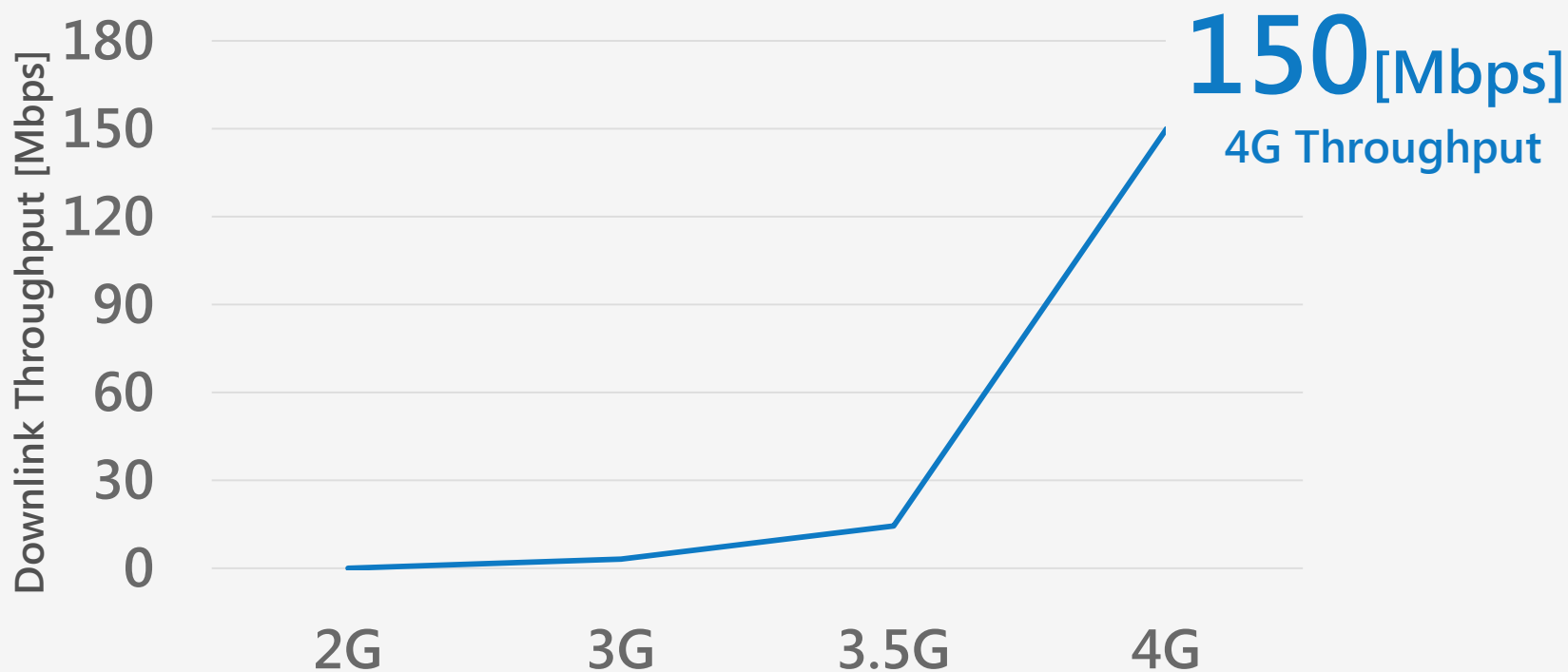


イベント時のコンテンツの アクセス局所性を考慮した 無線メッシュ網の Webキャッシュ置換方式

芝浦工業大学工学部通信工学科
移動通信ネットワーク研究室
磯崎 隆徳, 森野 博章

研究背景

セルラーダウンロード速度比較



モバイルトラフィックが増大

研究背景

大規模イベント時のトラフィック対策

- 移動基地局
- 人間(気球)Wi-Fi



様々な手法でイベント対策が行われている

研究背景

大規模イベント時のトラフィック対策

- イベント会場では同じようなコンテンツがダウンロードされているのでは？



CEATEC JAPAN



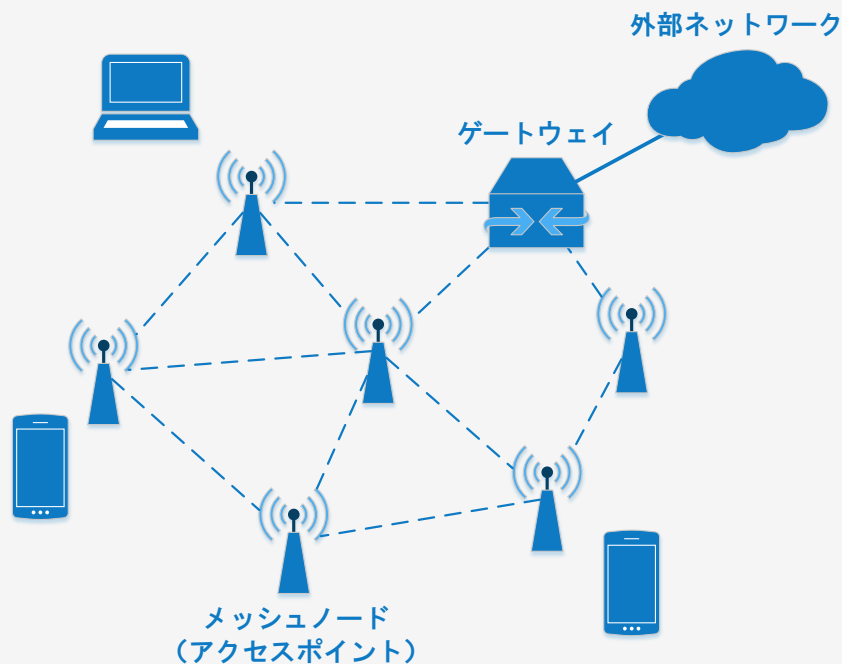
展示の詳細情報

コンテンツキャッシュによる局所化が有効

無線メッシュネットワーク

- アクセスポイント(AP)間で自律的に構成されるため設置が容易
- 高度なルーティングが可能

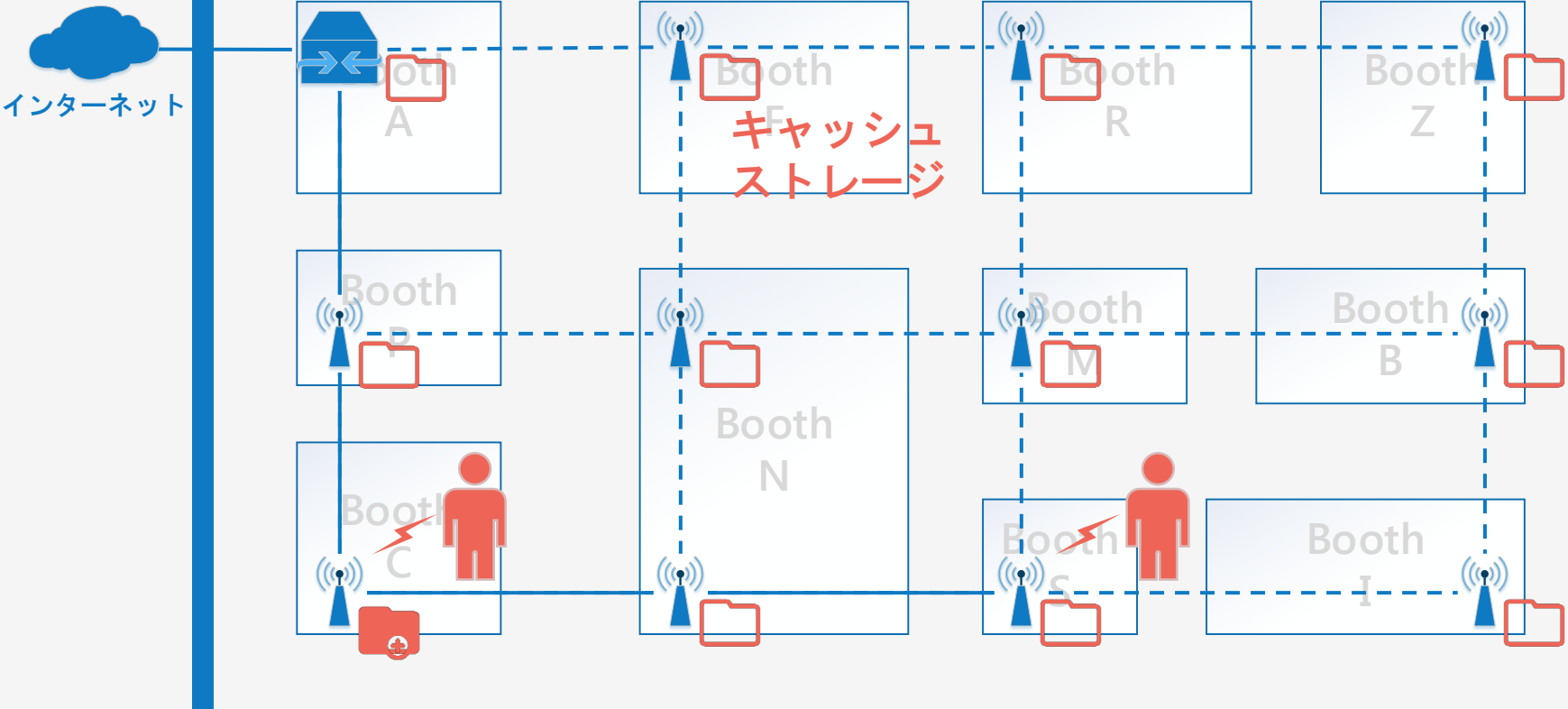
各アクセスポイントにキャッシュ容量を持たせることでトラフィック局所化が可能



本研究の想定環境

メッシュノード(MN)
キャッシュ可能な
無料のアクセスポイント

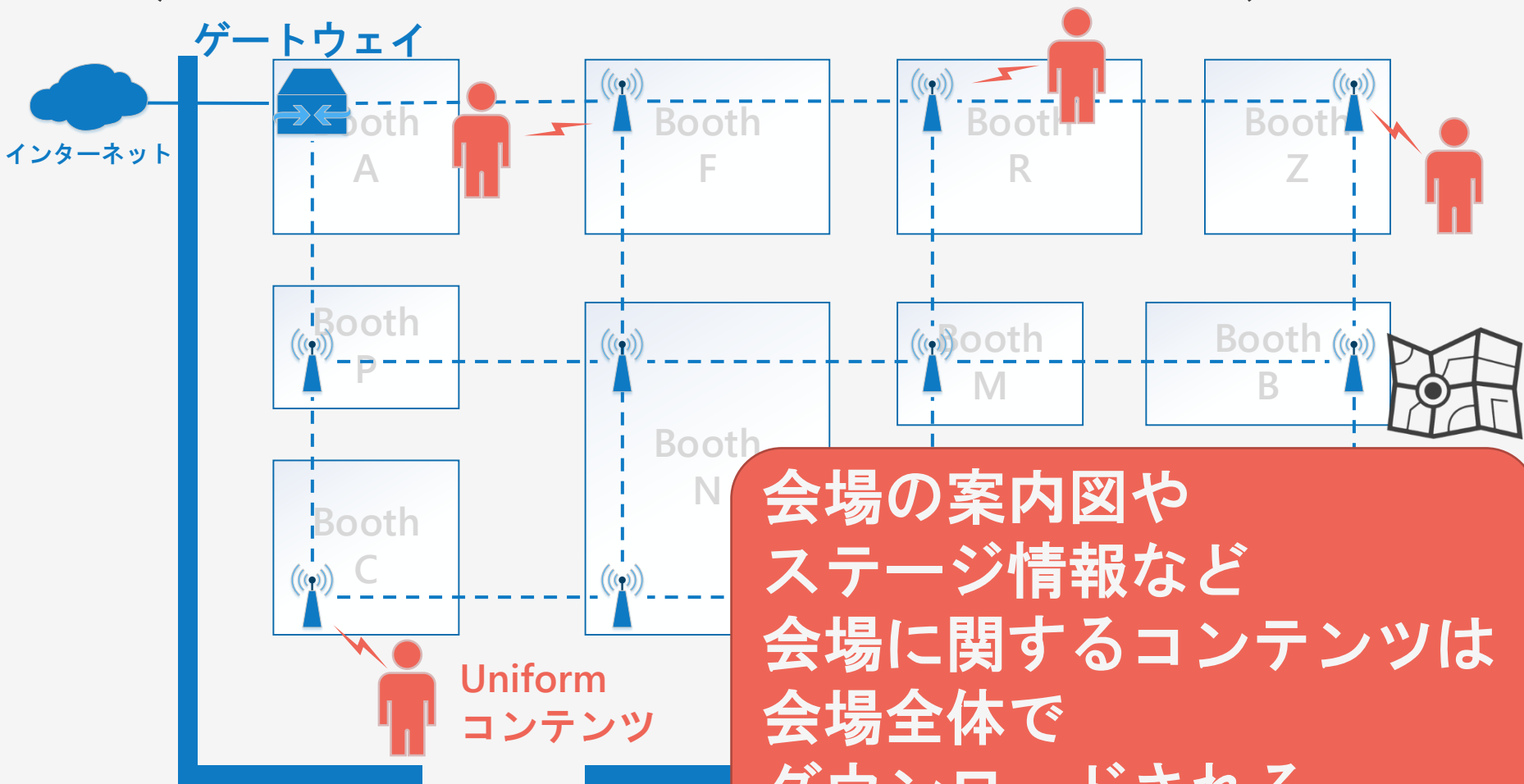
ゲートウェイ



全APにキャッシュできる無線メッシュ網

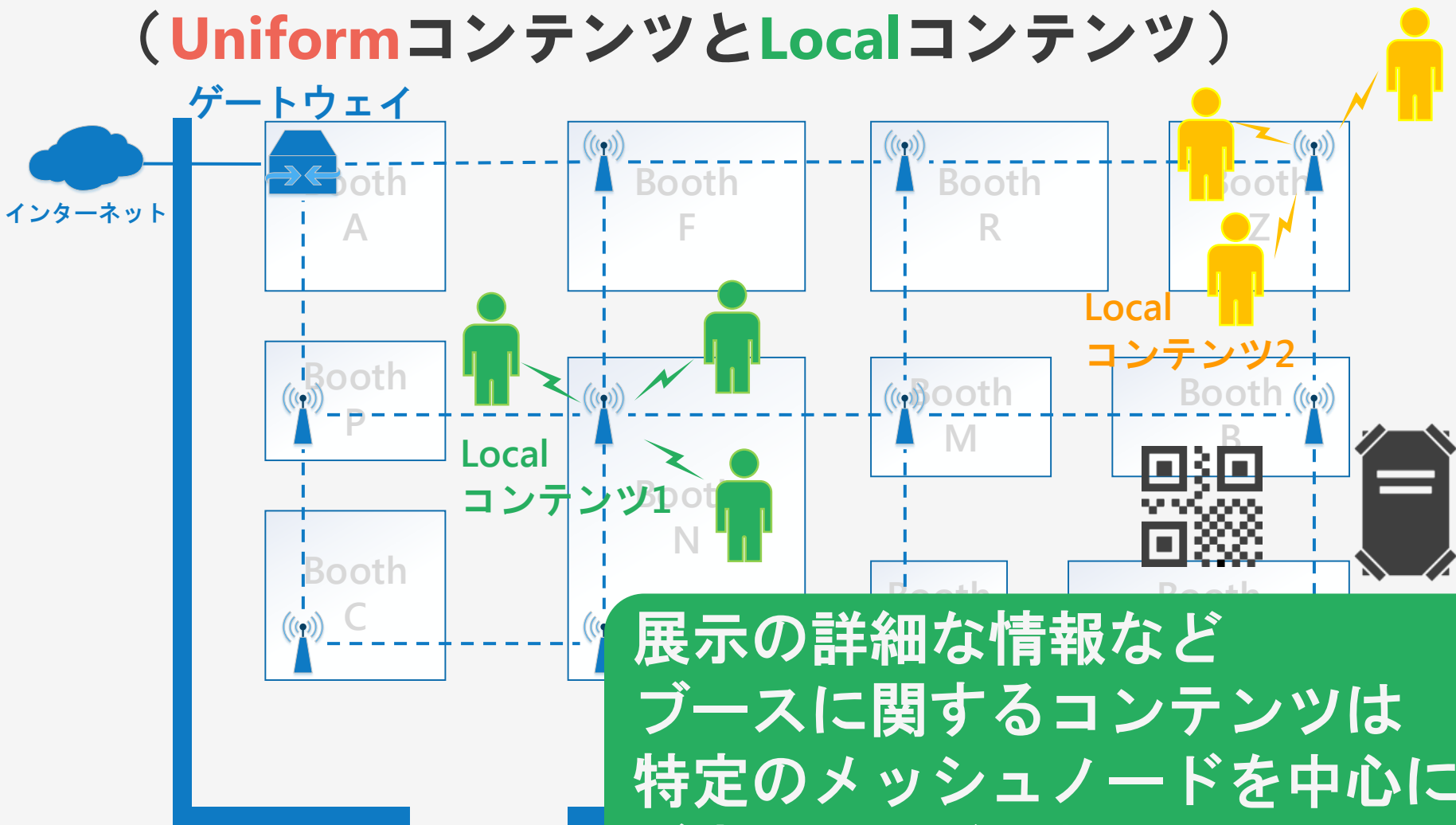
想定するコンテンツの特性

(UniformコンテンツとLocalコンテンツ)



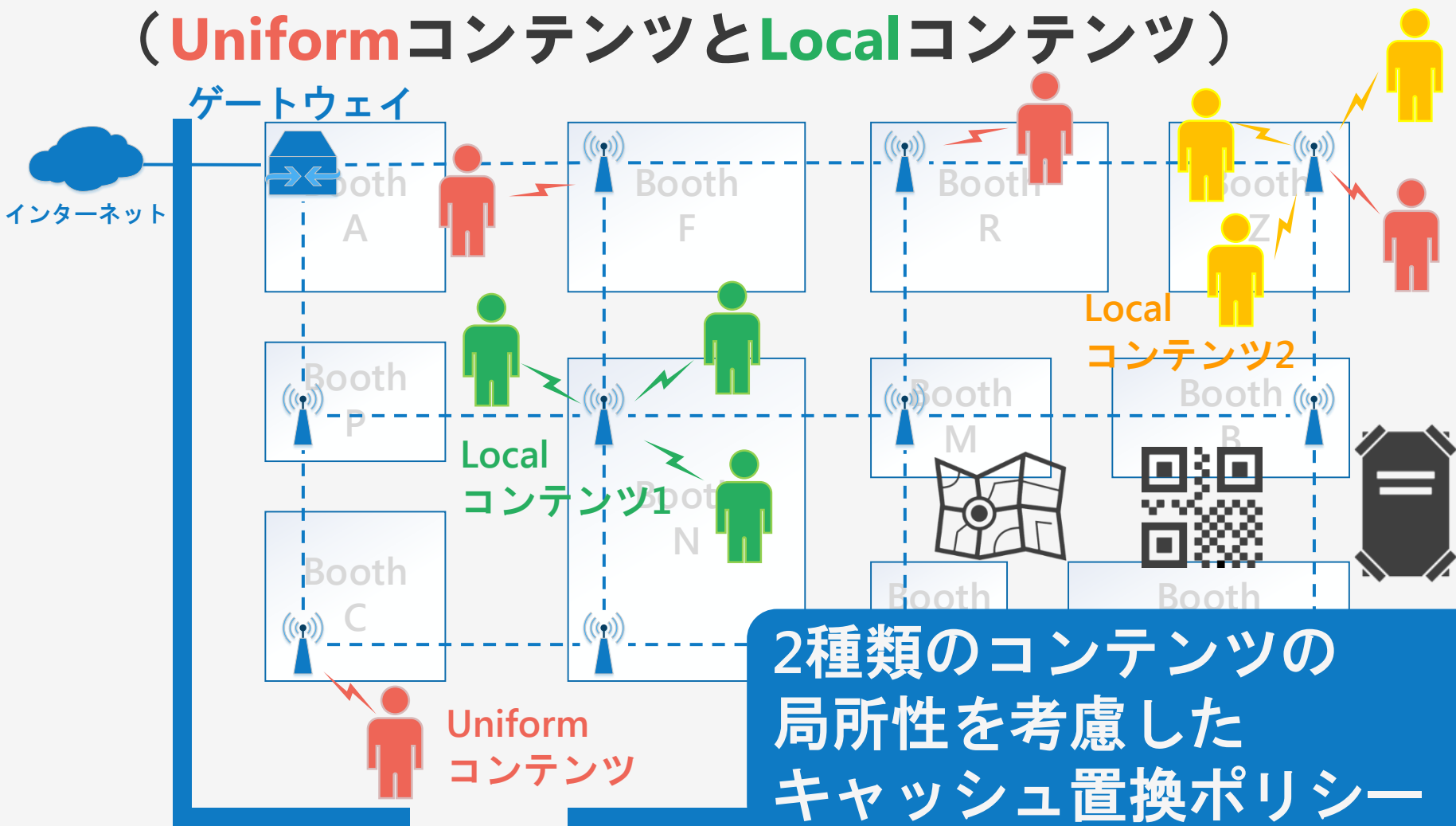
想定するコンテンツの特性

(UniformコンテンツとLocalコンテンツ)



想定するコンテンツの特性

(UniformコンテンツとLocalコンテンツ)



キャッシュ置換ポリシー

キャッシュ容量が最大を超えたときに
どのような順序で削除していくかのポリシー

既存のポリシー	削除の基準とするキー
LRU (Least Recently Used)	最終アクセス時刻
LFU (Least Frequently Used)	アクセス頻度
LFUDA (LFU Dynamic Aging)	アクセス頻度 +最後に置換されたキー

キャッシュ置換ポリシー

キャッシュ容量が最大を超えたときに
どのような順序で削除していくかのポリシー

既存のポリシー	有効なケース
LRU (Least Recently Used)	連続のアクセスが多い
LFU (Least Frequently Used)	全体で頻度の偏りがある
LFUDA (LFU Dynamic Aging)	頻度の偏りがある 時間的に変化する

キャッシュ置換ポリシー

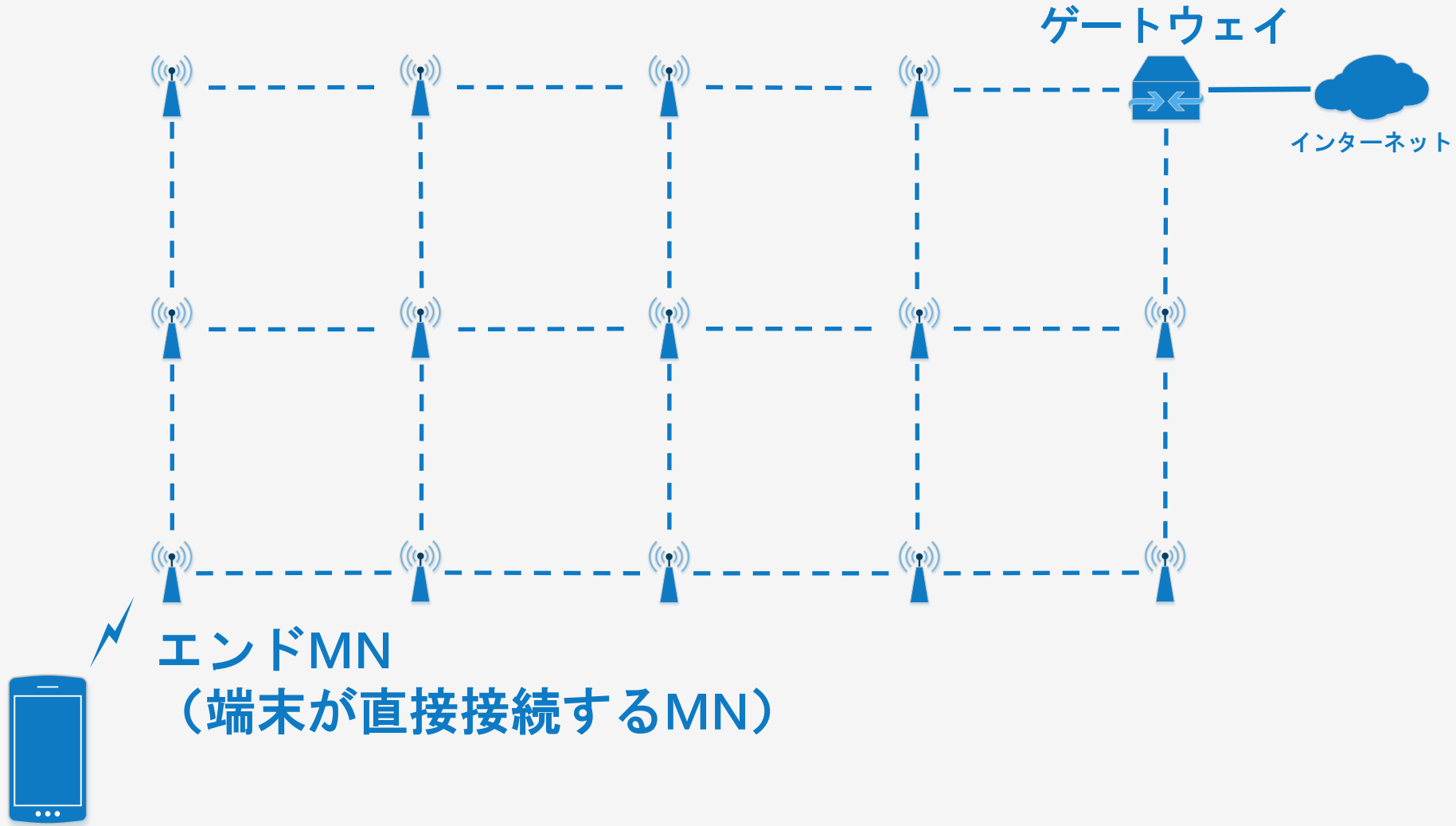
既存のポリシーはユーザ端末の位置に依存する
コンテンツの局所性を考慮されていない

既存のポリシー	有効なケース
LRU (Least Recently Used)	連続のアクセスが多い
LFU (Least Frequently Used)	全体で頻度の偏りがある
LFUDA (LFU Dynamic Aging)	頻度の偏りがある 時間的に変化する

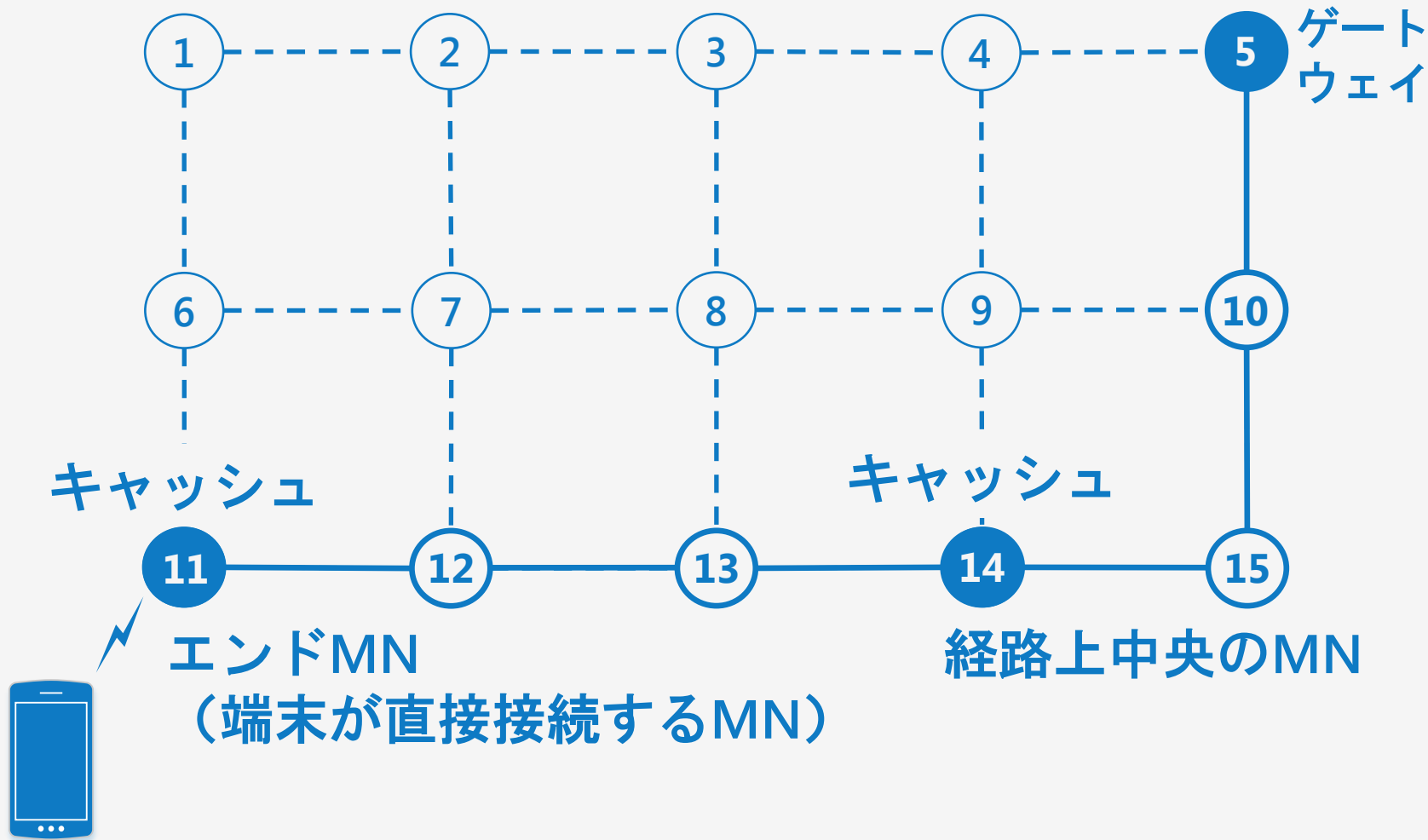
提案方式のコンセプト

- LFUをベースとしたキャッシュ置換ポリシー
- LFUの頻度のカウンタを2種類に分ける
ローカルカウンタと外部アクセスカウンタ
- 提案方式ではメッシュノード（MN）に直接接続されている端末からのリクエストが多いコンテンツ（Localコンテンツ）を重視してトラフィックの局所化を目指す

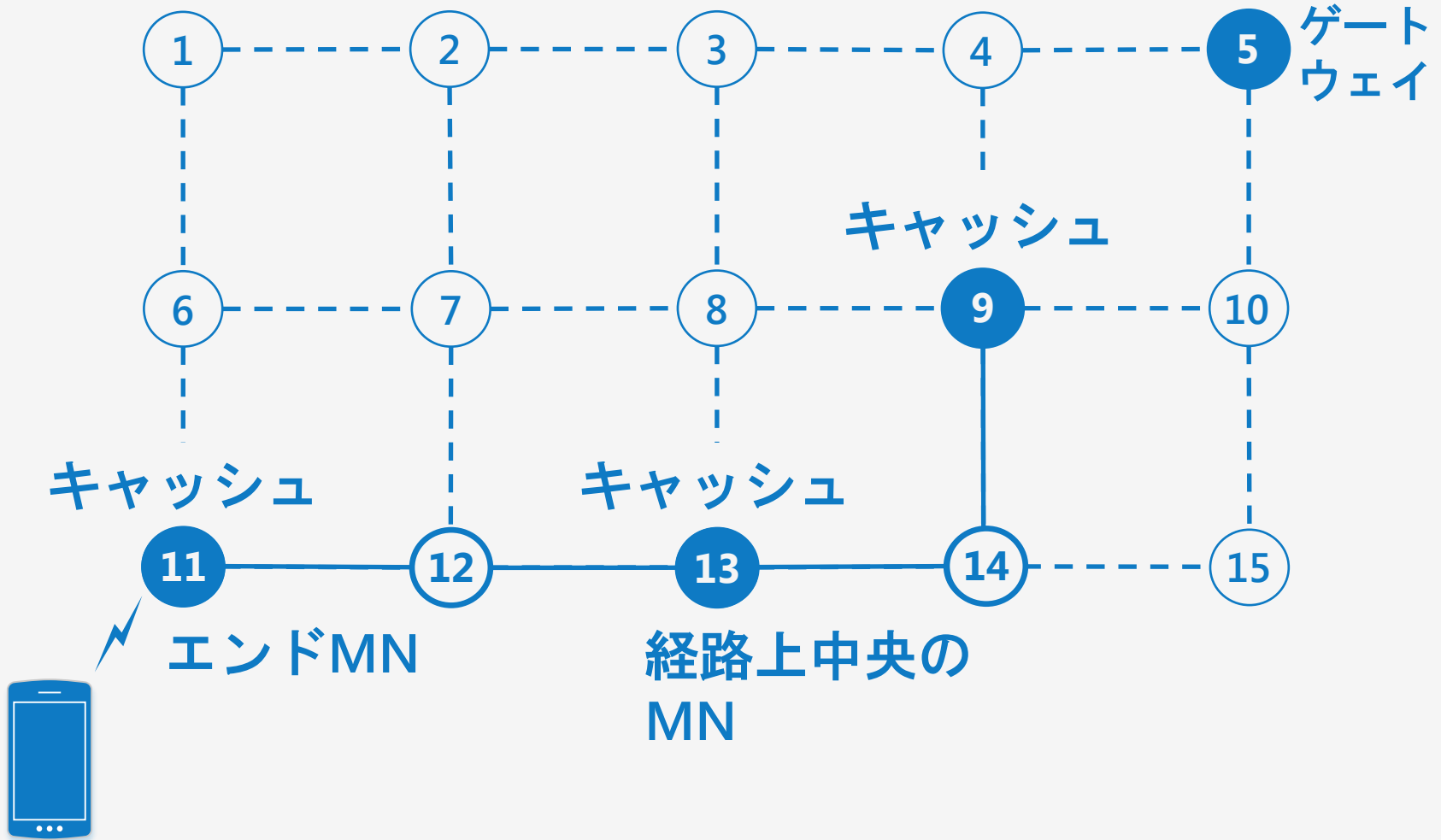
前提



キャッシュへのコンテンツの格納 (ゲートウェイ経由でダウンロード)

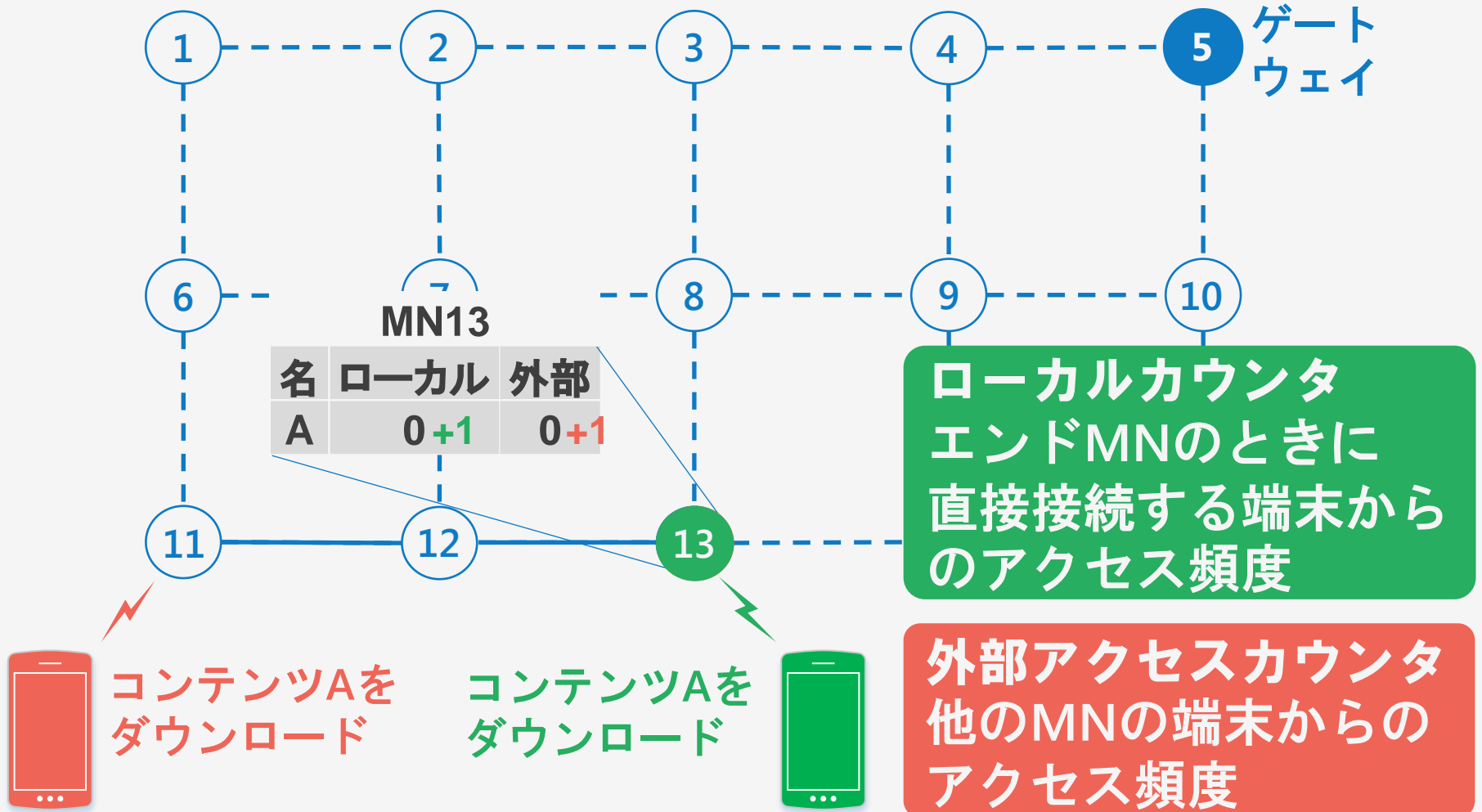


キャッシュへのコンテンツの格納 (キャッシュからダウンロード)

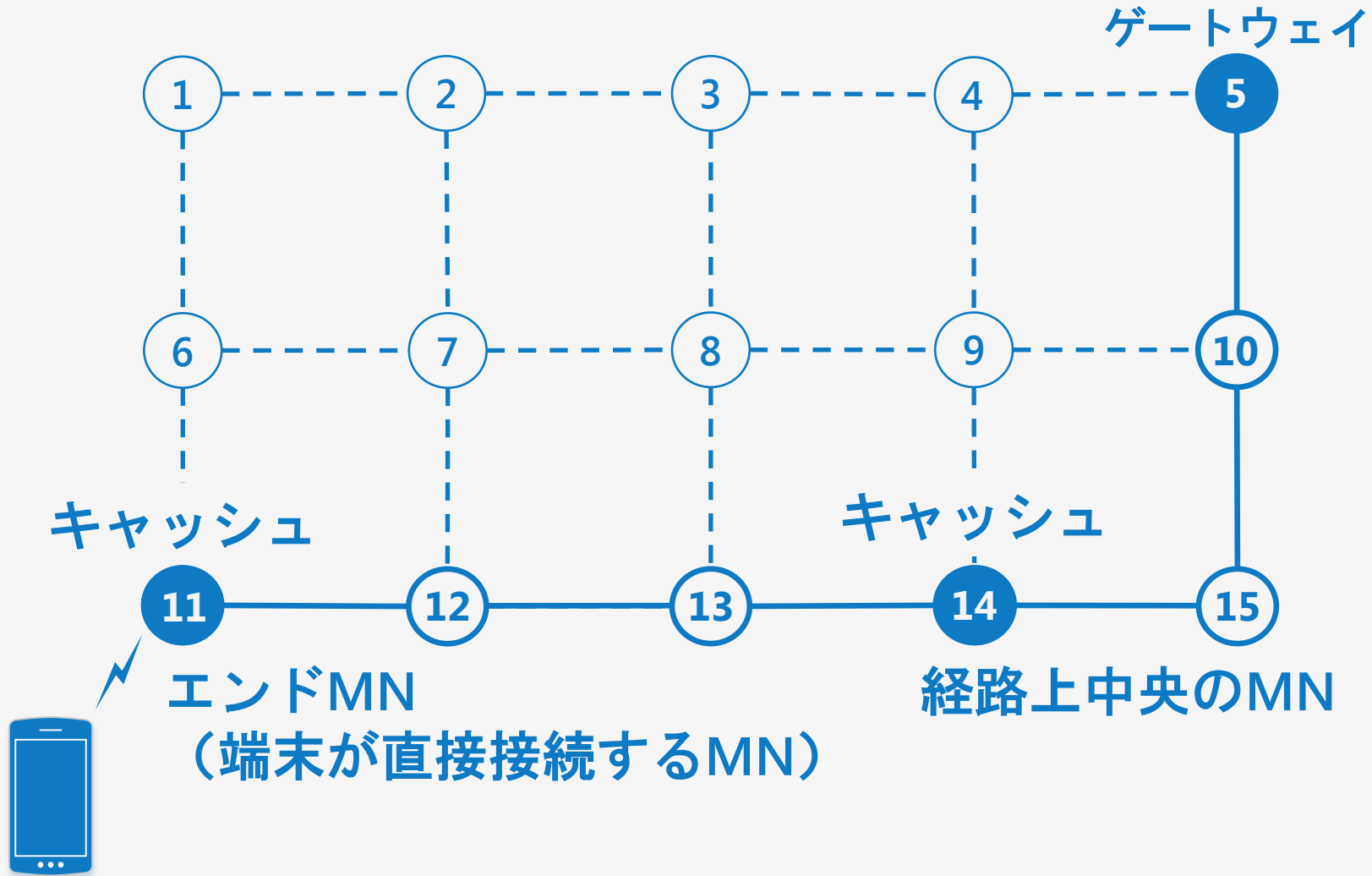


アクセス頻度のカウンタ

ローカルカウンタと外部アクセスカウンタ

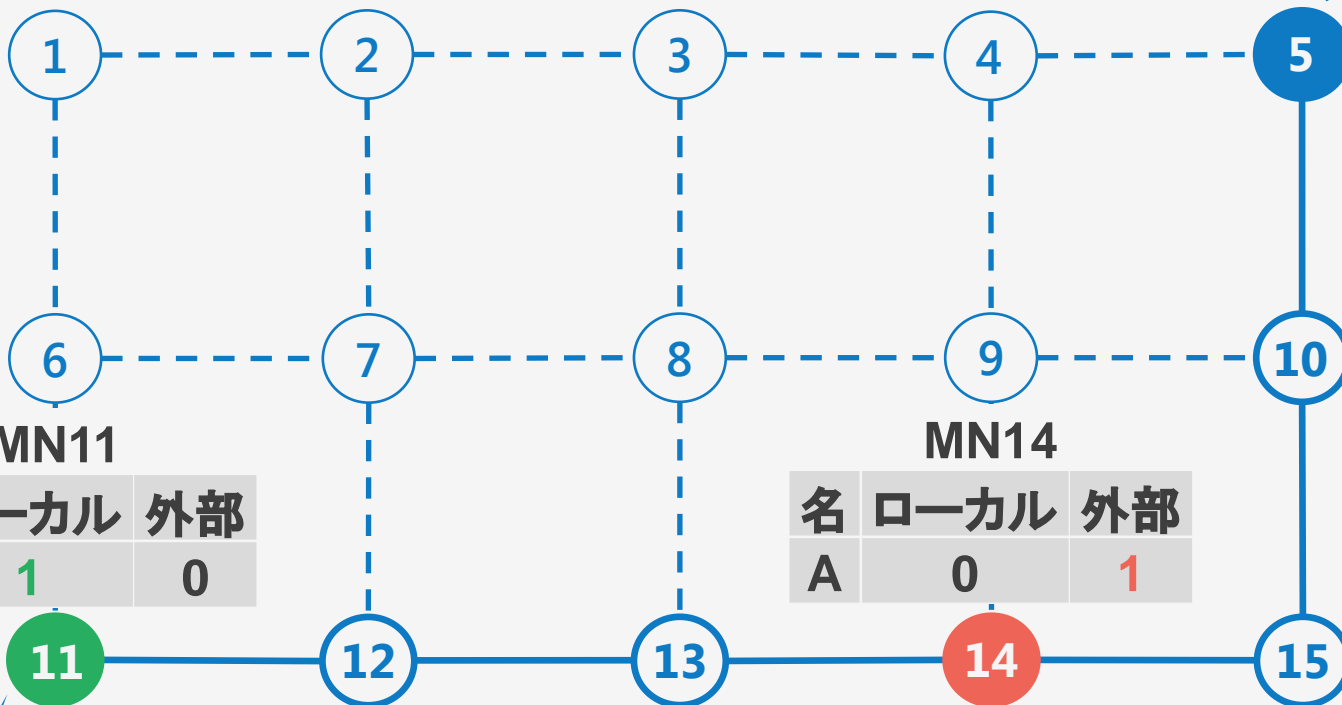


カウンタ初期値設定



カウンタ初期値設定

ゲートウェイ



MN11

名	ローカル	外部
A	1	0

MN14

名	ローカル	外部
A	0	1

コンテンツA



エンドMN

ローカルカウンタ: 1

外部アクセスカウンタ: 0

経路上中央のMN

ローカルカウンタ: 0

外部アクセスカウンタ: 1

キャッシュ置換

外部アクセスカウンタが0でないコンテンツがある場合

新たなコンテンツ
Hの格納要求

名	ローカル	外部
A	24	0
B	16	0
C	12	0
D	9	5
E	5	16
F	2	10
G	1	0

最大
容量
7個



名	ローカル	外部
A	24	0
B	16	0
C	12	0
D	9	5
E	5	16
H	1	0
G	1	0

Fを削除

外部アクセス
カウンタが
0でない
コンテンツの
中でローカル
カウンタが
最小のものを
削除

キャッシュ置換

すべてのコンテンツの外部アクセスカウンタが0の場合

新たなコンテンツ
Hの格納要求

名	ローカル	外部
A	24	0
B	16	0
C	12	0
D	9	0
E	5	0
F	2	0
G	1	0

最大
容量
7個

ローカルカウンタが
最小のものを削除

名	ローカル	外部
A	24	0
B	16	0
C	12	0
D	9	0
E	5	0
F	2	0
H	1	0

Gを削除

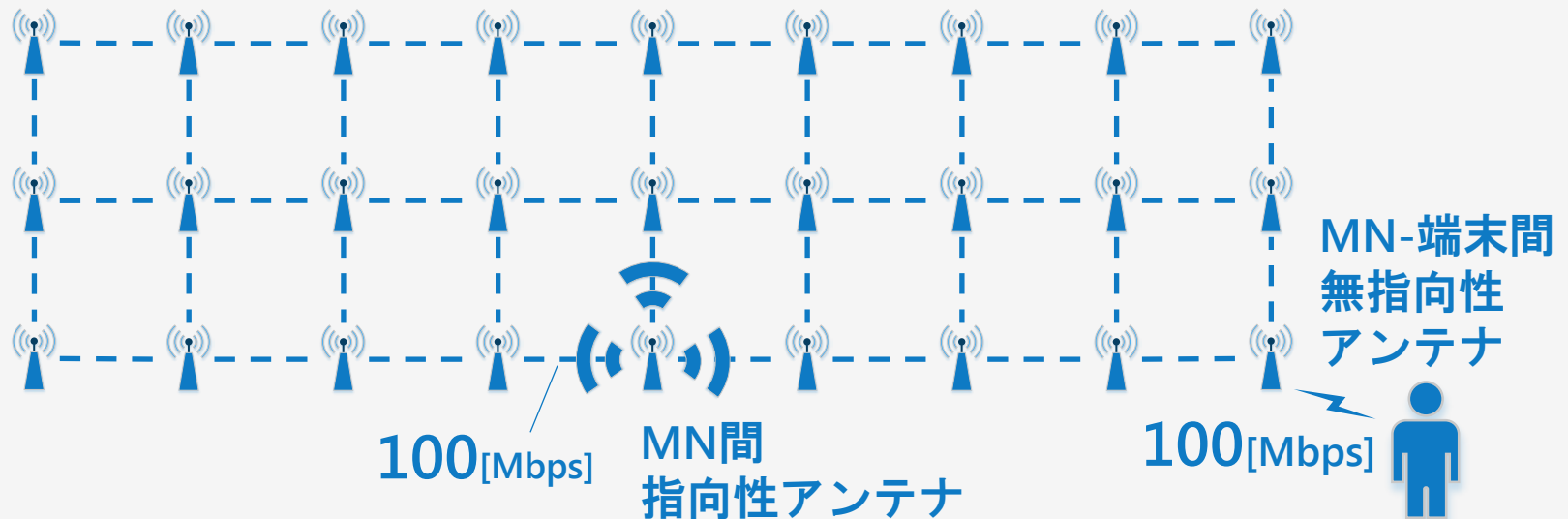
提案方式では
トラフィック
局所化のため
ローカルカウ
ンタを重視

シミュレーションモデル

パラメータ	設定
Uniformコンテンツの種類	10種類
Localコンテンツの種類	270種類
コンテンツサイズ	100[MB]
各MNでキャッシュ可能なコンテンツ数	10個
リクエストの発生間隔	指数分布
コンテンツへのアクセスリクエスト分布	一様分布
リクエスト生成のための乱数の種	5種類
シミュレーション時間	5分
全MN数	27個
MN間の最大通信速度	100[Mbps]
端末-MN間の最大通信速度	100[Mbps]

シミュレーションモデル

- ネットワークモデル (3×9の等間隔の格子状)



- 各試行においてある一台のMNをゲートウェイとする
- 27回の試行においてそれぞれ異なるMNをゲートウェイとして設定

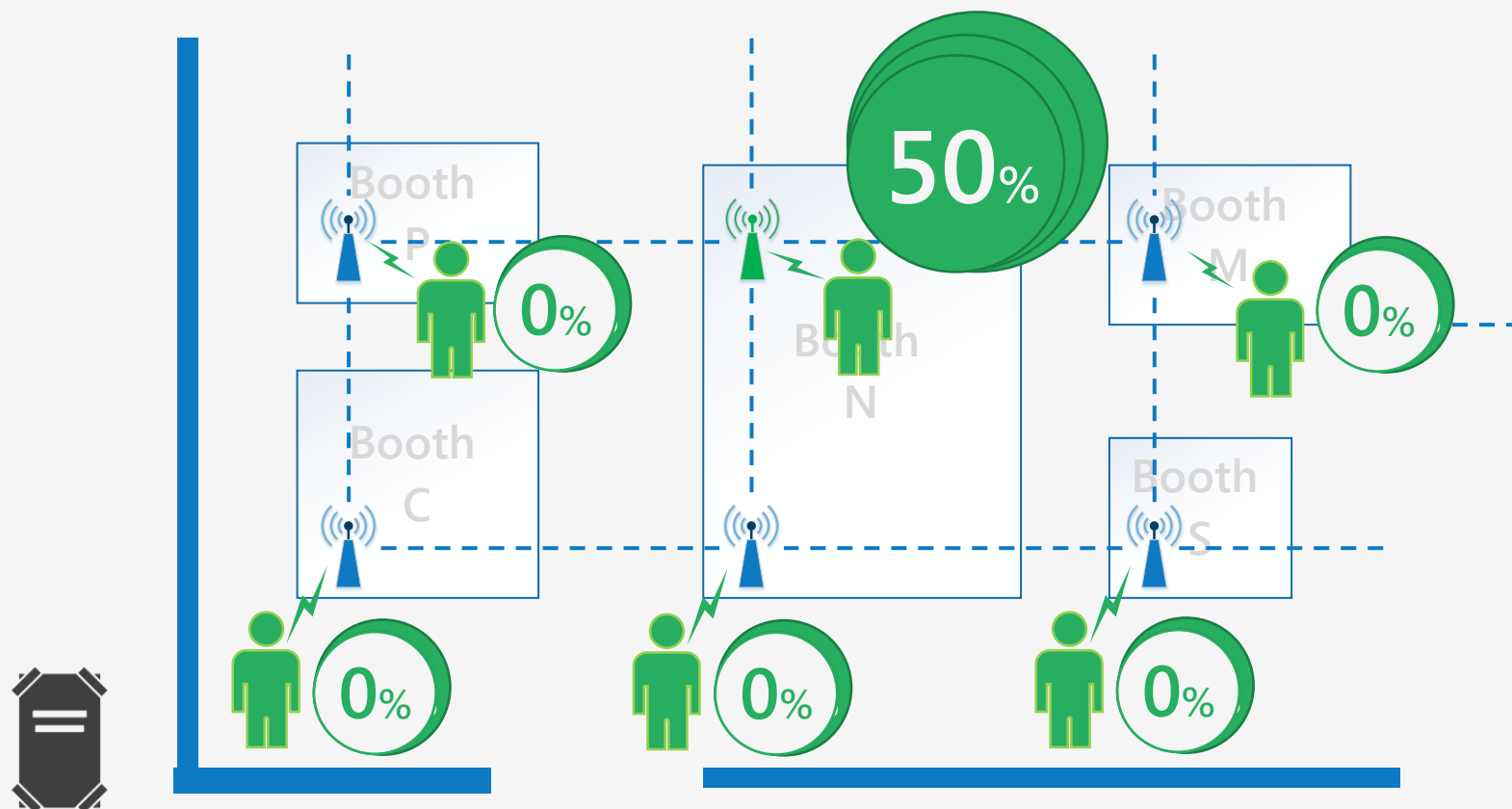
変化させるパラメータ

- **Uniformコンテンツ**のリクエスト発生比率 P_{unif}
(**Localコンテンツ**のリクエスト発生比率)



- **Localコンテンツ**の局所性 P_{local}
100% → 50%

Localコンテンツの局所性



Localコンテンツ
展示の詳細情報など

各MN下の端末からの
リクエスト発生率

評価指標

- ダウンロード完了率

- 低スループットで終了時に完了していないダウンロードの割合を評価する

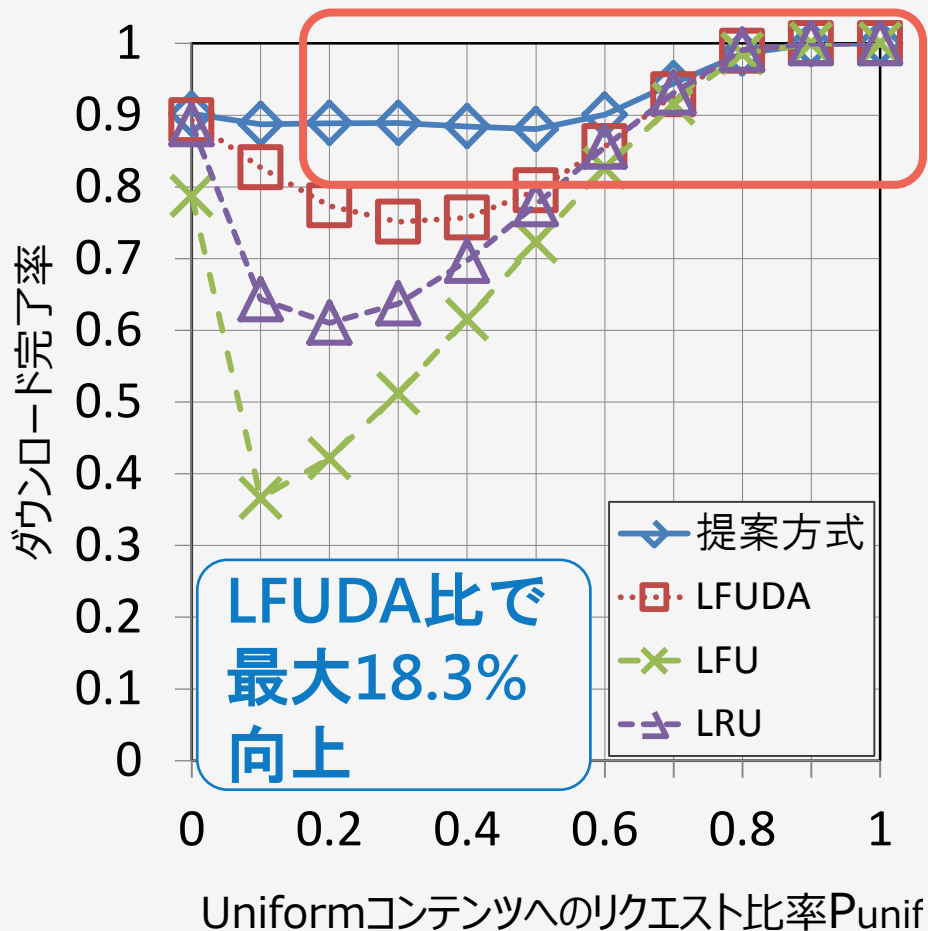
$$\text{ダウンロード完了率} = \frac{\text{ダウンロード終了数}}{\text{総ダウンロード数}}$$

- 同時刻にダウンロードする
複数のコネクション間の公平性を表す

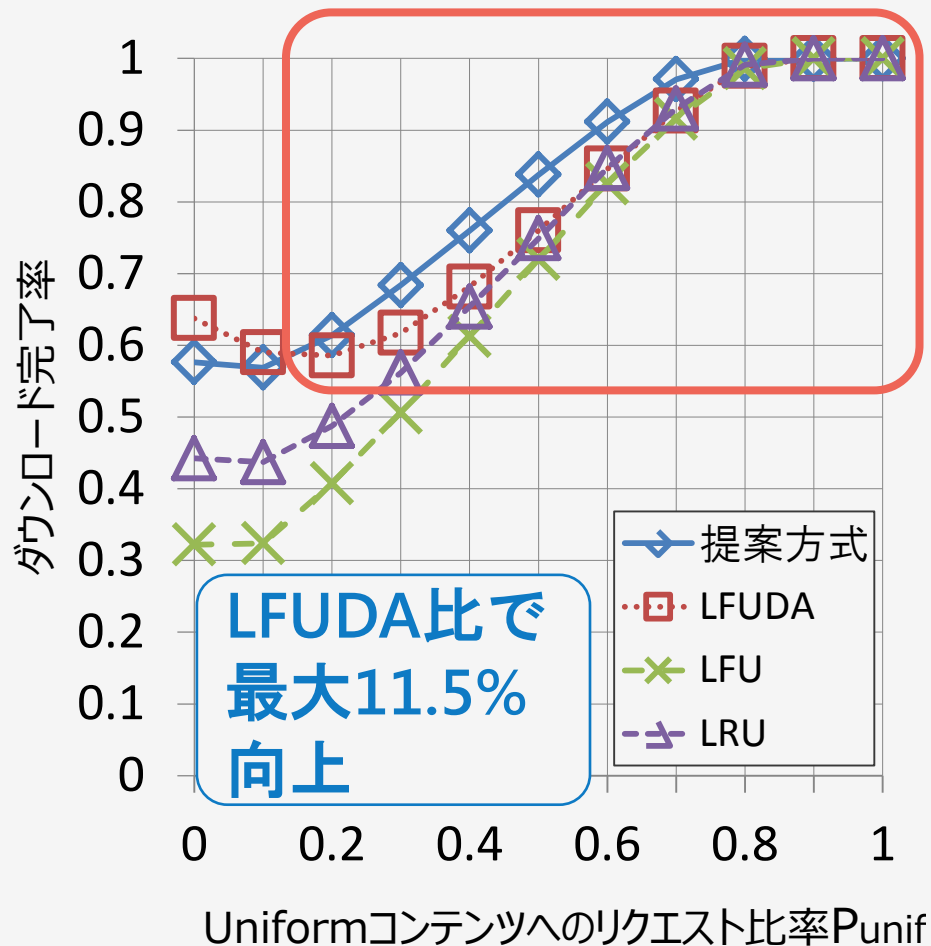
- 平均スループット

終了したダウンロードのみを計算する

結果 | ダウンロード完了率

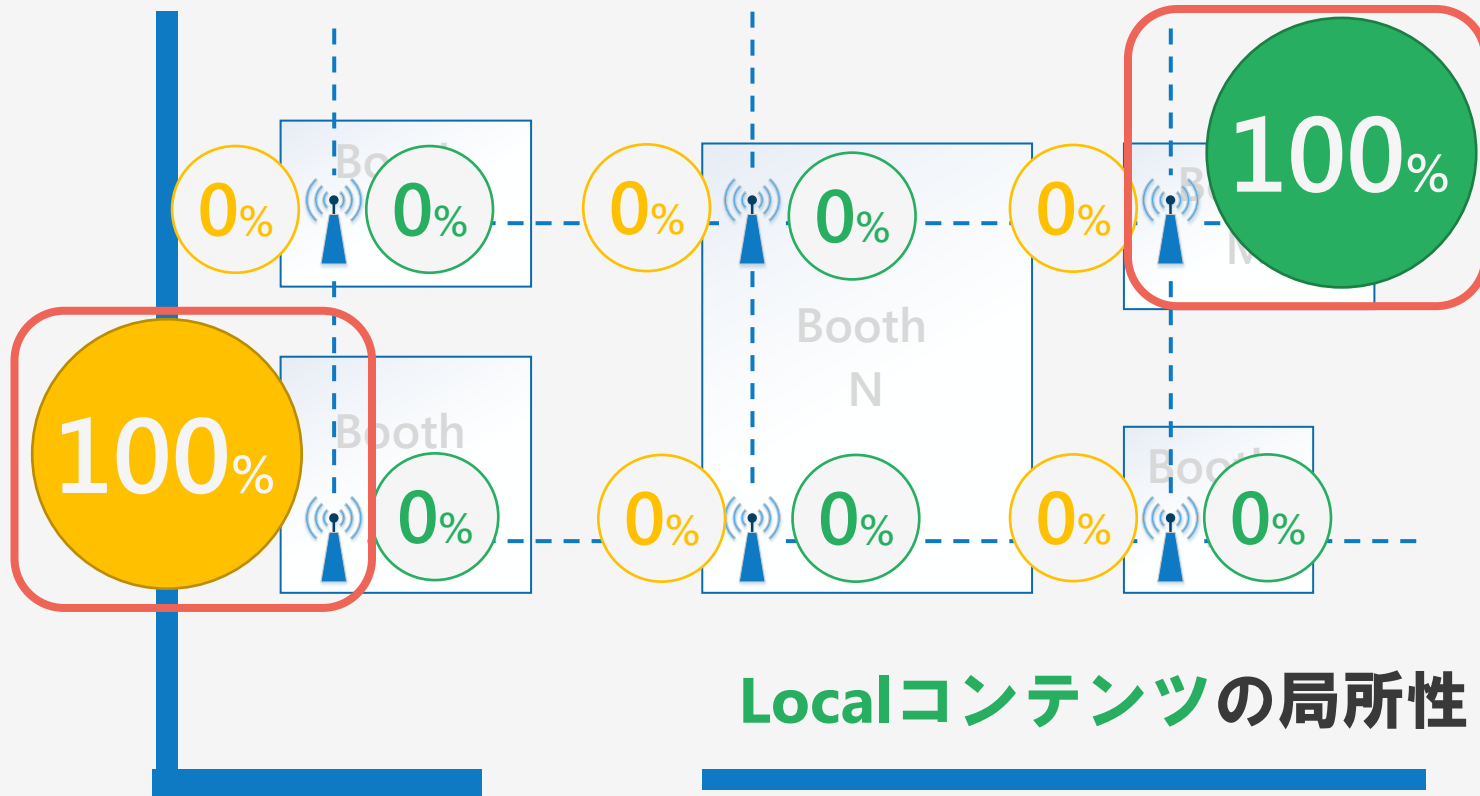


局所性 $P_{local}100\%$



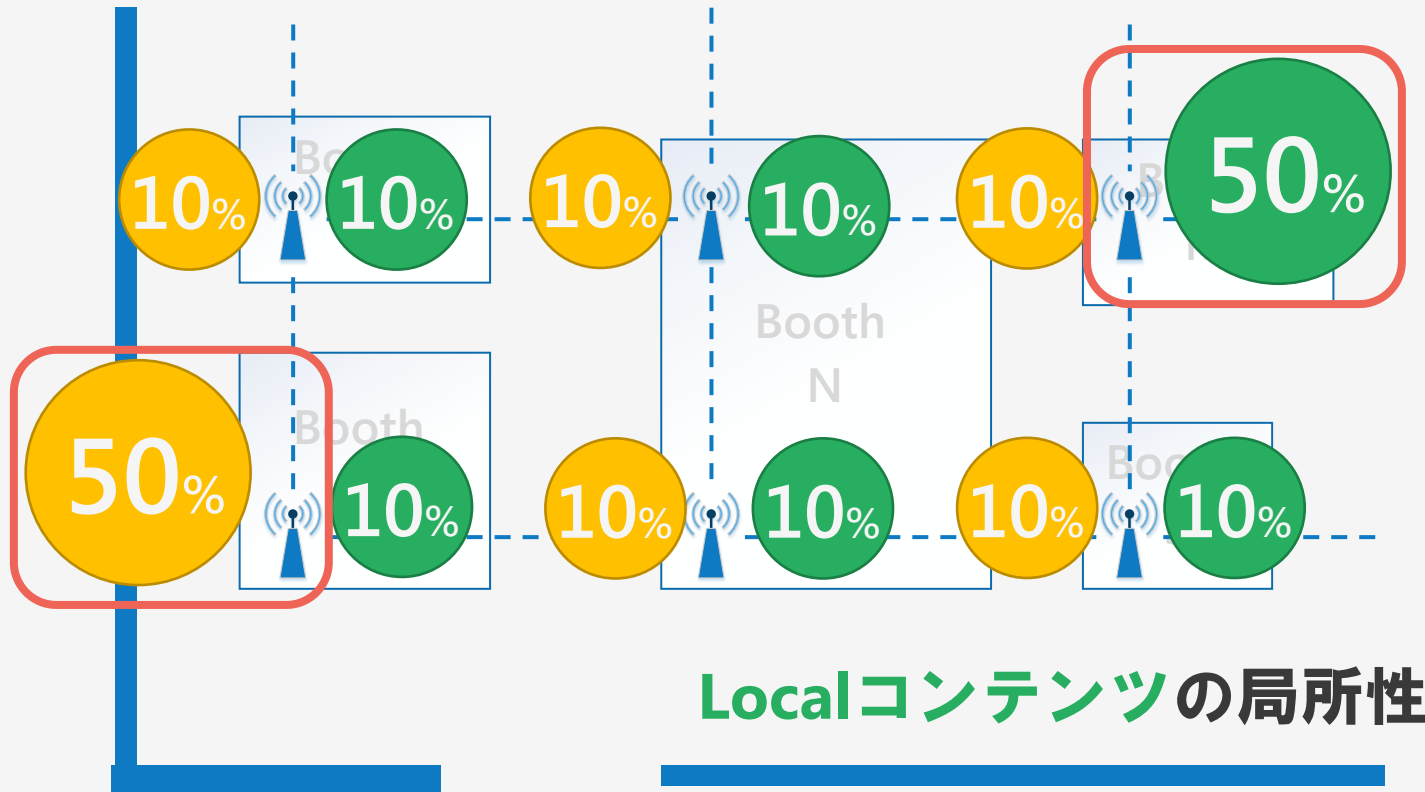
局所性 $P_{local}50\%$

考察 | 局所性が低い場合も 提案方式の完了率が高い



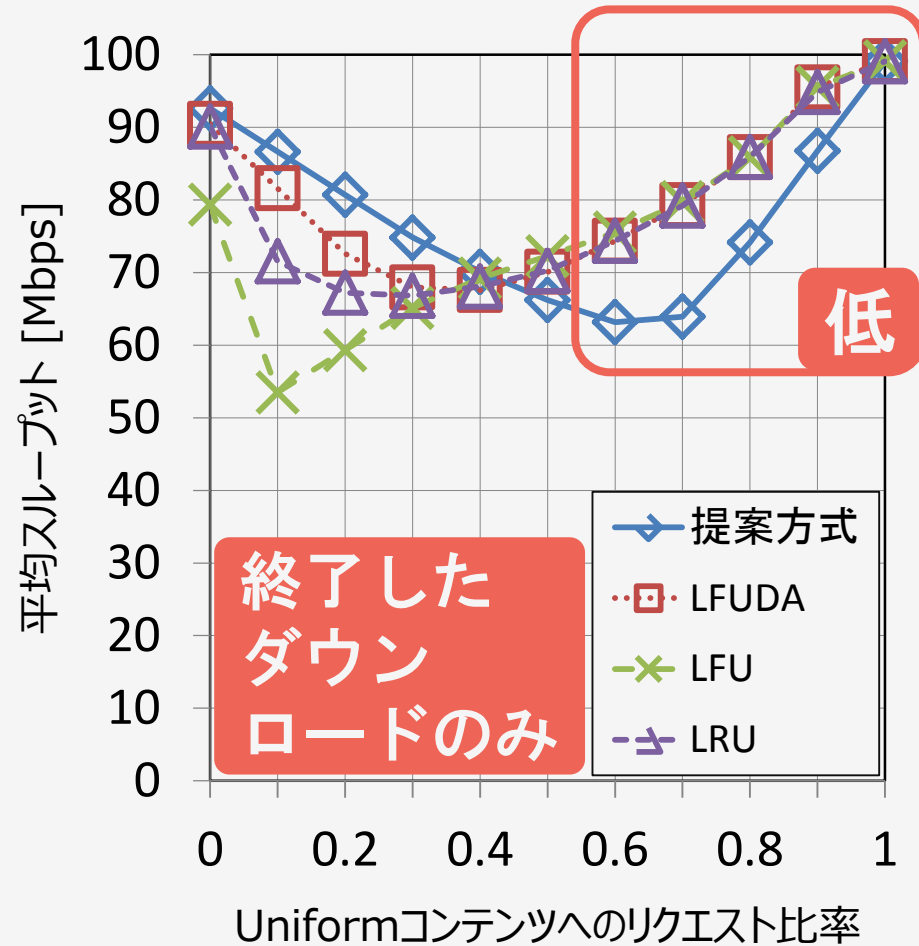
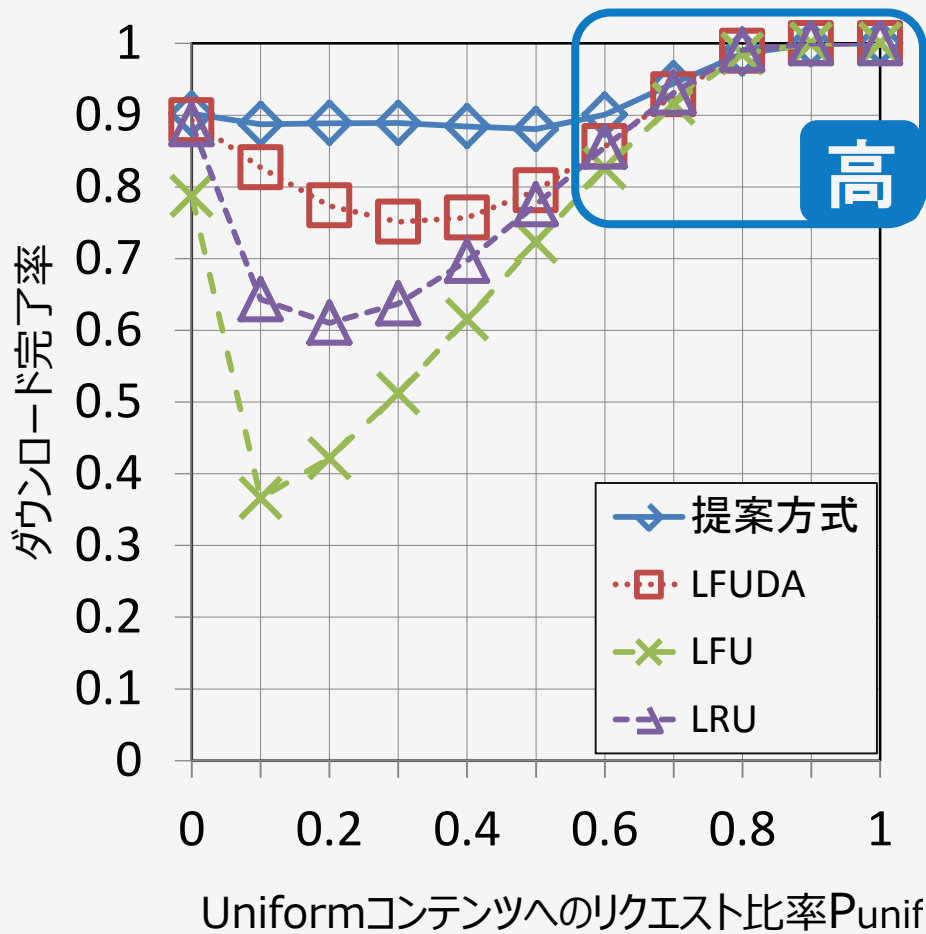
基本的に局所性のあるMNであればよい

考察 | 局所性が低い場合も 提案方式の完了率が高い



今回の設定では端末-MN間とMN-MN間が等速
エンドMNにコンテンツを置くことが重要

結果 | 完了率とスループットの関係

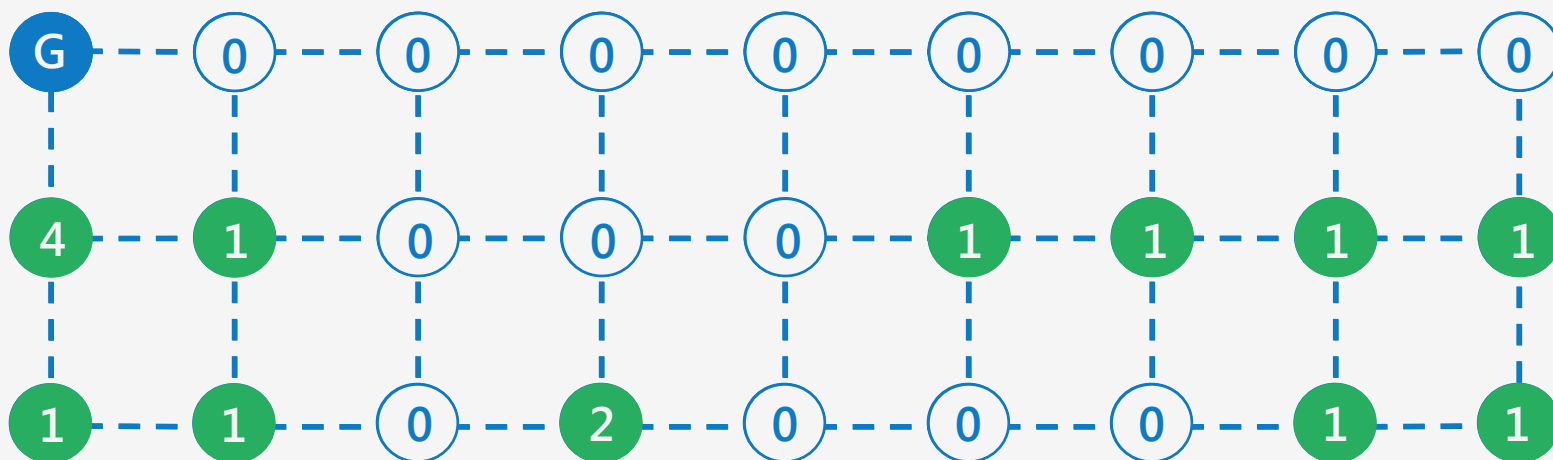


ダウンロード完了率 (再掲)

平均スループット

考察 | 提案方式の完了率が高い

LFUDAで置換した場合の最終的な
キャッシュ内のLocalコンテンツの個数 (Punif=0.5)



それぞれのMN内にLocalコンテンツが少ない

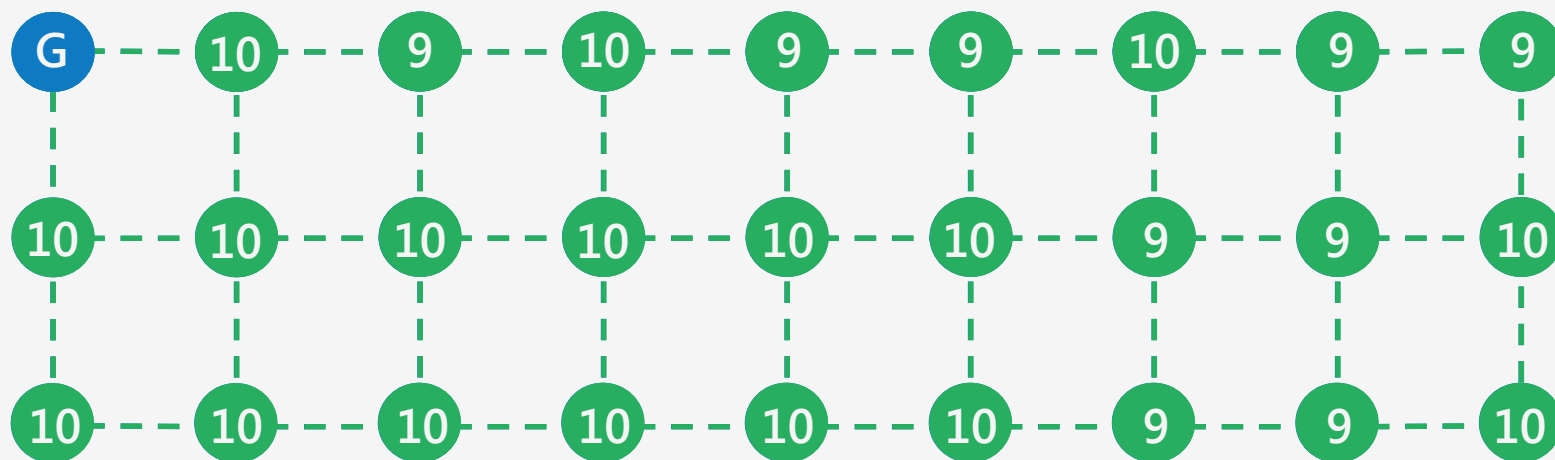
キャッシュ内にはない場合

ゲートウェイから取得する必要がある

ゲートウェイ付近にトラフィックが集中する

考察 | 提案方式の完了率が高い

提案方式で置換した場合の最終的な
キャッシュ内のLocalコンテンツ数 (Punif=0.5)



各MNで10個中9個以上のLocalコンテンツが
キャッシュ内にあるため高速に通信が可能

まとめと今後の課題

- イベント会場でのキャッシュ置換ポリシーの提案
 - LFUをベースにコンテンツの局所性を考慮した2種類のカウンタで頻度を数える
 - 直接接続されている端末からのアクセスを分けて数え、そのカウンタ（ローカルカウンタ）を重視して置換する
- 提案方式のダウンロード完了率はUniformコンテンツへのリクエスト比率が20%以上70%以下のときに全比較方式の中で最高となり、LFUDA比で最大18.3%向上した
- 課題: Uniformコンテンツの人気度をZipfの法則に従うと仮定