言語の違いを意識することなく C言語通信ライブラリを利用可能とするラッパーの提案と実装

清水 一輝 †*　鈴木 秀和 †　内藤 克浩 ‡　渡邊 晃 †
† 名城大学　‡ 愛知工業大学

1　はじめに

大規模なプログラミングにおいて，ライブラリは処理速度や移植性，他言語との連携といった観点から，C言語で実装されることが多い．しかし，アプリケーションはC言語よりも抽象度の高い高級言語にて開発されることが一般的である．そのため，アプリケーションがC言語ライブラリを使用する場合は，一般的に呼び出し元の言語に応じたラッパーを作成し，ラッパーを経由してC言語ライブラリを使用する．

ラッパーを生成するツールとしてSWIG (Simplified Wrapper and Interface Generator) [1] が存在する．しかし，SWIGにより生成されたラッパーは，C/C++ライブラリのAPIを意識して使用する必要がある．すなわち，C/C++ライブラリを使用したことのない開発者がC/C++ライブラリを意識する必要があるので，開発負荷が高くなる．そのため通信用APIといった，呼び出し元の標準APIにも同様な機能が用意されている場合は，呼び出し元の標準APIと同じ使用方法でライブラリを使用できることが望ましい．

そこで本稿では，C言語ライブラリのAPIを意識する必要のあるこれまでの使用方法に加え，呼び出し元のプログラミング言語の標準APIと同じ使用方法でライブラリを利用可能とする，通信ライブラリを対象としたラッパーを提案する．提案方式をNTMfw (NTMobile framework library)[2] というC言語通信ライブラリに適用し，Java経由で動作確認及び処理時間の測定を行った．

2　既存技術：SWIG

SWIGはC/C++ライブラリのヘッダファイルを読み込み，呼び出し元の言語と連携を行うためのラッパーを生成する．連携にはFFI (Foreign Function Interface) と呼ばれる，C/C++にて実装された関数などを他のプログラミング言語から利用するための仕組みが用いられている．呼び出し元の言語は，自動生成されたラッパーを使用することにより，C/C++ライブラリを使用できる．しかし，ラッパーを介してC/C++ライブラリを使用する際には，C/C++ライブラリのAPIと同じ使用方法になる．呼び出し元の言語に新たな機能を提供する場合は，このラッパーを使用することに問題はない．しかし通信ライブラリのように，既に呼び出し元の言語にある機能と同様な機能を提供するライブラリの場合は適さない．

3　提案方式

3.1　目的と構成

本提案は，C言語通信ライブラリが提供するAPIの使用方法に加え，呼び出し元のプログラミング言語の標準APIと同じ使用方法でも利用できるようにすることを目的とする．この目的を達成するために，C言語通信ライブラリとの連携と，言語間の違いの除去という2段階でラップを行う．図1に提案方式のモジュール構成を示す．連携用ラッパーはC言語通信ライブラリとの連携，通信用ラッパーは言語間の違いの除去の役割を担う．連携用ラッパーはSWIGにより生成されたラッパーを使用することができる．通信用ラッパーは，連携用ラッパーを再度ラップすることで言語間の違いを除去する．アプリケーションは，通信ライブラリが提供するAPIと同じ使用方法で使用したい場合は連携用ラッパー，呼び出し元の標準APIと同じ使用方法で使用したい場合は通信用ラッパーを選択する．

3.2　連携用ラッパーの構成

連携用ラッパーは，C言語ライブラリに対応したSWIGのコードを記述することで自動生成できる．連携用ラッパーでは，C言語通信ライブラリのAPIや型を呼び出し元の言語と連携できるようにマッピングする．アプリケーションは連携用ラッパーを使用することで，C言語通信ライブラリに実装されたAPIをC言語通信ライブラリと同じ使用方法で使用可能になる．

3.3　通信用ラッパーの構成

通信用ラッパーは，連携用ラッパーが提供するAPIを名前や型，引数が呼び出し元の標準通信用APIと一

Proposal and Implementation of Wrapper that makes C-language Communication Library available without Consciousness of Language Differences
†Kazuki Shimizu, †Hidekazu Suzuki,
‡Katsuhiro Naito, †Akira Watanabe
†Meijo University, ‡Aichi Institute of Technology

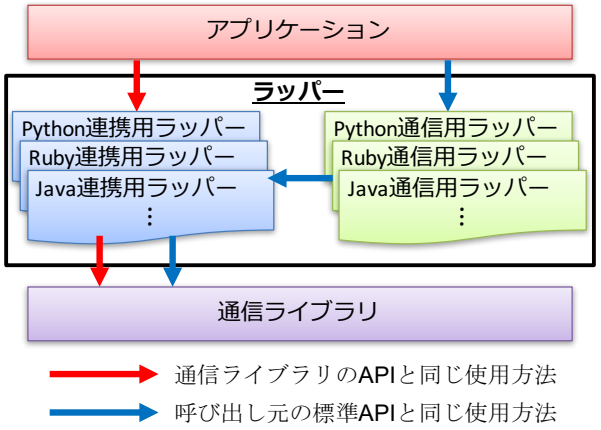


図 1: モジュール構成

致するようにラップする．ラップする際に，呼び出し元の標準通信用 API の引数で調整できないパラメータが存在する場合がある．この場合は，各言語の仕様に基づいた処理を行うように，パラメータをラッパー内で指定する．ラップした API は，API の内部で連携用ラッパーを経由することで通信ライブラリにアクセスする．アプリケーションは通信用ラッパーを使用することにより，呼び出し元の標準通信用 API と同じ使用方法で C 言語通信ライブラリを使用できる．

4 実装

提案方式の連携用ラッパーと通信用ラッパーを Java にて実装した．対象は，移動透過性を実現する C 言語通信ライブラリである NTMfw である．

4.1 連携用ラッパーの実装

SWIG により自動生成される連携用ラッパーではなく，代わりに JNA (Java Native Access) と呼ばれる C/C++ライブラリと Java 間での連携を可能とするライブラリを使用し，NTMfw へのアクセスを可能にした．NTMfw の API を定義する NTMfw 用連携ラッパークラスを作成し，そこにマッピングした API を実装した．

4.2 通信用ラッパーの実装

Java 標準の通信用クラスを継承し，NTMfw による通信を行うように処理を実装した．NTMfw の API では細かくパラメータを調整できるようになっているが，Java 標準の通信用クラスの提供する API ではそのようなことを想定していない．例えばソケット生成用の API の場合，NTMfw の API ではソケット生成時に IPv4/v6 のどちらを使用するか指定できる．しかし，Java ではソケット生成時に IPv4/v6 を指定できず，IPv6 が使用できる場合は IPv4 よりも IPv6 が優先されて使用される．そこで，このような API に対しては Java の仕様に基づいた処理を行うようにパラメータをラッパー内で指定した．

5 評価

5.1 動作確認

NTMfw の API を使用して通信してる際に，ネットワークを切り替えることで移動透過性を実現できているか確認を行った．その結果，ネットワークを切り替えても通信を継続できたので，Java から C 言語通信ライブラリを使用できていることが確認できた．

5.2 処理時間の測定

連携用ラッパーと通信用ラッパーを使用する際の処理時間をそれぞれ測定した．測定対象は，UDP の送信用 API と受信用 API である．以下の表 1 に 100 回測定した結果の平均を示す．

表 1: UDP 送信/受信用 API の処理時間

使用ラッパー	送信 API[ms]	受信 API[ms]
連携用ラッパー	1.222	1.330
通信用ラッパー	1.277	1.363
差 (通信－連携用)	0.055	0.033

表 1 より，使用するラッパーの違いによって処理時間に与える影響は僅かであることが分かった．よって，使い方を呼び出し元の標準 API に合わせることは利便性といった観点から有用であると考えられる．

6 まとめ

本稿では，C 言語通信ライブラリを利用可能とする利便性の高いラッパーを提案した．提案方式により，プログラミング言語の違いを意識することなく，C 言語通信ライブラリを利用可能である．今後は，提案したラッパーを自動生成できるようにする予定である．

参考文献

[1] SWIG developers：Simplified Wrapper and Interface Generator，http://www.swig.org/.

[2] K.Naito，et al.，”End-to-end IP mobility platform in application layer for iOS and Android OS”，IEEE CCNC 2014，pp.276-281，2014.

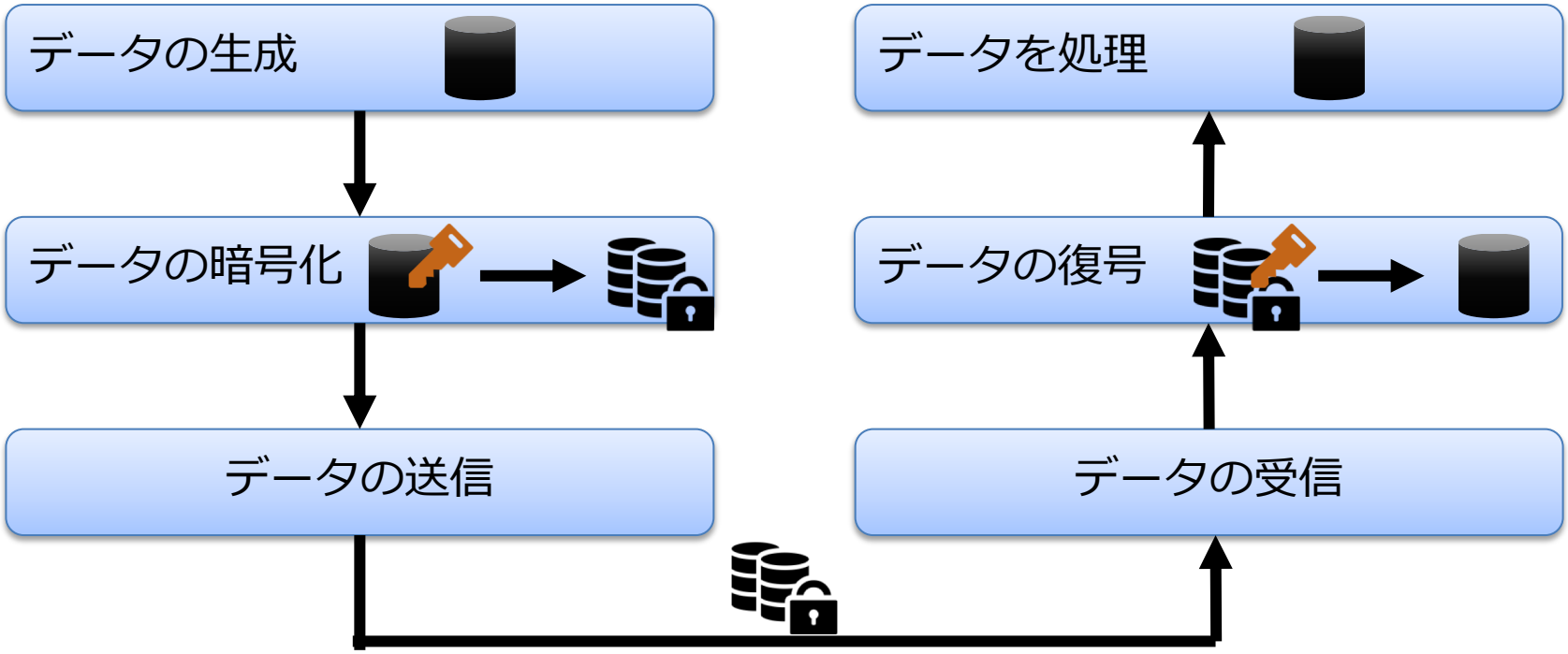
言語の違いを意識することなく C言語通信ライブラリを利用可能とするラッパーの提案と評価

清水 一輝†
鈴木 秀和†　内藤 克浩‡　渡邊 晃†

†名城大学
‡愛知工業大学

研究背景

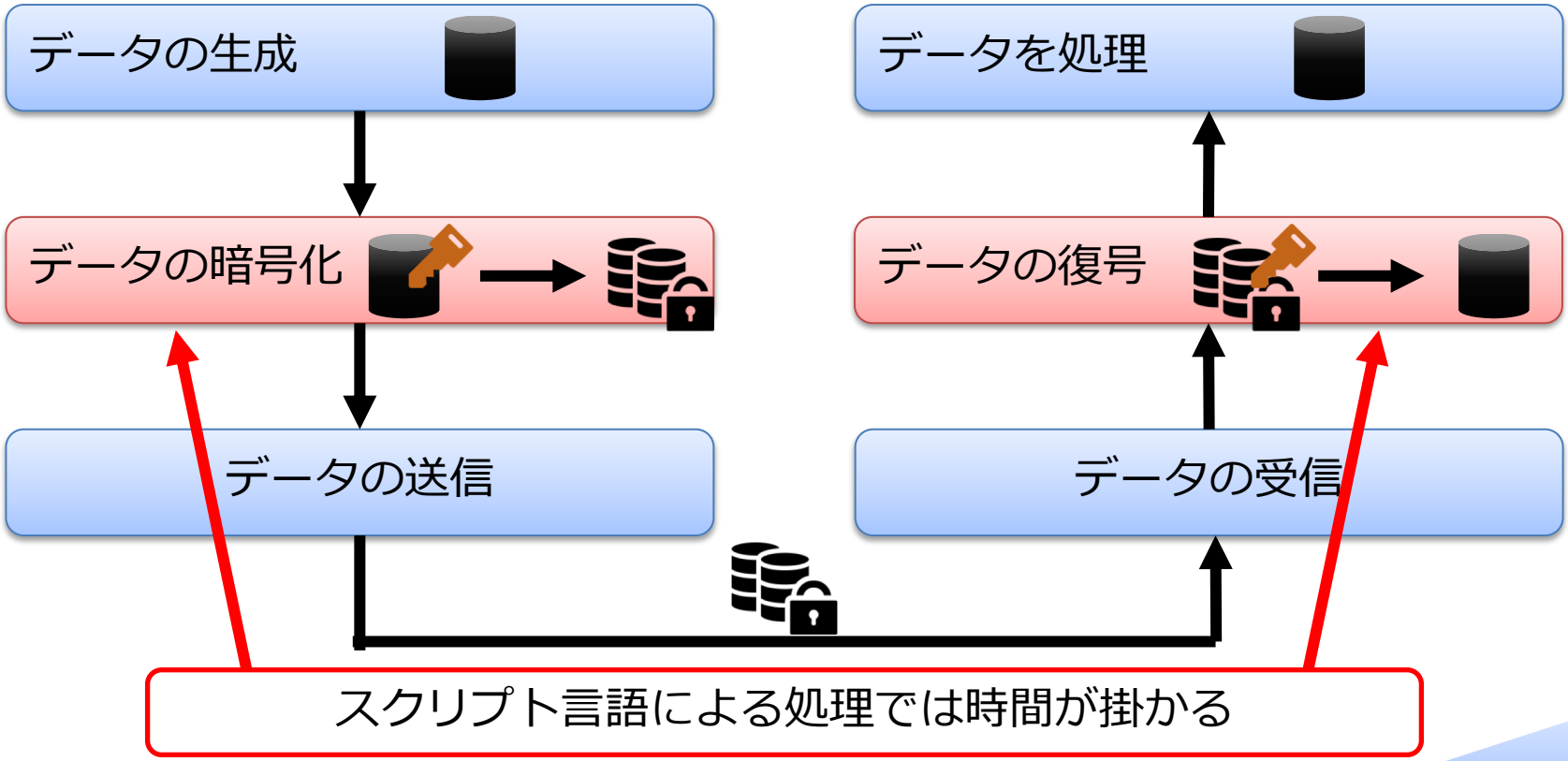
- c言語によるライブラリの実装
  - 実行時における**処理速度**の速さ
  - プラットフォーム依存の言語仕様の少なさによる**移植性**の高さ
  - 他のプログラミング言語との**連携**



：スクリプト言語による実装

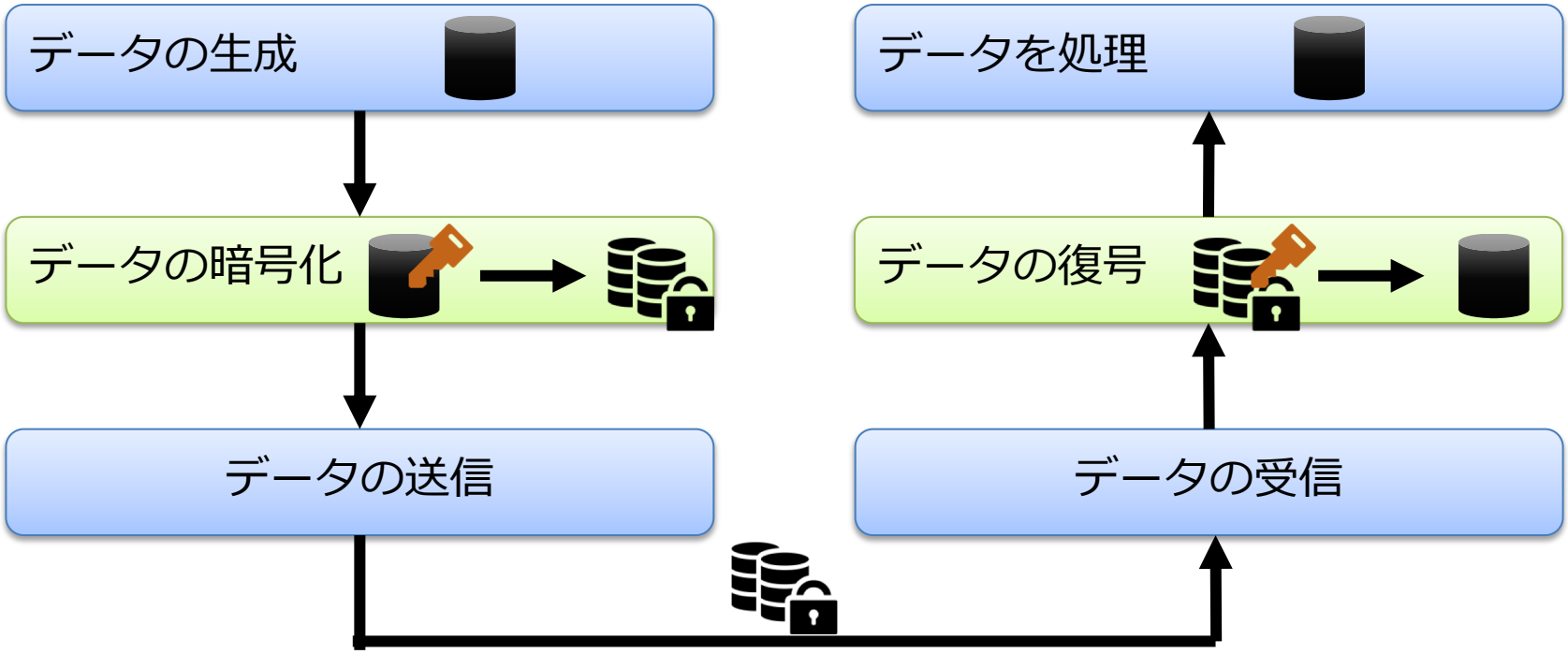
研究背景

- c言語によるライブラリの実装
  - 実行時における**処理速度**の速さ
  - プラットフォーム依存の言語仕様の少なさによる**移植性**の高さ
  - 他のプログラミング言語との**連携**



研究背景

- c言語によるライブラリの実装
  - 実行時における**処理速度**の速さ
  - プラットフォーム依存の言語仕様の少なさによる**移植性**の高さ
  - 他のプログラミング言語との**連携**



：スクリプト言語による実装　　：c言語による実装

研究背景

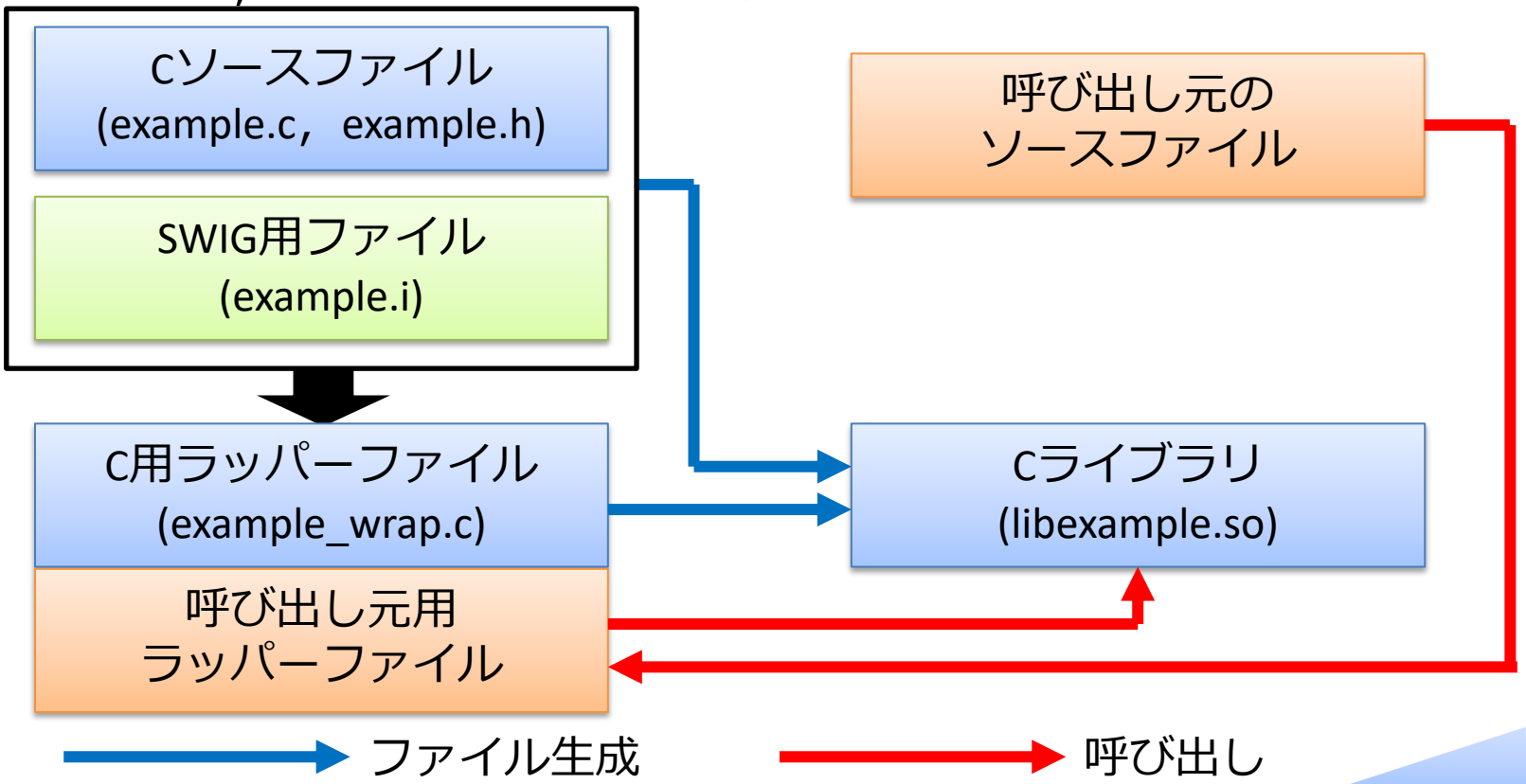
- スマートデバイス向けアプリケーションの開発
  - Android OS → Java
  - iOS → Swift
- 処理の統一化
  - Android OSとiOSの両方で同じアプリケーションを作成したい場合，コアな処理部分をc言語で実装し統一できる

呼び出し元の言語がc言語以外の場合では**ラッパー**が必要

- ラッパーとは
  - 他のプログラミング言語にて実装された機能などを他の言語から利用できるようにするもの

既存技術

- SWIG (Simplified Wrapper and Interface Generator)
  - C/C++ライブラリ用のラッパーを生成するためのツール
  - 生成にはSWIG用の独自記述ファイル (i ファイル)が必要
  - 生成されたラッパーはC/C++ライブラリに実装済みの関数と同じ名前，引数を与えることで使用できる

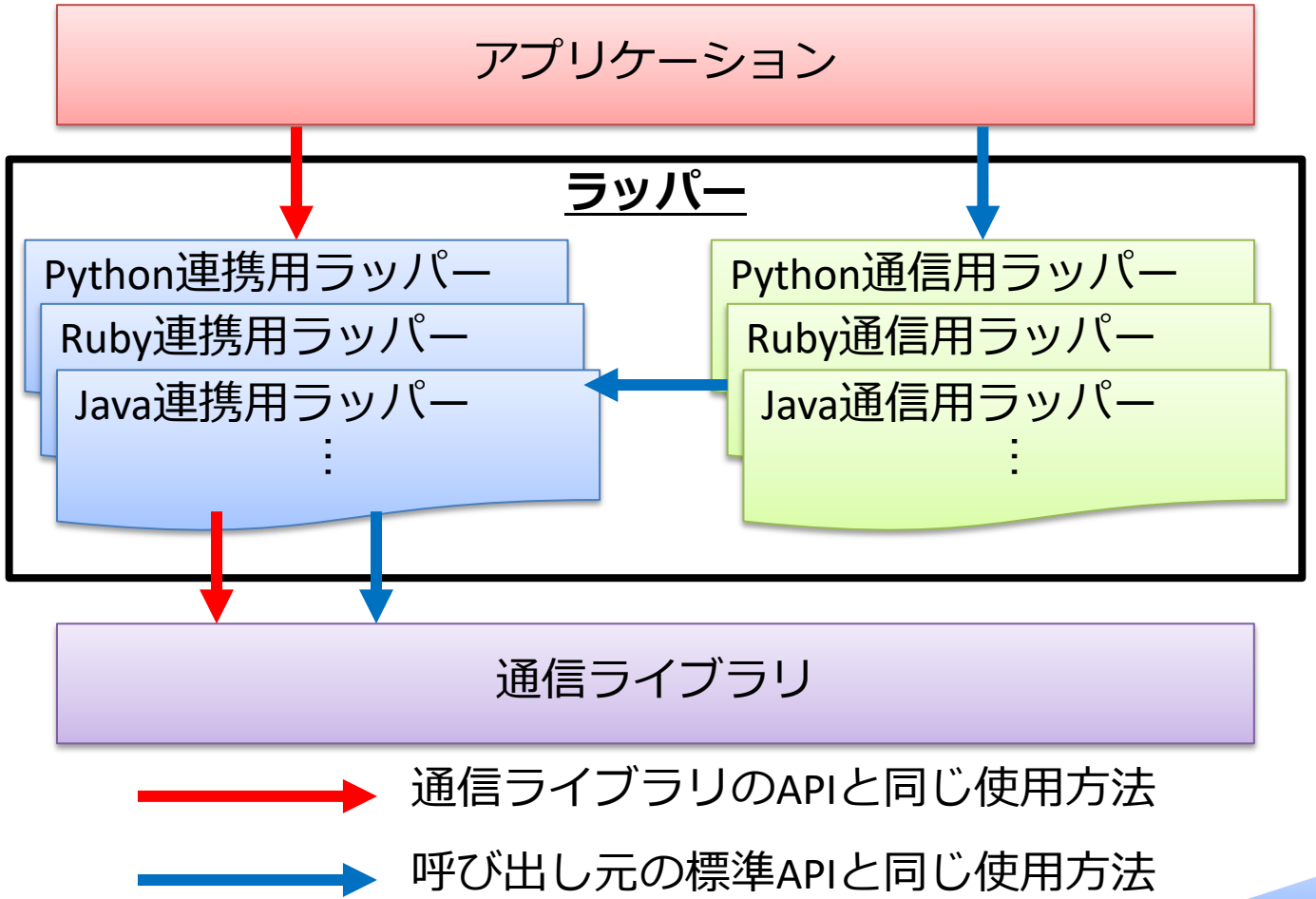


既存技術

- SWIGの課題
  - 使用方法は元のC/C++ライブラリに**依存**する
- 呼び出し元の標準ライブラリに**存在しない新機能**の場合
  - Ex.) OpenCVによる画像の特徴点抽出
  - 使用方法が元C/C++ライブラリに依存しても問題ない
- 呼び出し元の標準ライブラリに**同等の機能が存在する**場合
  - Ex.) 暗号化/復号を行う送信/受信
  - C/C++ライブラリで提供される使用方法ではなく，
    呼び出し元の標準ライブラリと同じ使用方法であるほうが望ましい

提案方式

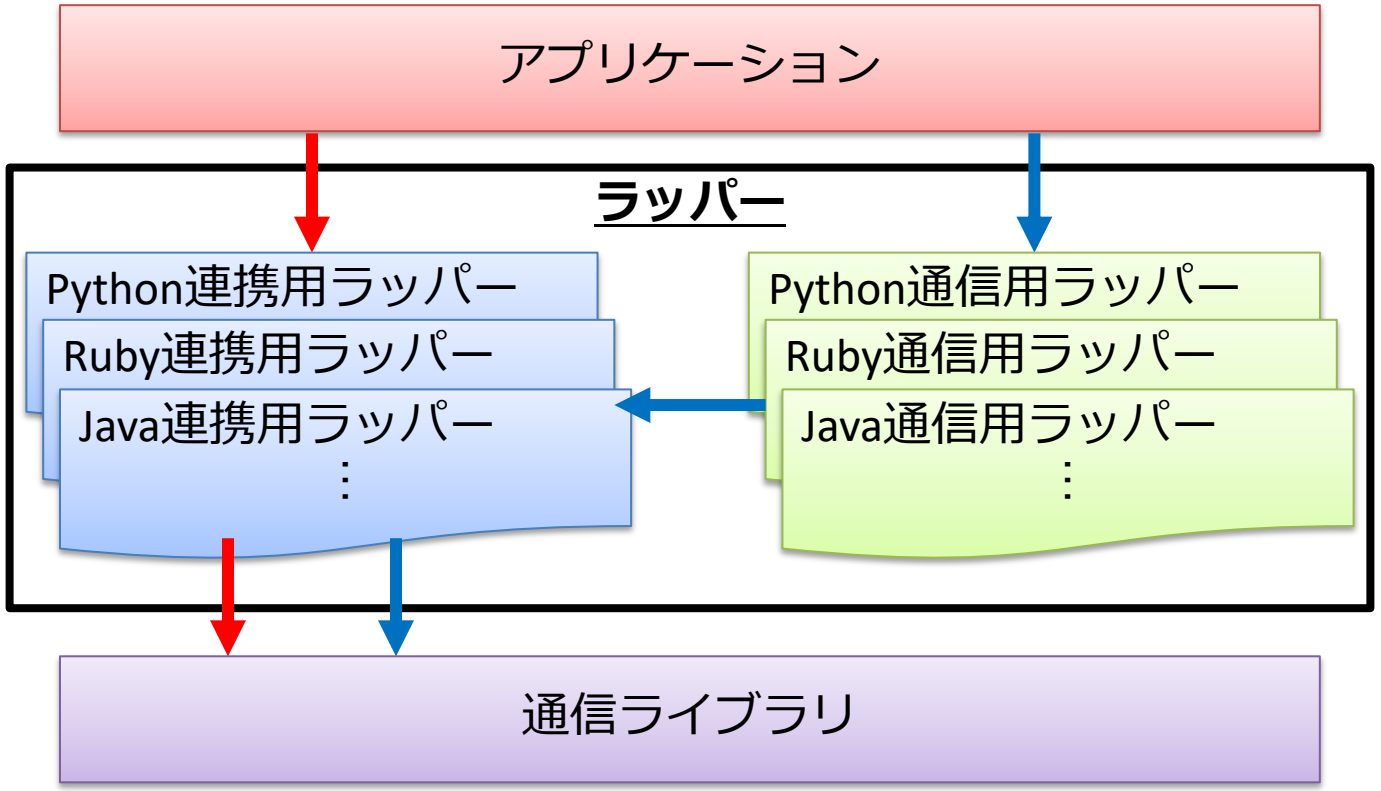
- 2段階でのラップ
  - 連携用ラッパーのみ
  - 通信用ラッパーを経由し，連携用ラッパーを使う



提案方式

連携用ラッパー

- 通信用ライブラリとアプリケーションを連携する
- 通信用ライブラリに依存した使用方法になる

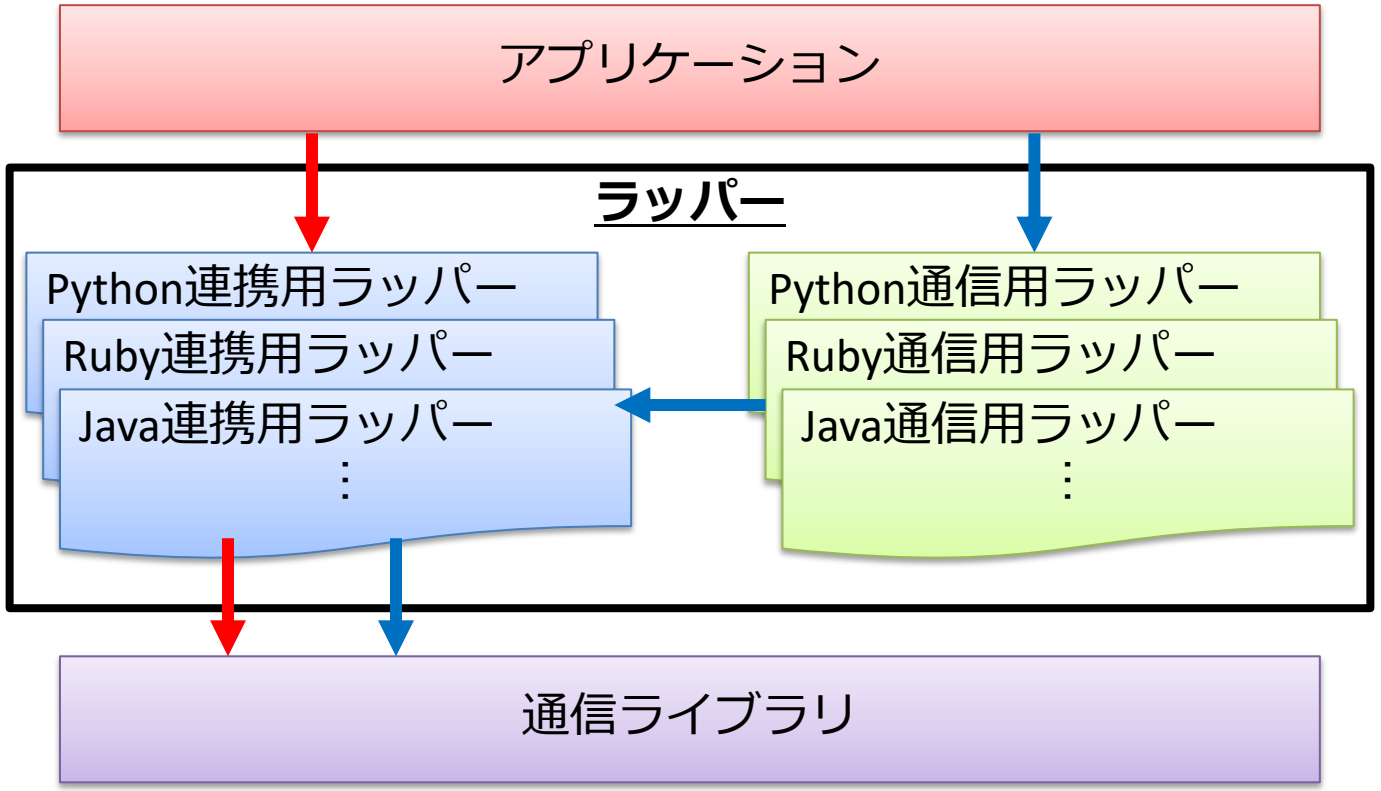


提案方式

Watanabe Lab.

通信用ラッパー

- C言語とアプリケーションの言語との違いを除去
- 違いを除去した後に，連携用ラッパーから通信ライブラリを呼び出す



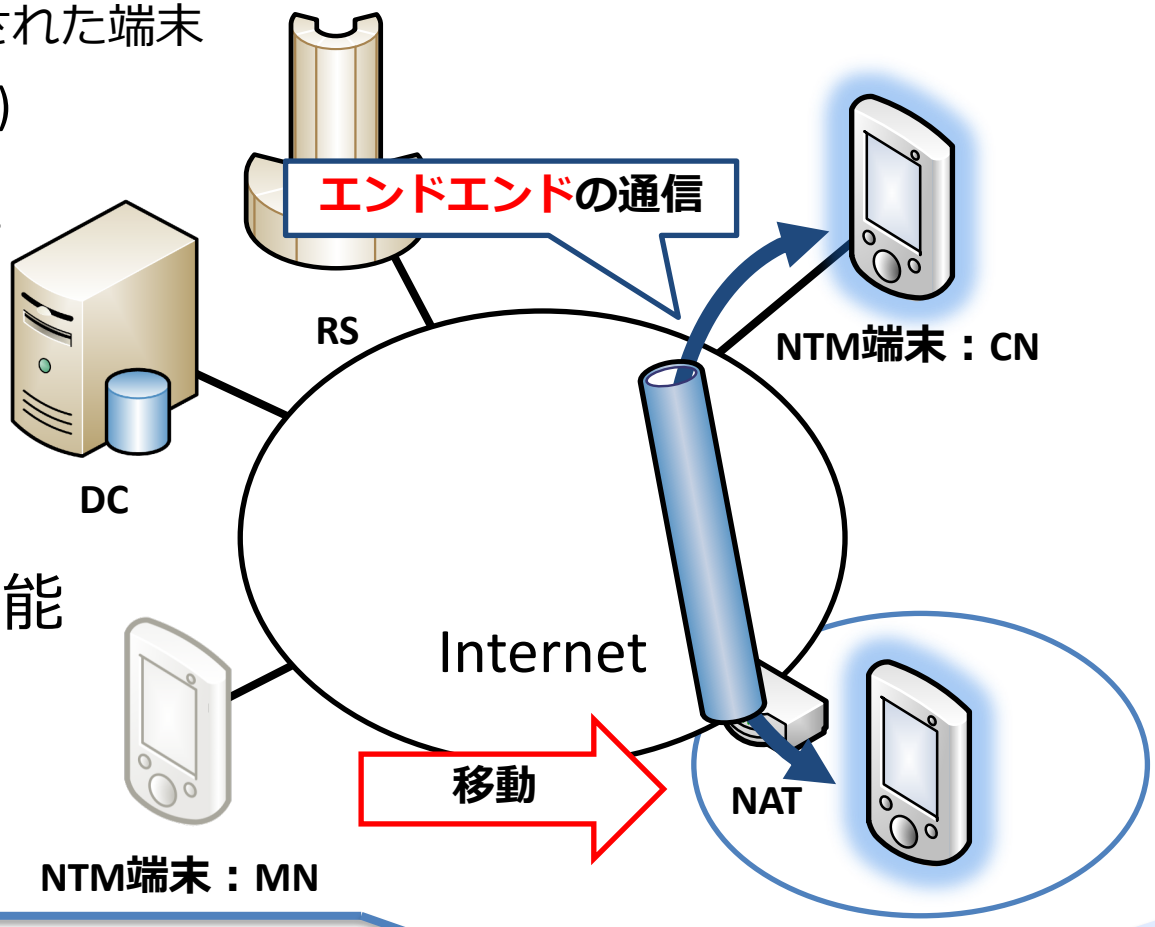
実装

- Javaで実装
- 対象はNTMobile framework library
- NTMobile framework library
  - NTMobileの機能をアプリケーション用にライブラリ化したもの
  - ネットワーク上の制約を受けずに通信を可能とする通信ライブラリ
  - C言語によって実装

NTMobile (Network Traversal with Mobility)

Watanabe Lab.

- 通信接続性と移動透過性を**同時**に実現する技術
  - NTM端末(NTMobile Node)
    - NTMobile機能が実装された端末
  - DC(Direction Coordinator)
    - 通信経路の指示
    - **仮想IPアドレス**の配布
  - RS(Relay Server)
    - 直接通信不可の際，通信を中継



- DC / RSは複数台設置可能

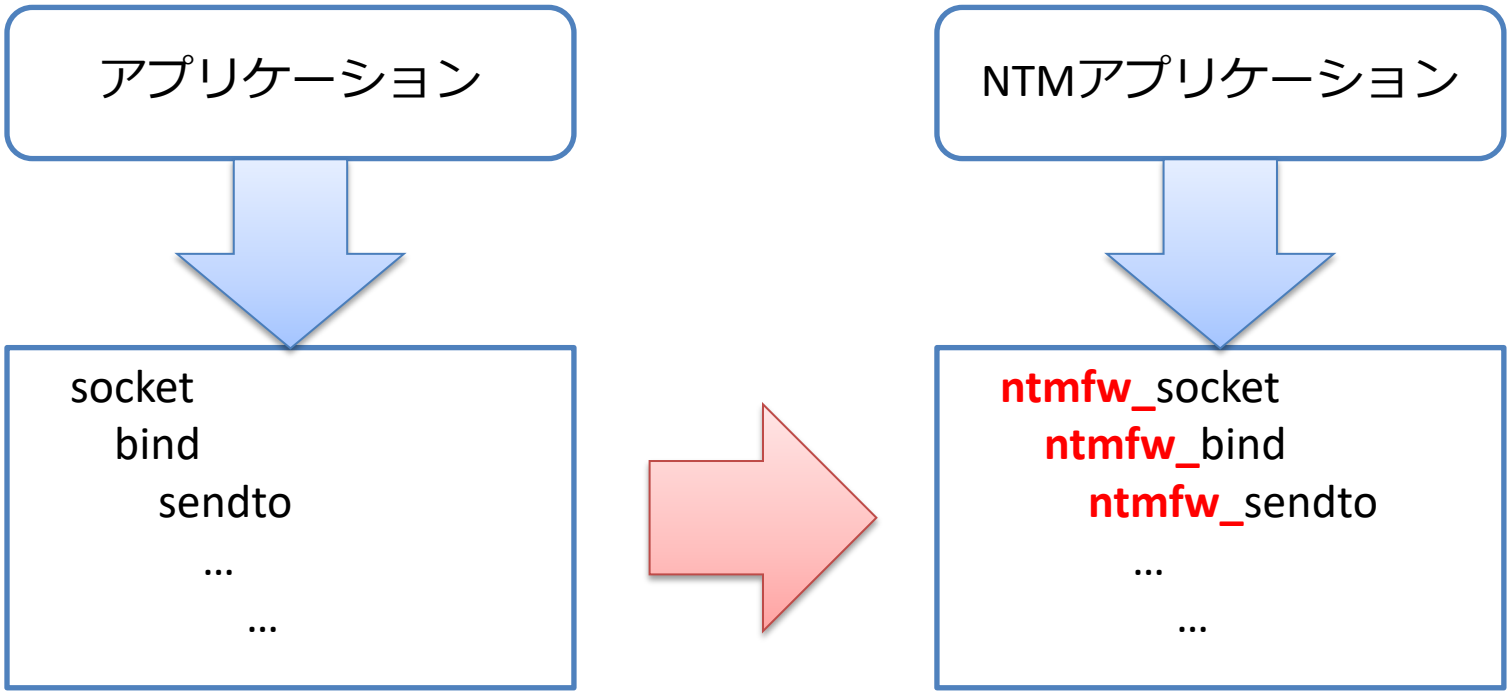
仮想IPアドレス

・端末の位置に依存しない
・実IPアドレスの変化を隠蔽

MN：Mobile Node　CN：Correspondent Node

NTMobileフレームワーク

- NTMobileの処理を全てアプリケーションで実現
- アプリケーションが利用するソケットAPIを置換
  - BSDソケットAPIの代替ソケットAPI(**NTMソケットAPI**)を提供
  - アプリケーション開発者はNTMソケットAPIを利用する



NTMobileフレームワークの動作

Watanabe Lab.

アプリケーション

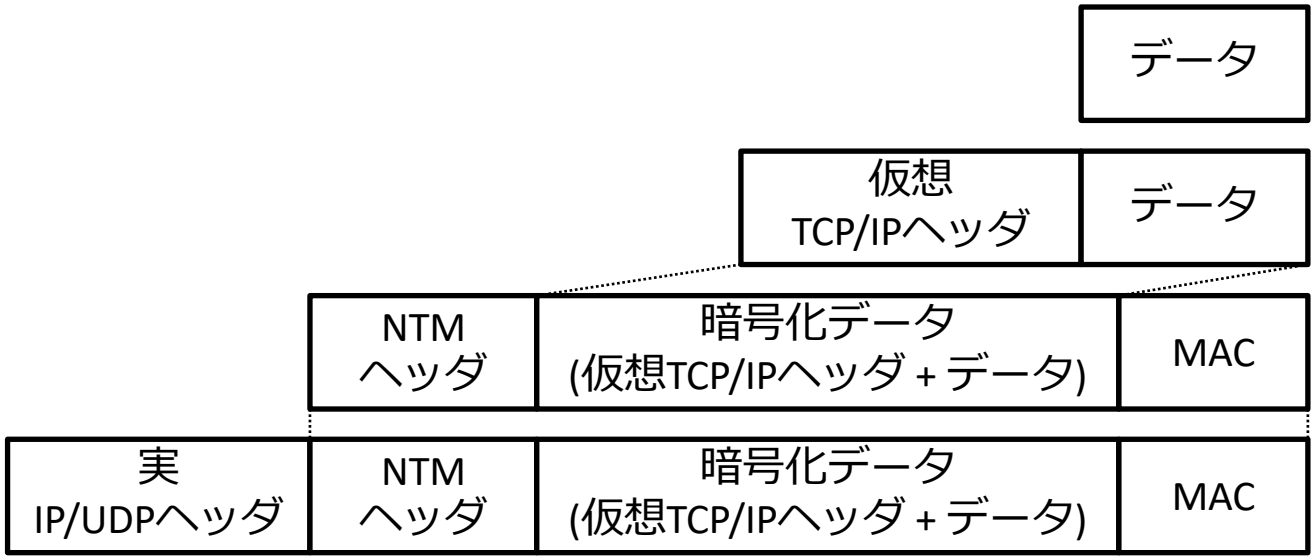
- NTMソケットAPIでデータを送信

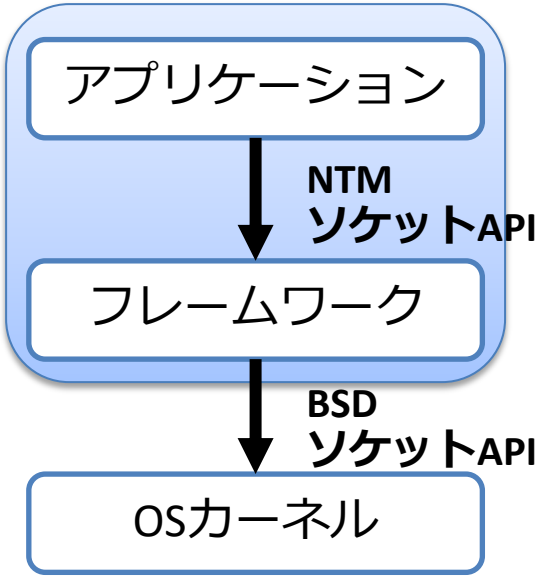
フレームワーク

- 仮想IPアドレスを用いてパケットを生成
- パケットの暗号化やMACを付与
- BSDソケットAPIで送信

OSカーネル

- 実IPアドレスを用いてパケットを生成し送信





MAC：Message Authentication Code

NTMobileフレームワークの動作

Watanabe Lab.

アプリケーション

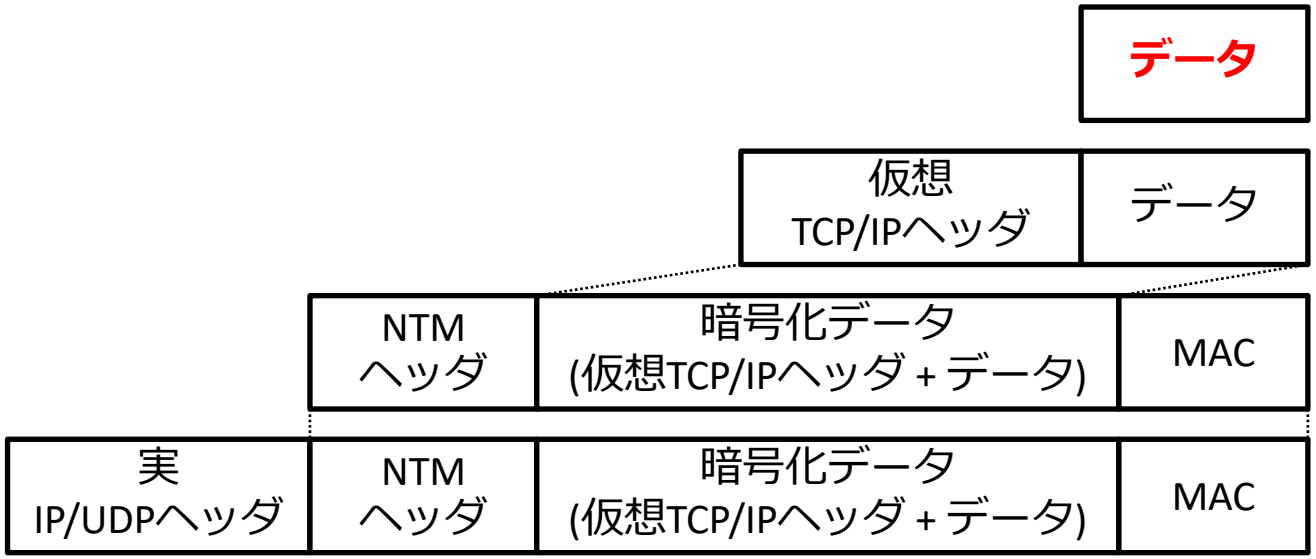
- **NTMソケットAPIでデータを送信**

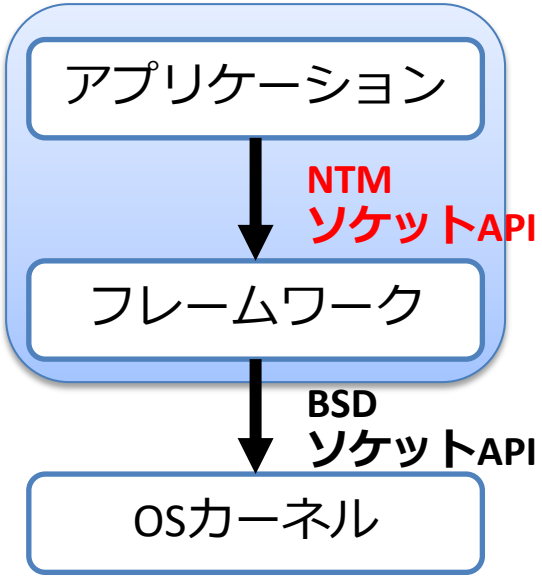
フレームワーク

- 仮想IPアドレスを用いてパケットを生成
- パケットの暗号化やMACを付与
- BSDソケットAPIで送信

OSカーネル

- 実IPアドレスを用いてパケットを生成し送信





MAC：Message Authentication Code

NTMobileフレームワークの動作

Watanabe Lab.

アプリケーション

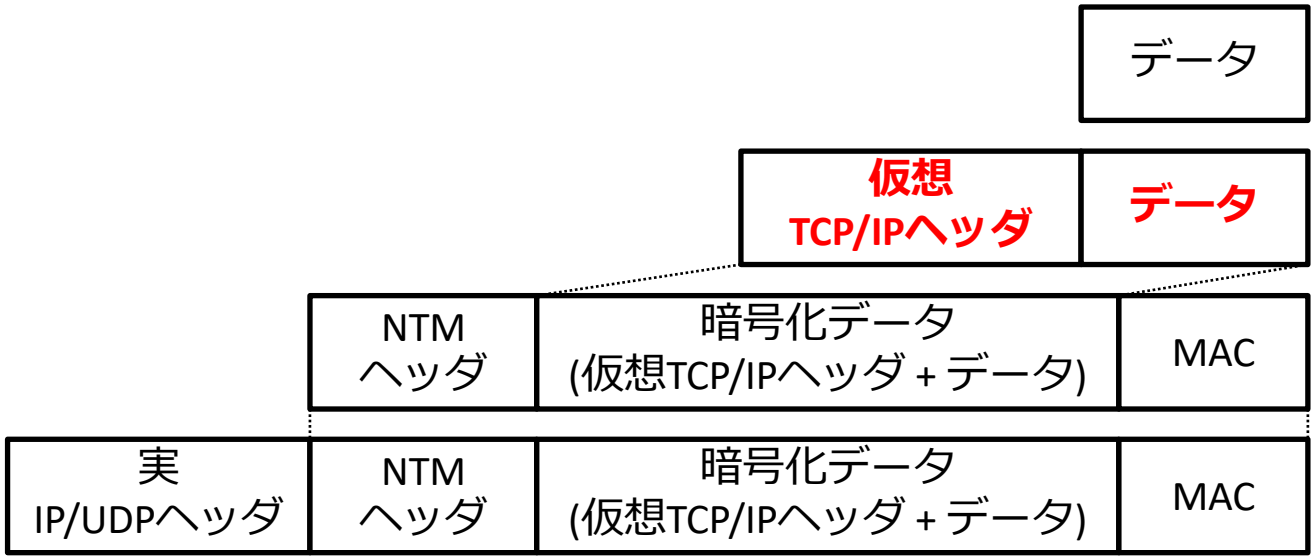
- NTMソケットAPIでデータを送信

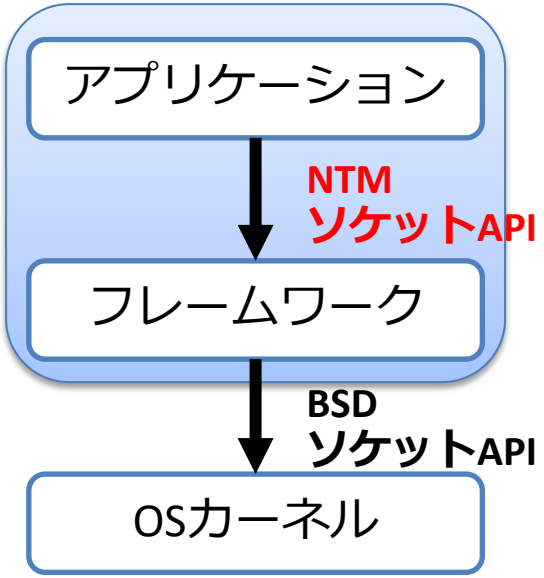
フレームワーク

- **仮想IPアドレスを用いてパケットを生成**
- パケットの暗号化やMACを付与
- BSDソケットAPIで送信

OSカーネル

- 実IPアドレスを用いてパケットを生成し送信





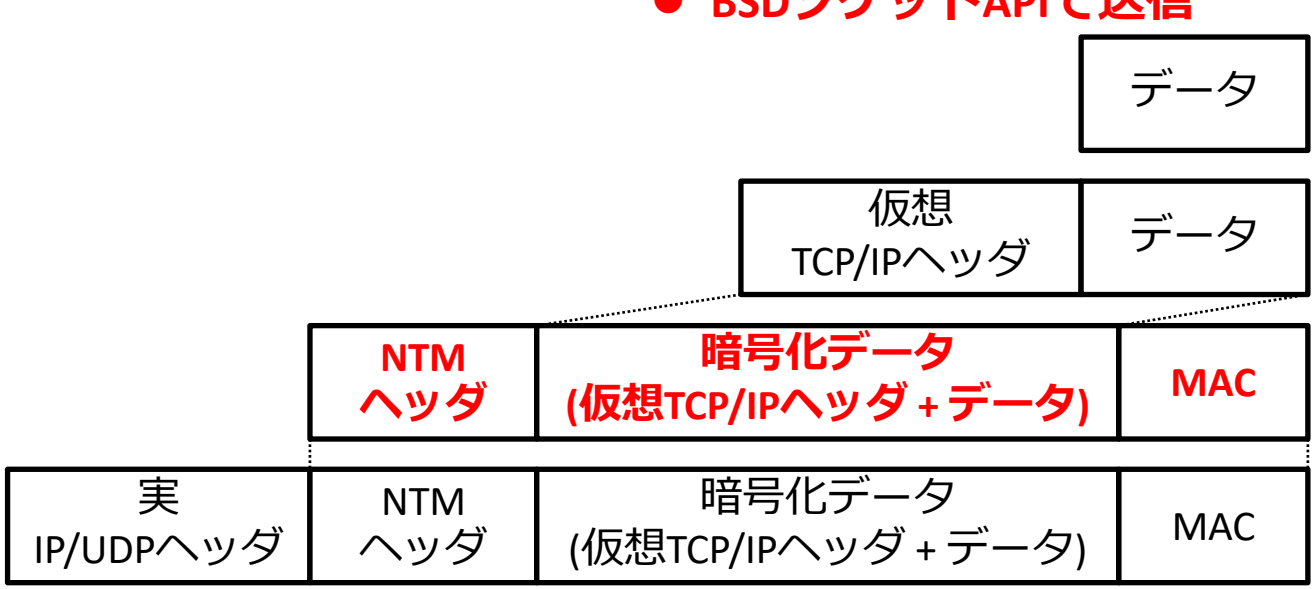
MAC：Message Authentication Code

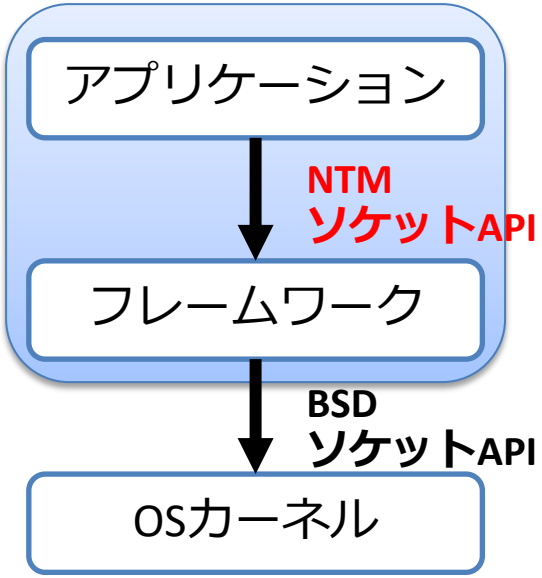
NTMobileフレームワークの動作

Watanabe Lab.

アプリケーション → フレームワーク → OSカーネル

- NTMソケットAPIでデータを送信
- 仮想IPアドレスを用いてパケットを生成
- **パケットの暗号化やMACを付与**
- **BSDソケットAPIで送信**
- 実IPアドレスを用いてパケットを生成し送信





MAC：Message Authentication Code

NTMobileフレームワークの動作

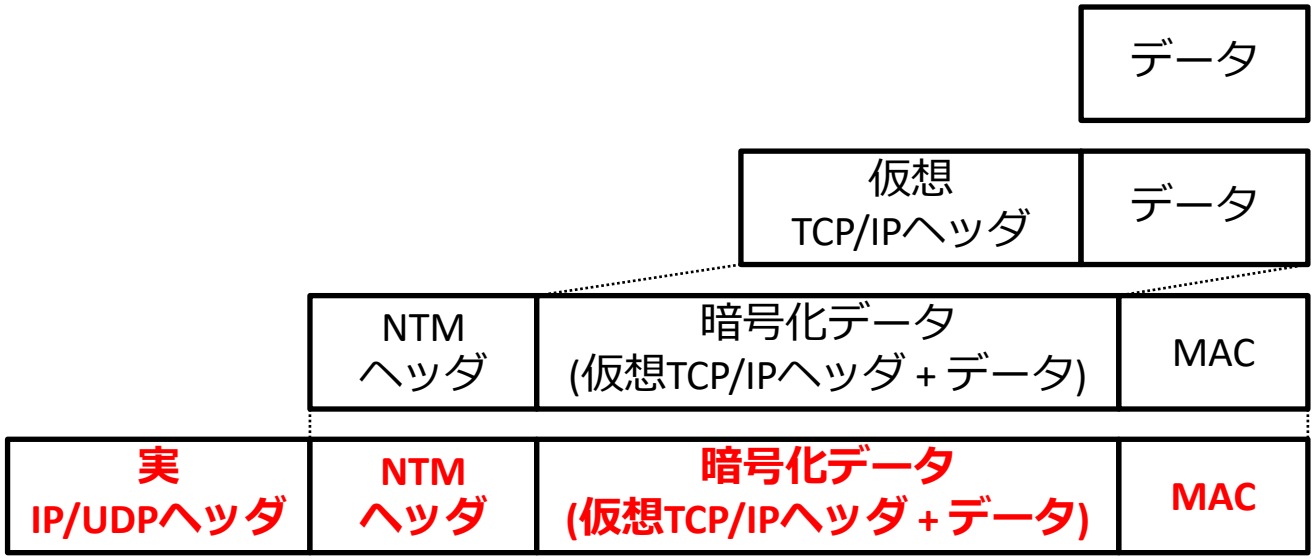
Watanabe Lab.

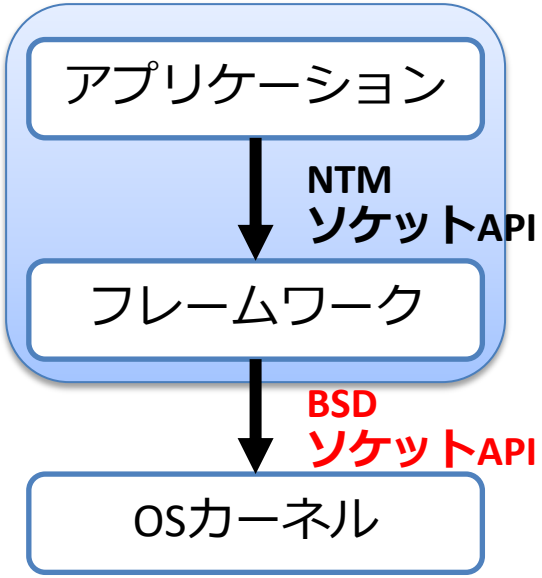
アプリケーション → フレームワーク → OSカーネル

- NTMソケットAPIでデータを送信

- 仮想IPアドレスを用いてパケットを生成
- パケットの暗号化やMACを付与
- BSDソケットAPIで送信

- **実IPアドレスを用いてパケットを生成し送信**

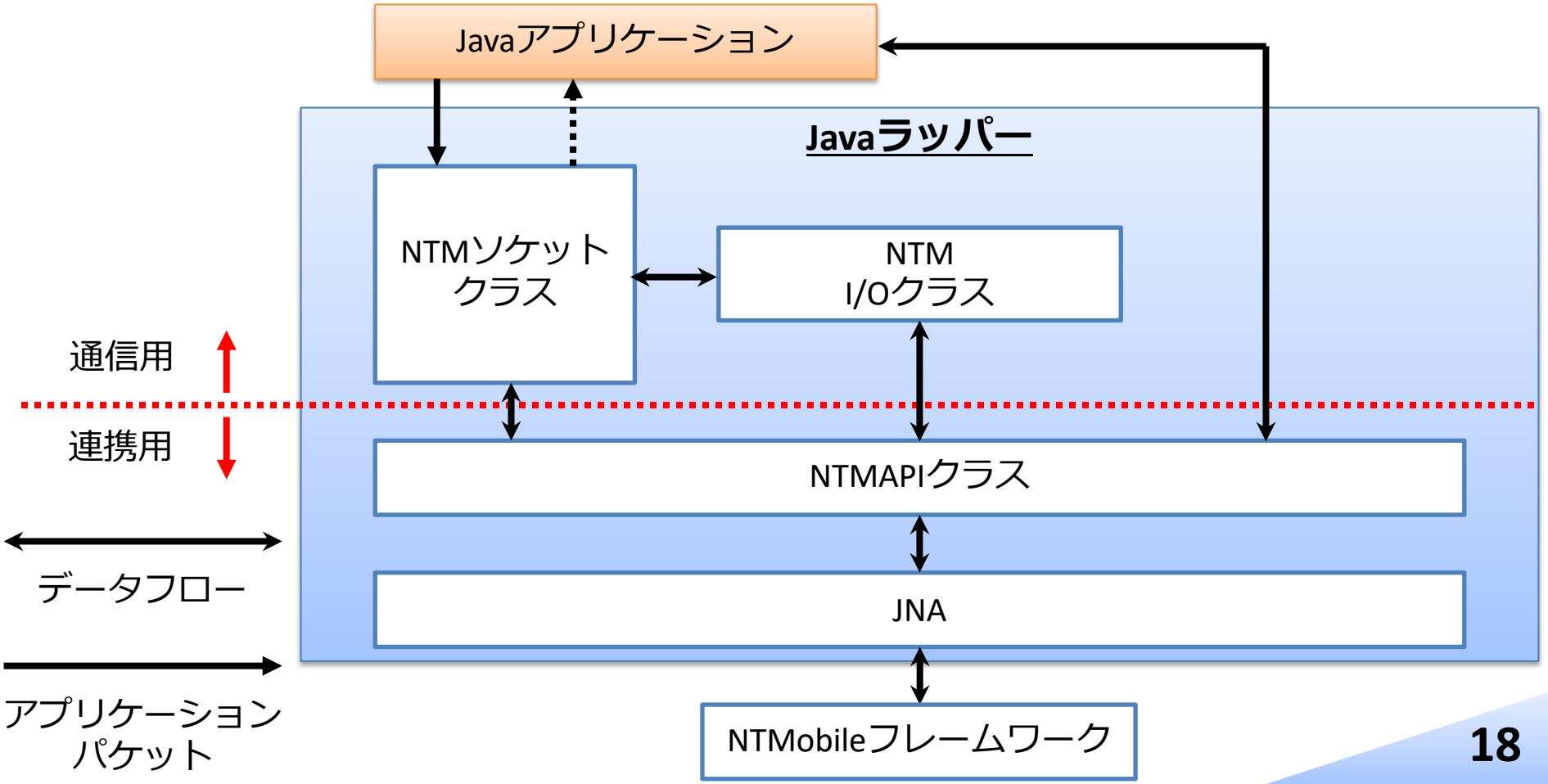




MAC：Message Authentication Code

Javaラッパーの構成

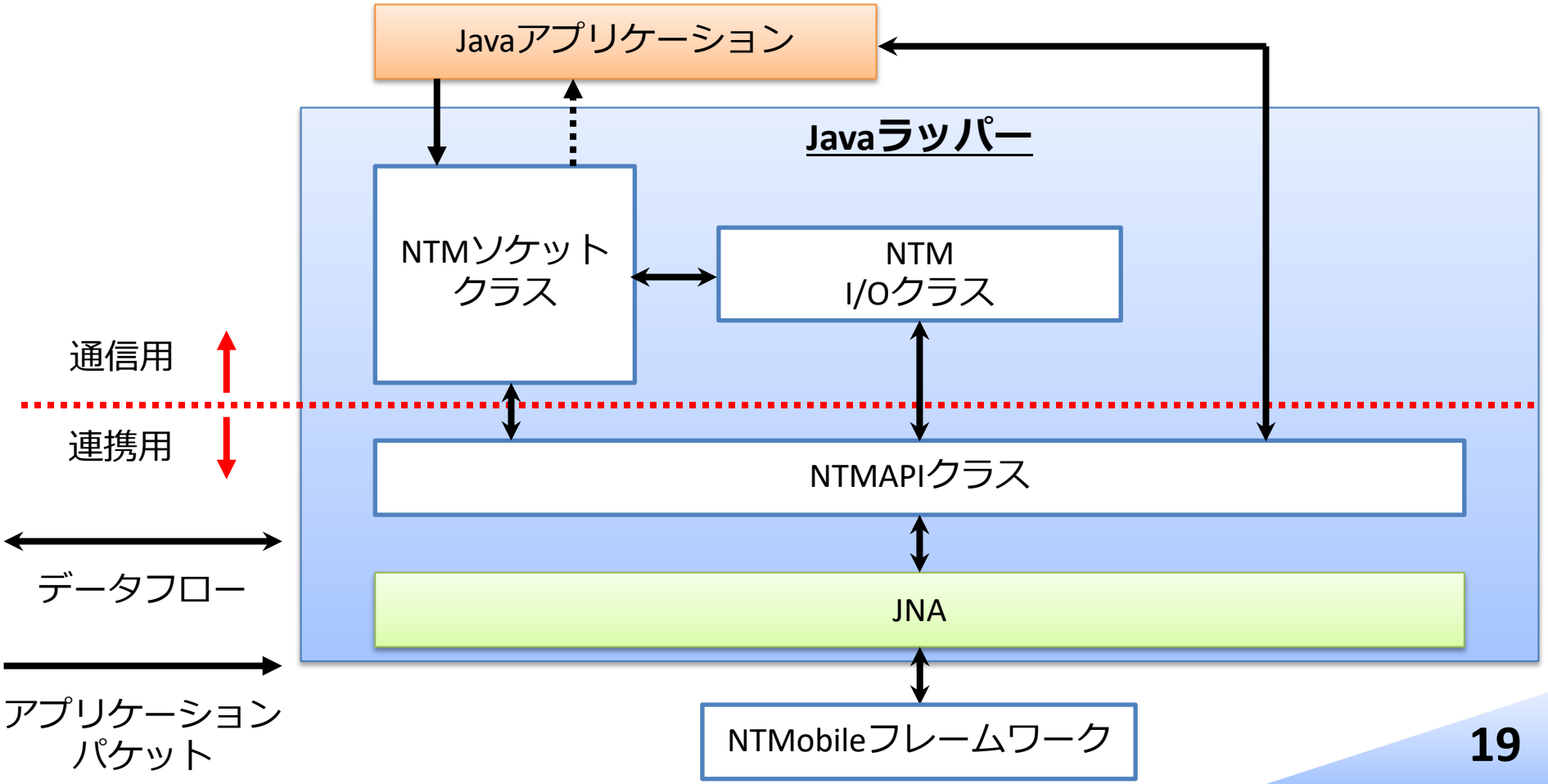
- フレームワークのNTMソケットAPIでパケットを送受信
  - ラッパーは型変換等の結果をNTMソケットAPIに渡す



Javaラッパーの構成

JNA

- NTMobileフレームワークへアクセス
- NTMソケットAPIをマッピング

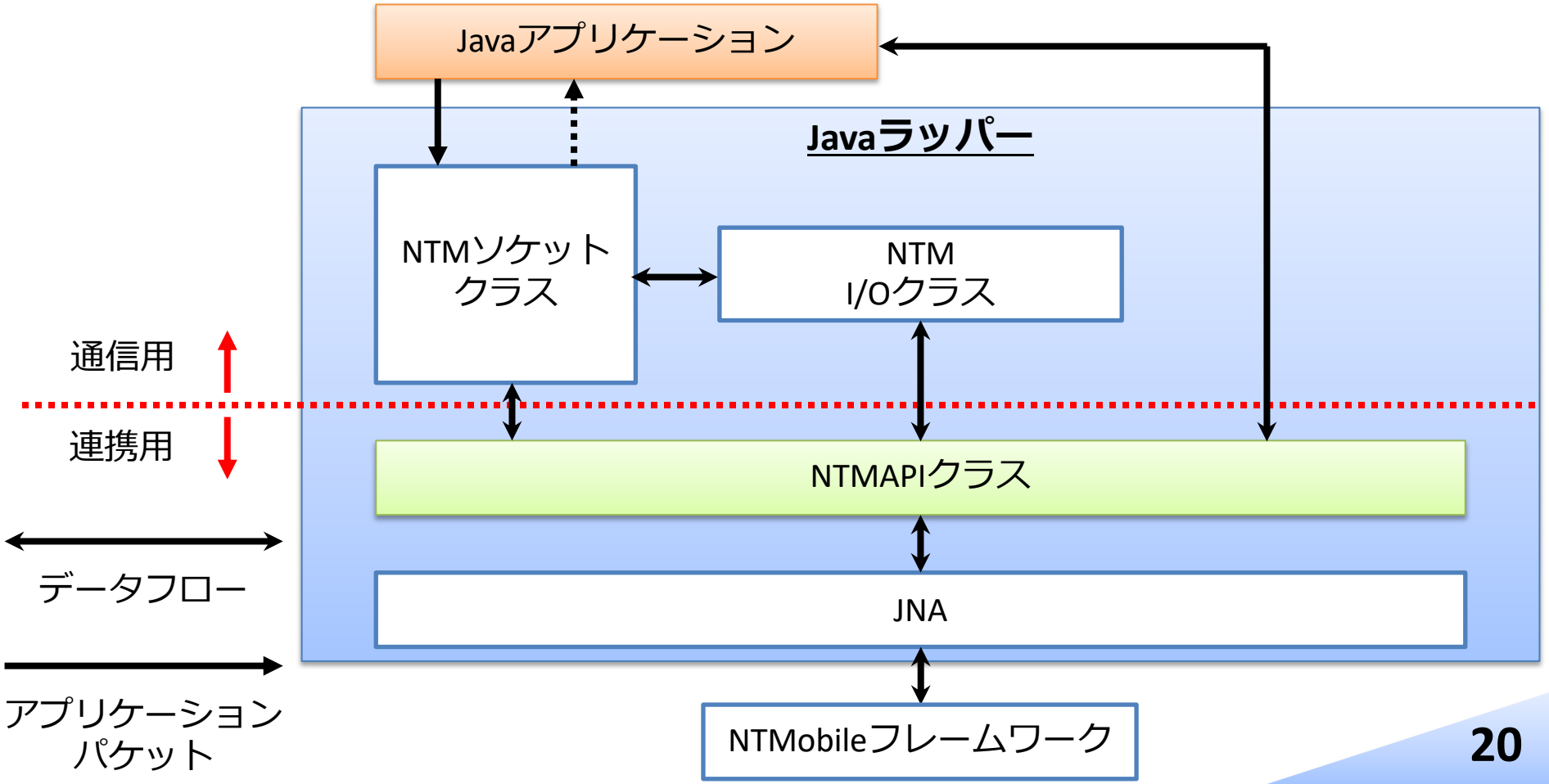


Javaラッパーの構成

Watanabe Lab.

NTMAPIクラス

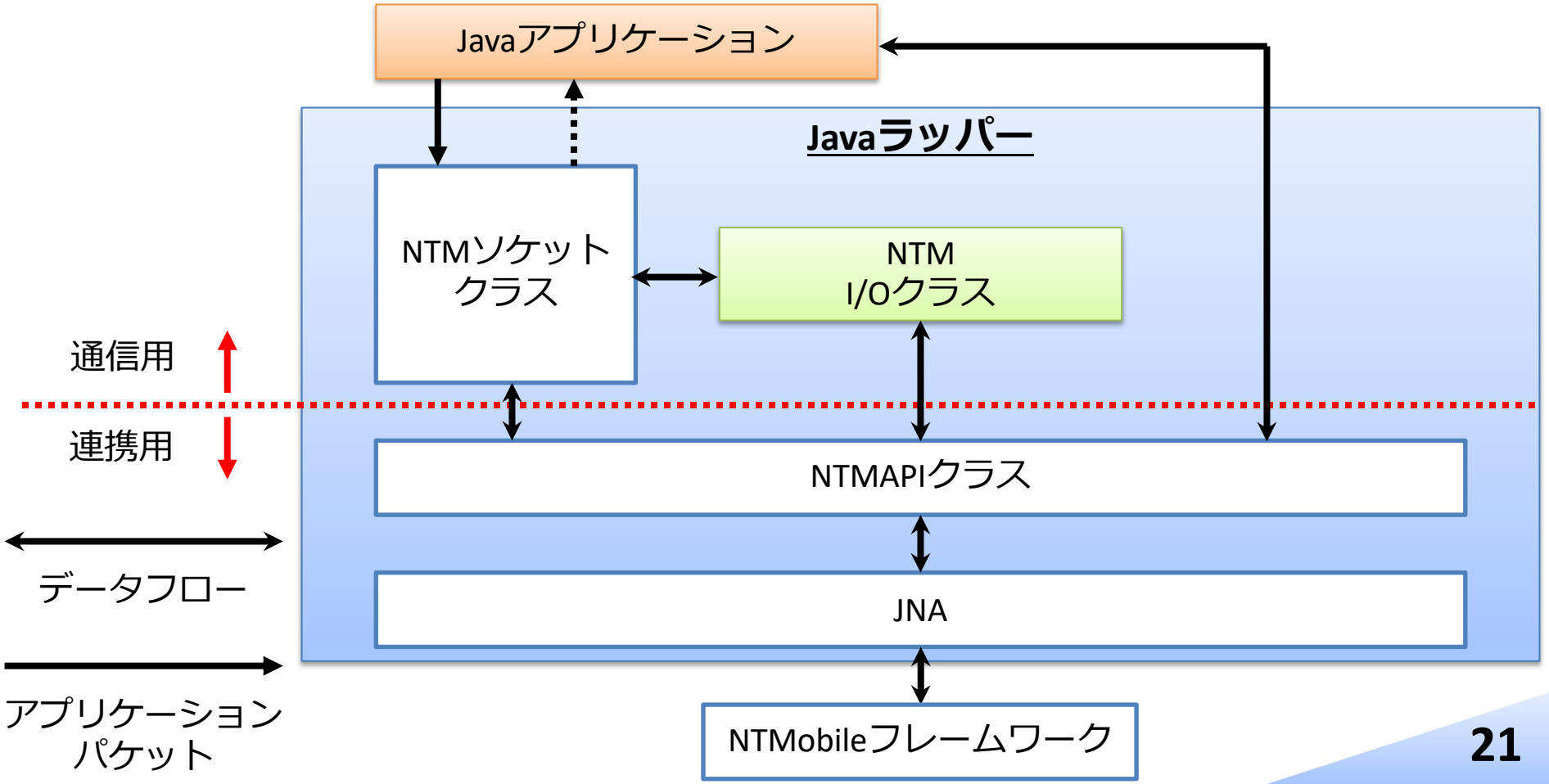
- マッピングされたNTMソケットAPIをラップ
- 名前解決に関するAPIを定義



Javaラッパーの構成

NTMI/Oクラス

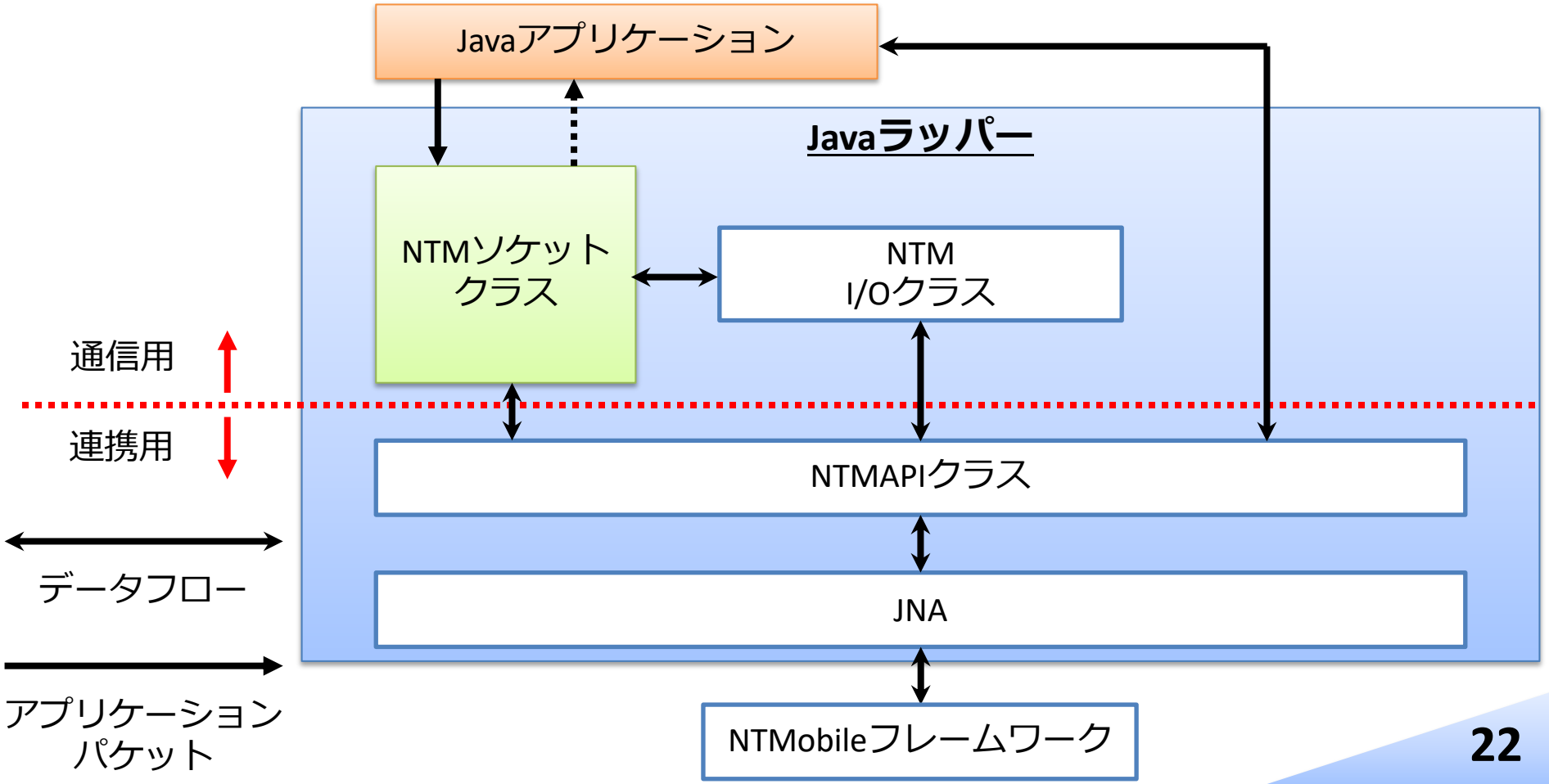
- JavaI/Oクラスを継承
- TCP通信時の入出力ストリームをNTMobileに対応させる



Javaラッパーの構成

NTMソケットクラス

- Javaソケットクラスを継承
- JavaソケットAPI互換のソケットAPI



APIの違い

- UDP送信用のJava標準ソケットAPIとNTMソケットAPIの比較
  - Javaの標準ソケットAPI
    - send(DatagramPacket p)
  - マッピング後のNTMソケットAPI
    - ntmfw_sendto(int fd, Pointer buff, NativeSize buff_len,
      int flags, sockaddr.ByReference addr, int addr_len)

	Javaの 標準ソケットAPI	マッピング後の NTMソケットAPI
名前	send	ntmfw_sendto
引数の数	1個	6個

Javaラッパーの動作

アプリケーション

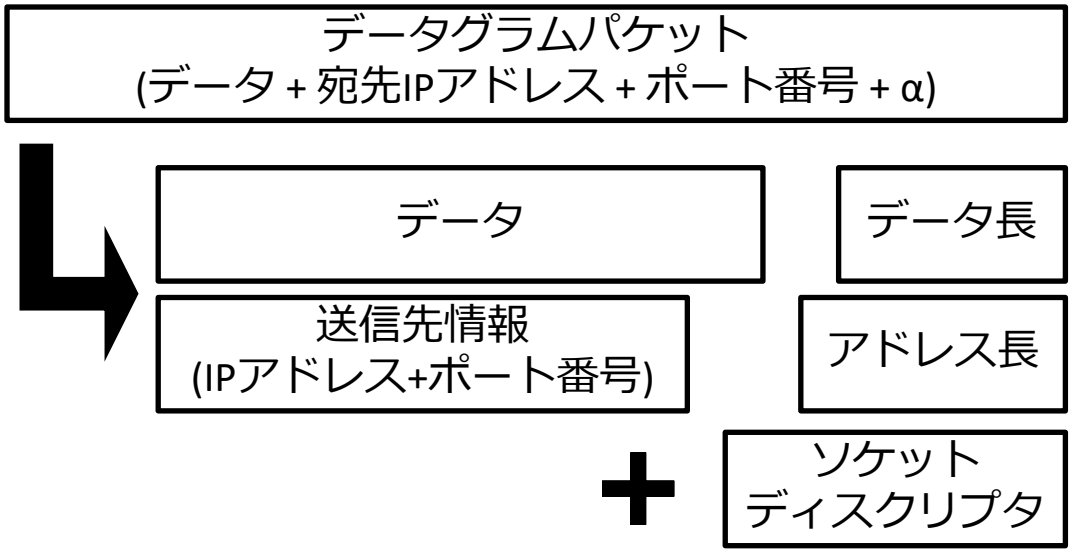
- JavaソケットAPIでデータを送信

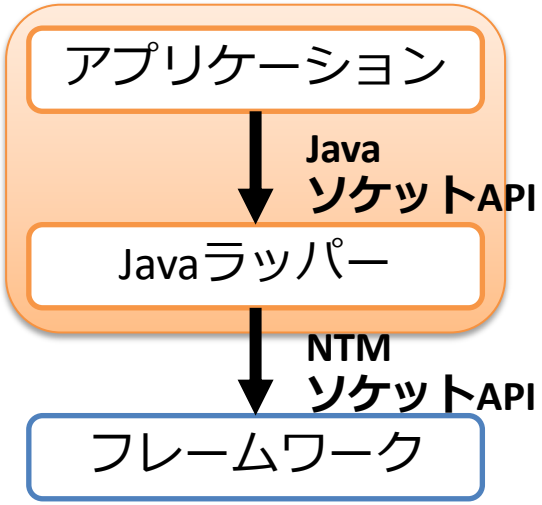
Javaラッパー

- 送信するデータの型変換等をする
- NTMソケットAPIをマッピングする
- NTMソケットAPIでデータを送信

フレームワーク

- 仮想IPアドレスを用いてパケットを生成
- パケットの暗号化やMACを付与
- BSDソケットAPIで送信





Javaラッパーの動作

Watanabe Lab.

アプリケーション

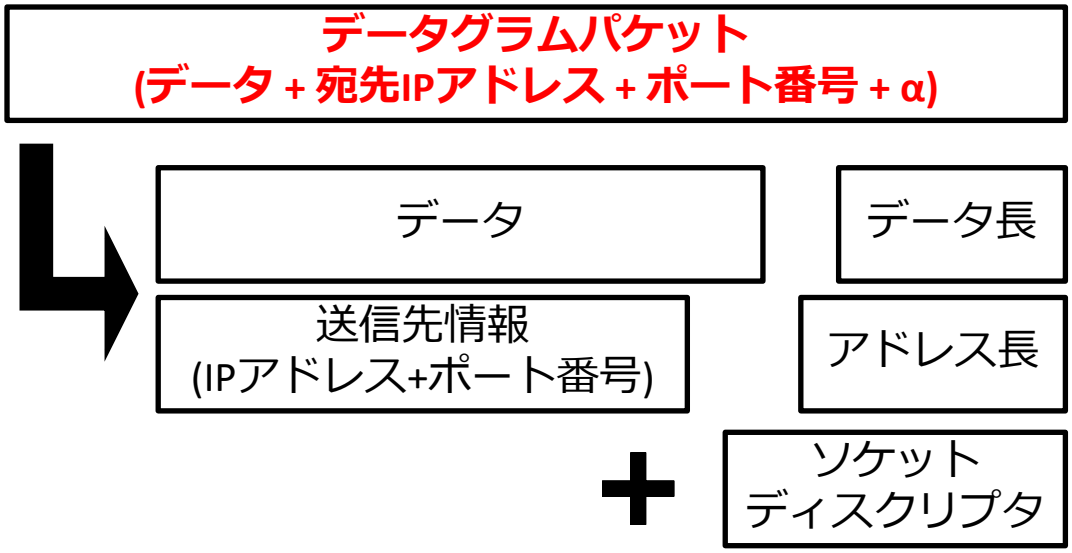
- **JavaソケットAPIでデータを送信**

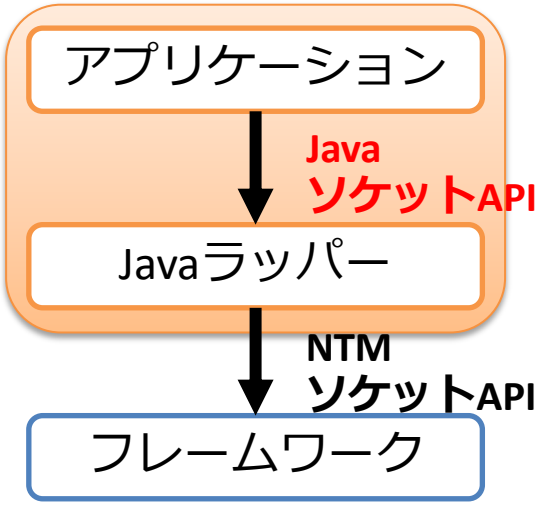
Javaラッパー

- 送信するデータの型変換等をする
- NTMソケットAPIをマッピングする
- NTMソケットAPIでデータを送信

フレームワーク

- 仮想IPアドレスを用いてパケットを生成
- パケットの暗号化やMACを付与
- BSDソケットAPIで送信





Javaラッパーの動作

Watanabe Lab.

アプリケーション

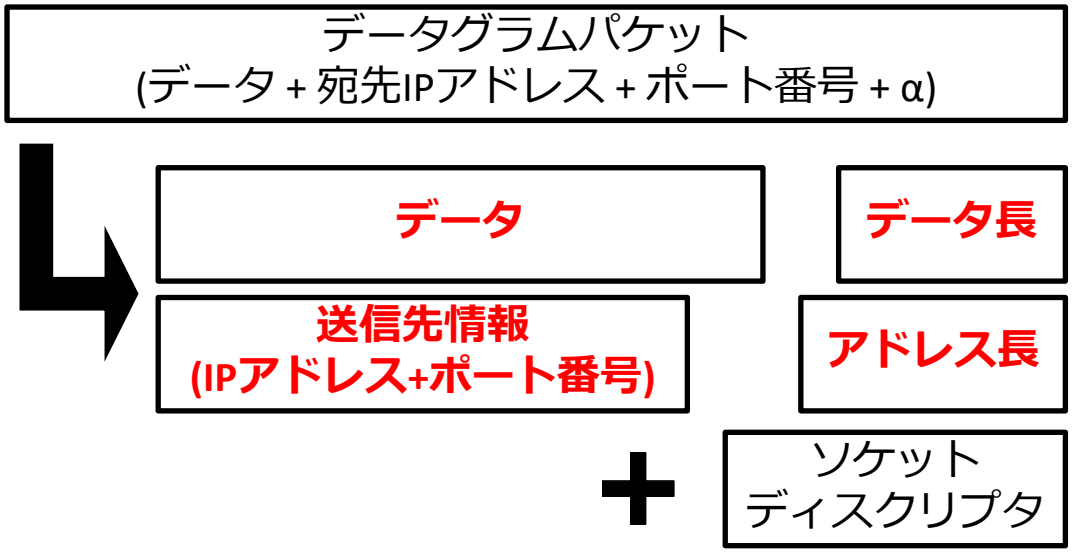
- JavaソケットAPIでデータを送信

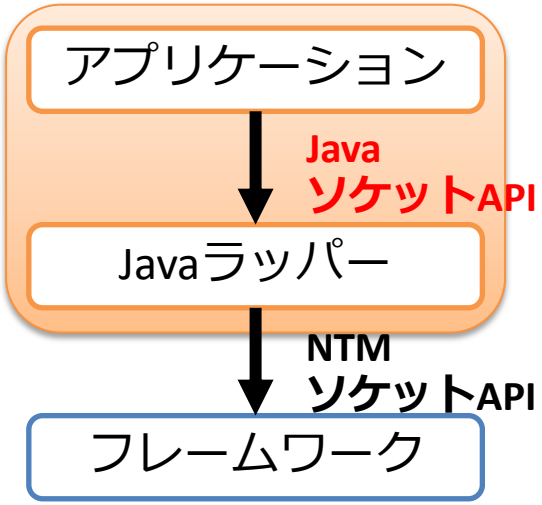
Javaラッパー

- **送信するデータの型変換等をする**
- NTMソケットAPIをマッピングする
- NTMソケットAPIでデータを送信

フレームワーク

- 仮想IPアドレスを用いてパケットを生成
- パケットの暗号化やMACを付与
- BSDソケットAPIで送信





Javaラッパーの動作

Watanabe Lab.

アプリケーション

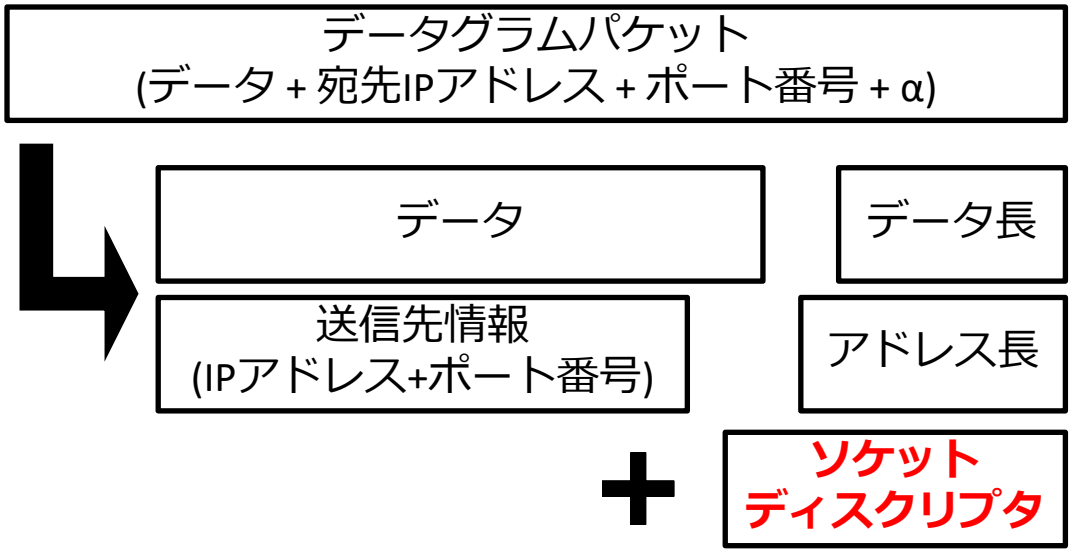
- JavaソケットAPIでデータを送信

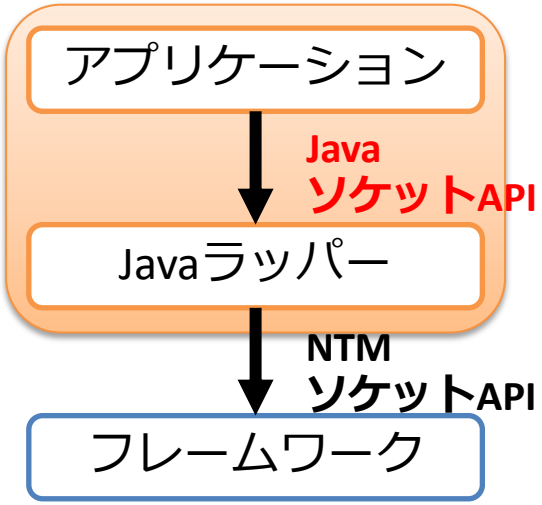
Javaラッパー

- 送信するデータの型変換等をする
- **NTMソケットAPIをマッピングする**
- NTMソケットAPIでデータを送信

フレームワーク

- 仮想IPアドレスを用いてパケットを生成
- パケットの暗号化やMACを付与
- BSDソケットAPIで送信





Javaラッパーの動作

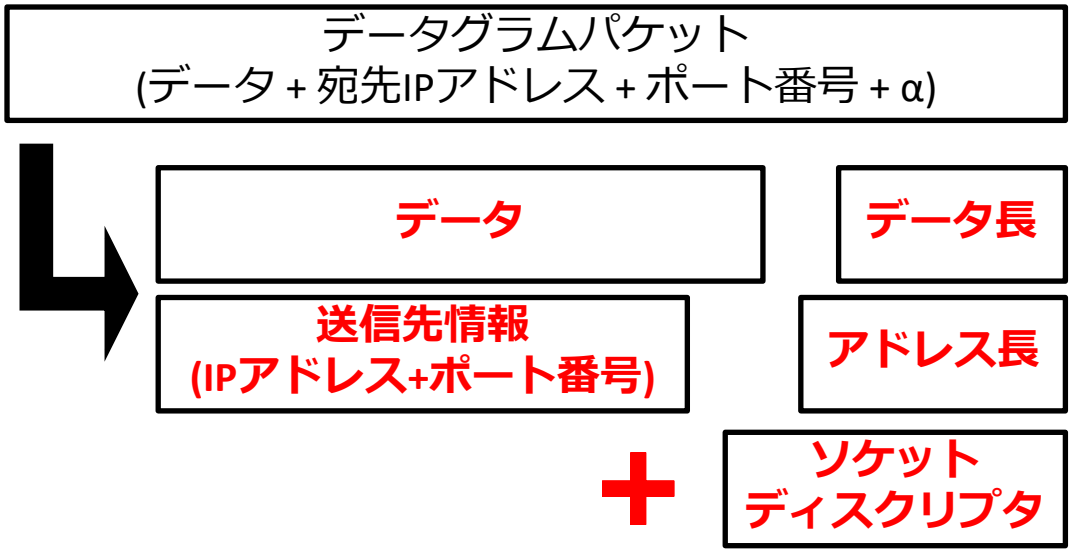
Watanabe Lab.

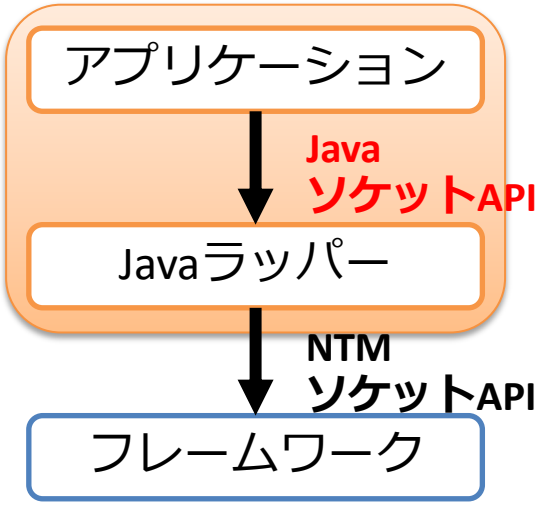
アプリケーション → Javaラッパー → フレームワーク

- JavaソケットAPIでデータを送信

- 送信するデータの型変換等をする
- NTMソケットAPIをマッピングする
- **NTMソケットAPIでデータを送信**

- 仮想IPアドレスを用いてパケットを生成
- パケットの暗号化やMACを付与
- BSDソケットAPIで送信





Javaラッパーの動作

アプリケーション

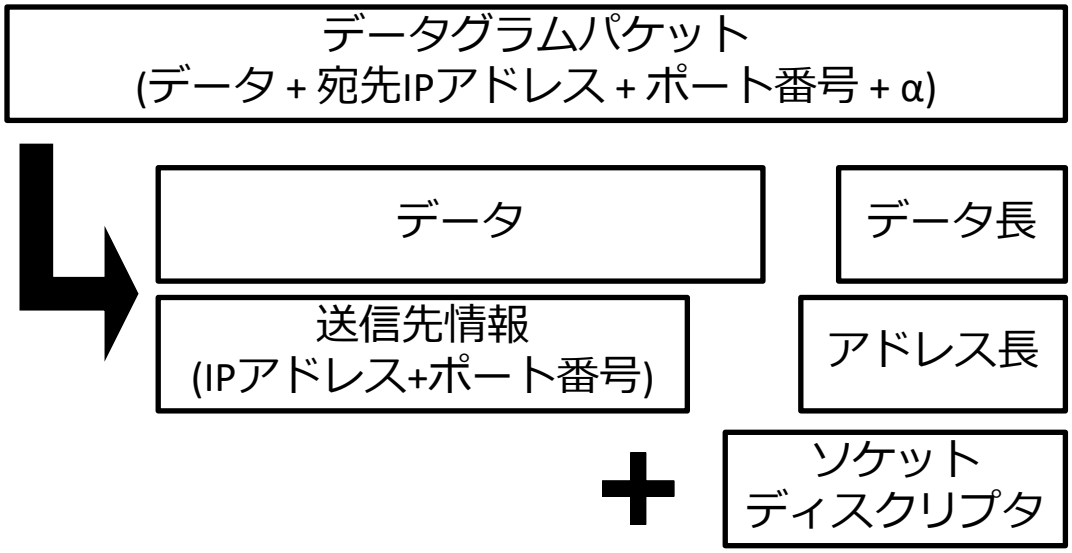
- JavaソケットAPIでデータを送信

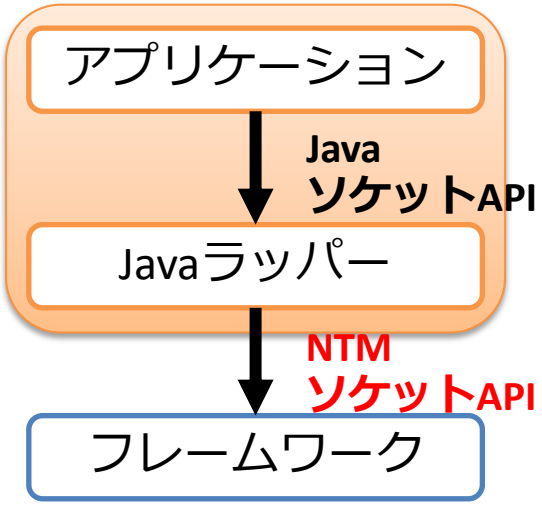
Javaラッパー

- 送信するデータの型変換等をする
- NTMソケットAPIをマッピングする
- NTMソケットAPIでデータを送信

フレームワーク

- **仮想IPアドレスを用いてパケットを生成**
- **パケットの暗号化やMACを付与**
- **BSDソケットAPIで送信**

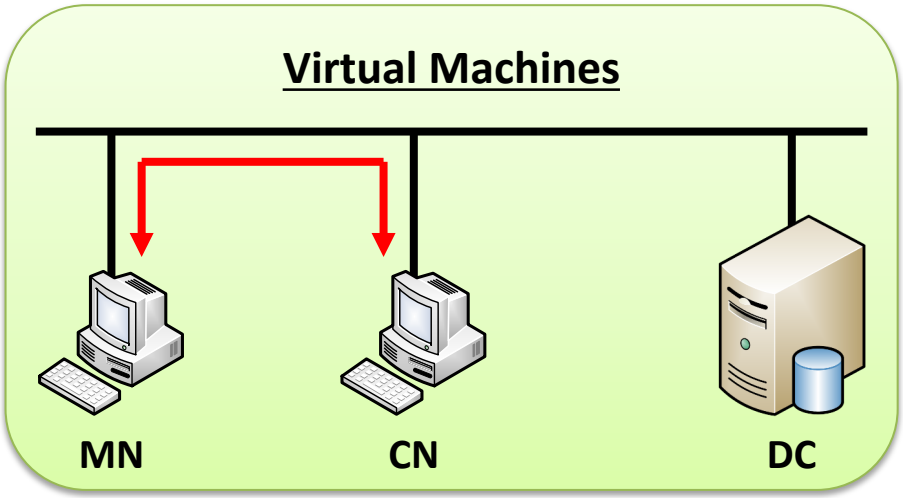




動作検証

装置の仕様

- 全ての装置を1台のホストマシン上に仮想マシンで構築

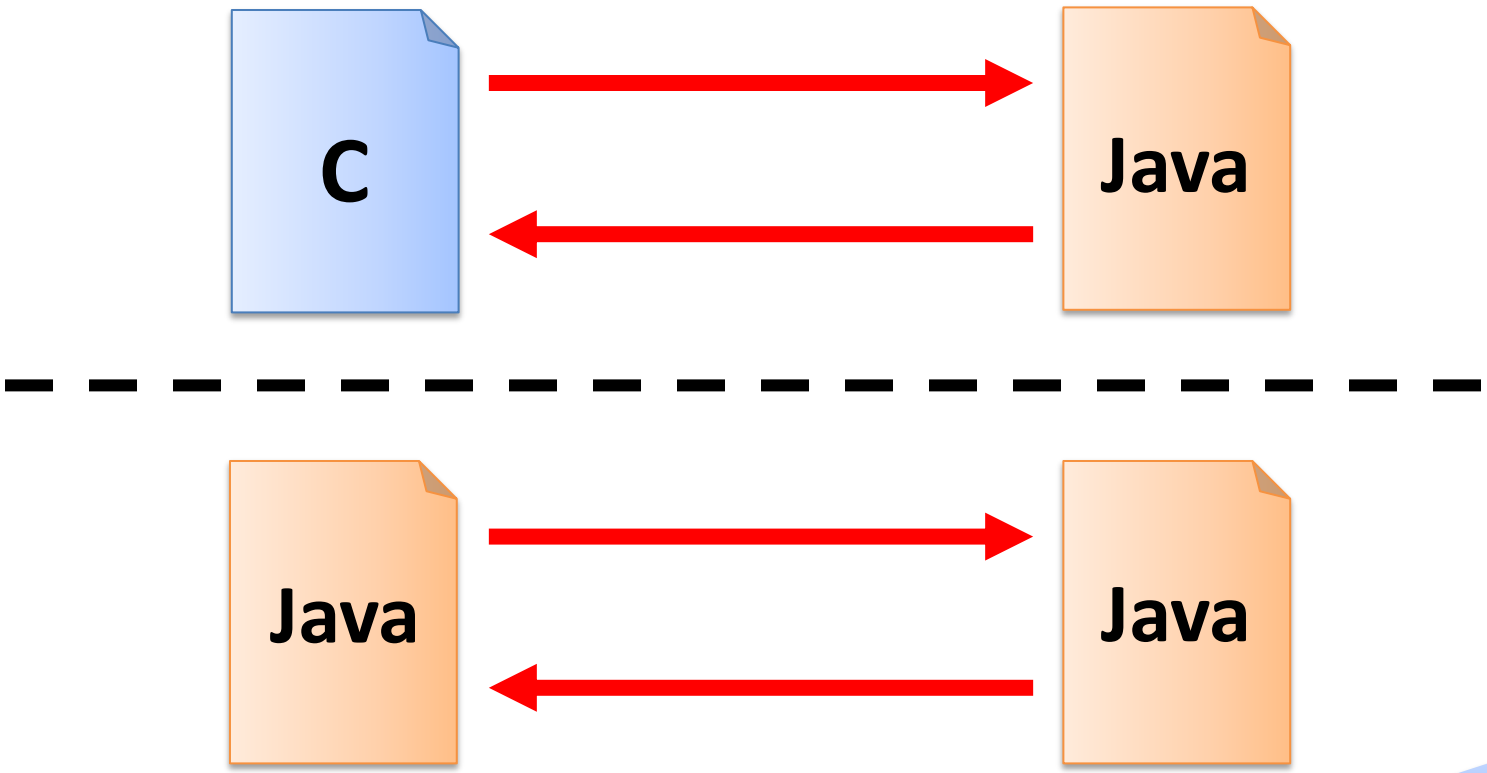


ホストマシン	
OS	Windows 10 64bit
CPU	Intel Core i7-4770 3.40GHz
Memory	8.00GB

仮想マシン	MN / CN	DC
OS	Ubuntu 14.04 32bit	Ubuntu 12.04 32bit
Kernel Version	3.13.0-24-generic	3.2.0-101-generic-pae
CPU割り当て	各1Core	1Core
Memory割り当て	各2.00GB	1.00GB

動作検証

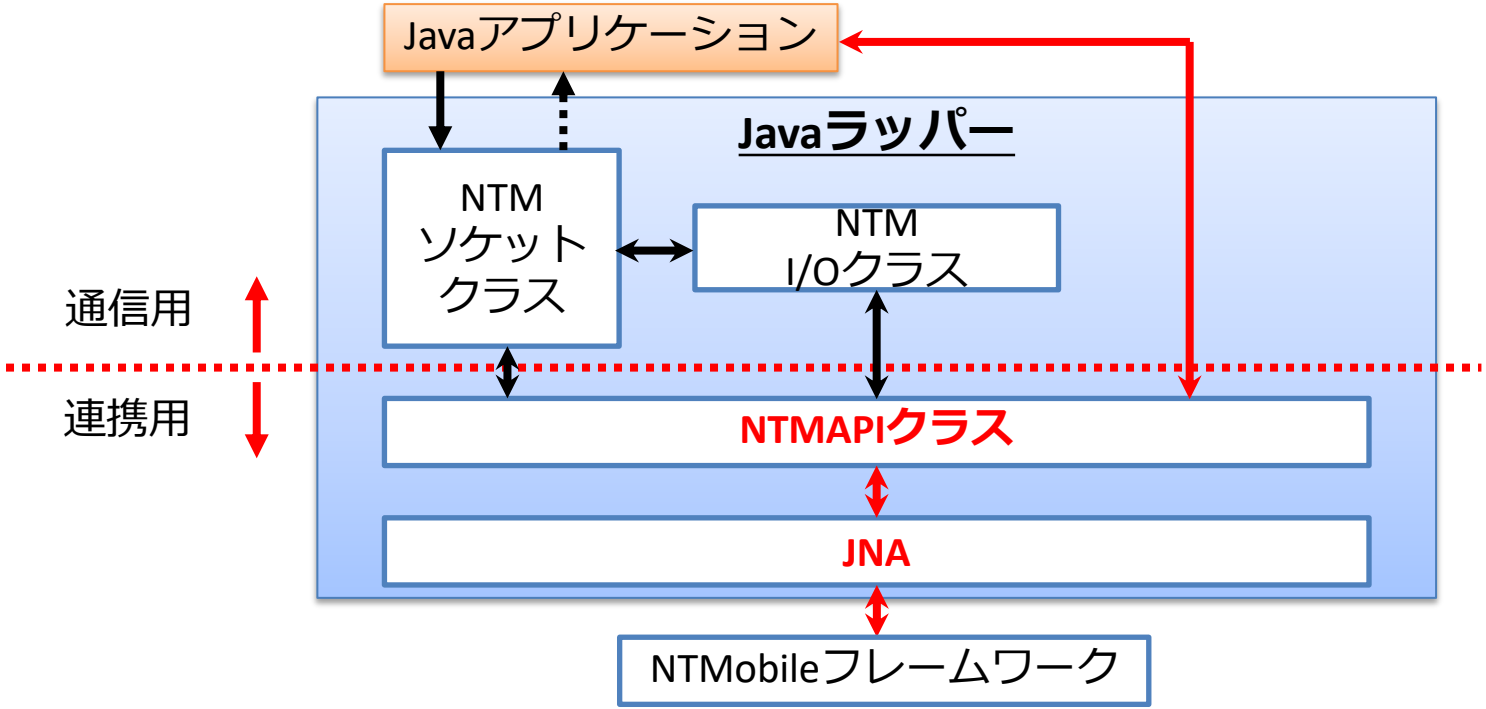
- NTMソケットAPIを使用し，UDPによる任意のメッセージを送受信するアプリケーションをC言語とJavaで作成
- C言語/JavaとJava/Javaの2通りで動作を検証
  - 2通りでUDP送受信の成功を確認



性能測定

- UDP通信時の処理時間を計測
  - 100回の平均を計算

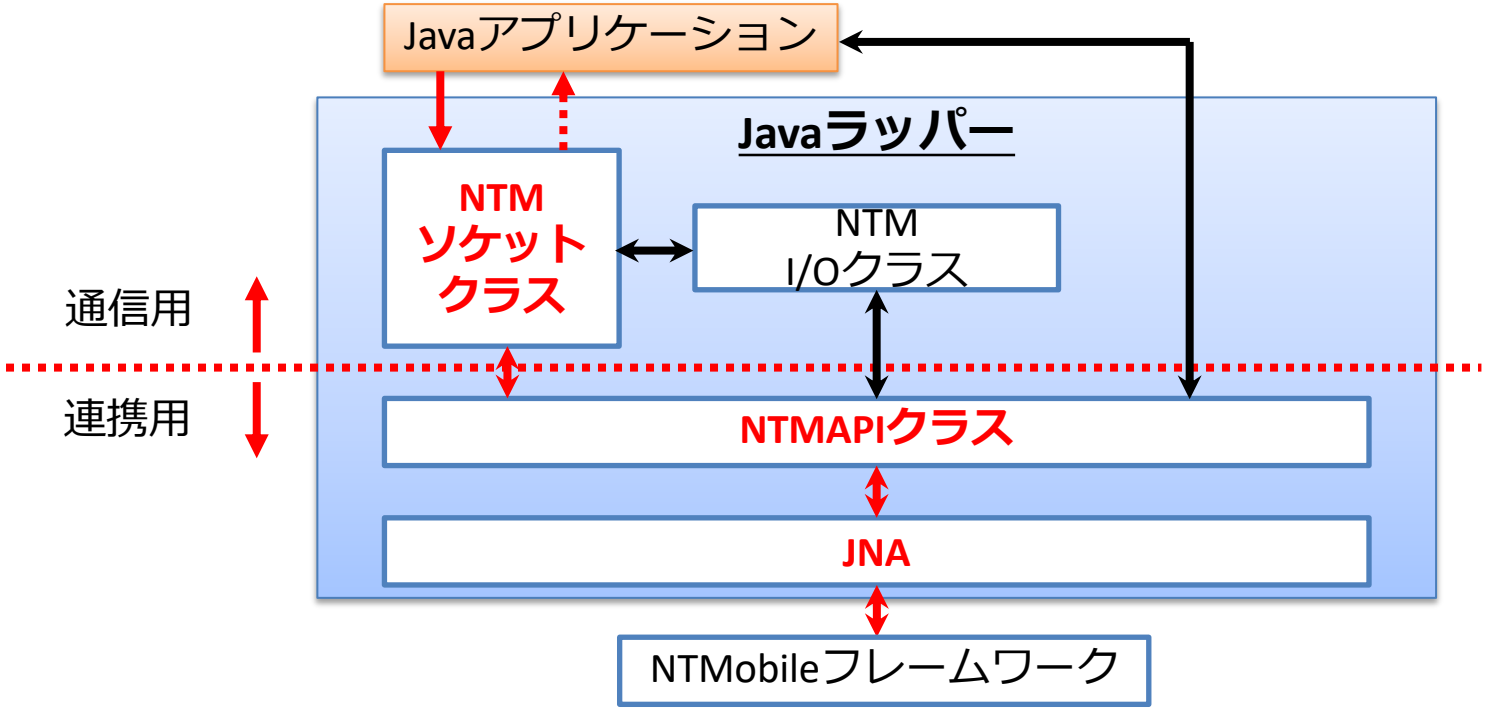
計測箇所	送信API[ms]	受信API[ms]
連携用 経由時	**1.222**	**1.330**
通信用 経由時	1.277	1.363
差 (通信用ー連携用)	0.055	0.033



性能測定

- UDP通信時の処理時間を計測
  - 100回の平均を計算

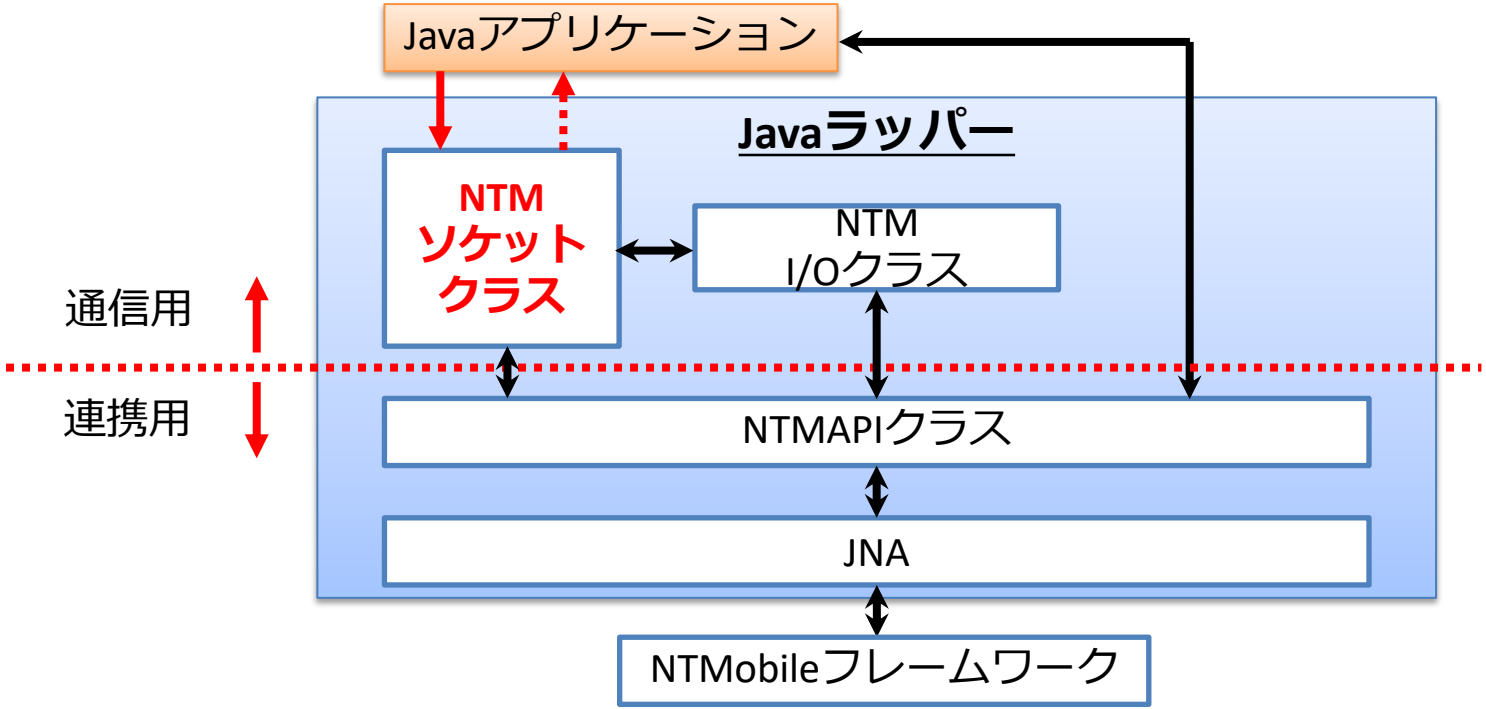
計測箇所	送信API[ms]	受信API[ms]
連携用 経由時	1.222	1.330
通信用 経由時	**1.277**	**1.363**
差 (通信用ー連携用)	0.055	0.033



性能測定

- UDP通信時の処理時間を計測
  - 100回の平均を計算

計測箇所	送信API[ms]	受信API[ms]
連携用 経由時	1.222	1.330
通信用 経由時	1.277	1.363
差 (通信用ー連携用)	**0.055**	**0.033**



まとめ

- 言語の違いを意識しないC言語通信ライブラリ用のラッパー
  - 通信機能を呼び出し元の使用方法に合わせる
- Javaで実装
  - 動作確認
  - 処理時間を計測
    - 2種類のラッパーで処理時間に差はほとんどない
- 今後
  - ラッパー生成の自動化に関する検討