接続する」、切り替え条件は「接続中の AP の RSSI が減少してきたら切り替える」である。上記実験を 1 回行った結果、従来手法と提案手法におけるダウンロードしたファイルサイズと通信速度の推移を図 3 に示す。

図 3 に示す通り従来手法では、現在接続中の AP (AP1) から離れていくに従って通信速度が減少していき、AP1 が検出されなくなるまでネットワークの切り替えが起こらないため、IP アドレスの付与までは成功しているが実際にダウンロードするときに失敗し、通信を行えない時間が約 40 秒発生した。ここで無線 LAN では、回線状況が悪化した場合に低速モードに切り替えて接続を維持するフォールバック機能というのがあり、今回の場合、AP1 から離れていくに従って RSSI が弱くなり、フォールバック機能より低速モードに切り替わるため、AP1 から離れていくに従って通信速度が減少していく。一方提案手法では、

AP1 の RSSI を逐一観測し、減衰の度合いが閾値を超えれば AP2 に切り替わる。このため、ネットワークの切り替え時に数秒間 (今回の実験では約 13 秒間) 通信できなくなるものの、AP1 が検出されなくなる前に切り替えを行うことで通信を継続させるだけでなく、フォールバック機能により低速モードになる前に切り替えることも可能なため、通信速度も維持することができる。結果として 100MB のファイルをダウンロードする時間は、従来手法の 265 秒に比べて提案手法では 218 秒と、47 秒 (約 18%) の改善が見られた。

6. まとめ

本稿では、複数のネットワークが利用可能な場合に、ユーザのコンテキストに応じた適応的なネットワーク選択手法の提案と、提案手法を導入したアプリケーションを簡単に作成するためのフレームワークの提案を行った。提案したフレームワークを用いることで、ネットワーク選択アプリケーションが容易に開発可能になった。また、従来手法では達成できない多数のネットワーク選択シナリオを実現できるようになった。

今後の課題として、接続/切り替え条件や閾値などの設定項目を、携帯端末を用いるエンドユーザが変更できるように拡張するということが考えられる。また、エンドユーザが手動で変更するだけでなく、位置や時間等のコンテキスト情報と連携し、例えば特定の位置にいるときはこの条件を自動で採用する、といった拡張機能も考えられる。

参考文献

- 1) ソフトバンクテレコム株式会社:BB モバイルポイント, <http://tm.softbank.jp/wlan/>.
- 2) FREESPOT 協議会: FREESPOT, <http://www.freepot.com/>.
- 3) 日本通信株式会社: b-mobileSIM, <http://www.bmobile.ne.jp/sim/>.
- 4) 澤村正: IEEE802.11 フレーム拡張機能を用いたワイヤレスアクセスポイントの選択手法の提案, 東京大学修士論文 (2007).
- 5) 今井尚樹, 磯村学, 吉原貴仁: ”デュアル端末における無線 LAN 省電力待ち受け方式の実装と評価”, 第 9 回情報科学技術フォーラム, 第 4 分冊, pp.385-386 (2010).
- 6) WeFi Inc: WeFi, www.wefi.com.
- 7) Koichiro Sato:wRecX, <http://jp.androidlib.com/android.application.jp-gr-tokotoko-wrecxf-tzCA.aspx>.
- 8) フォン・ジャパン株式会社: FON, <http://www.fon.ne.jp/>.