

多層CDNキャッシュを対象とした攻撃の影響分析

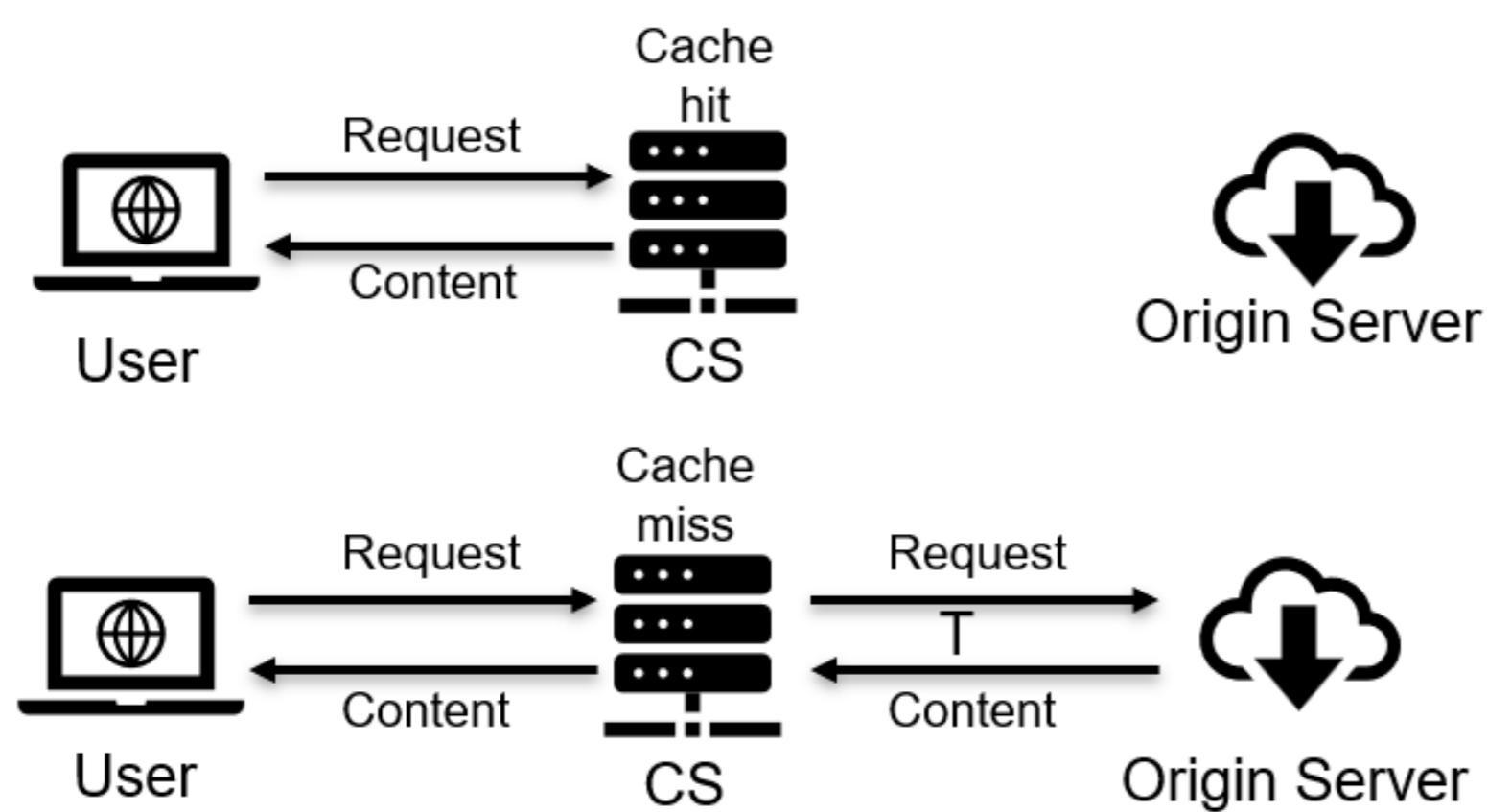
1. 研究背景

- CDNの普及に伴いCDNに対する攻撃が増大
- DDoSやCPAを防ぐ方法は数多くあるが、CDNのキャッシュサーバに対するDDoSとCPAを対象とした既存研究はない

CDNのキャッシュに対する攻撃の効果を分析し、攻撃に対して堅牢なシステムを設計

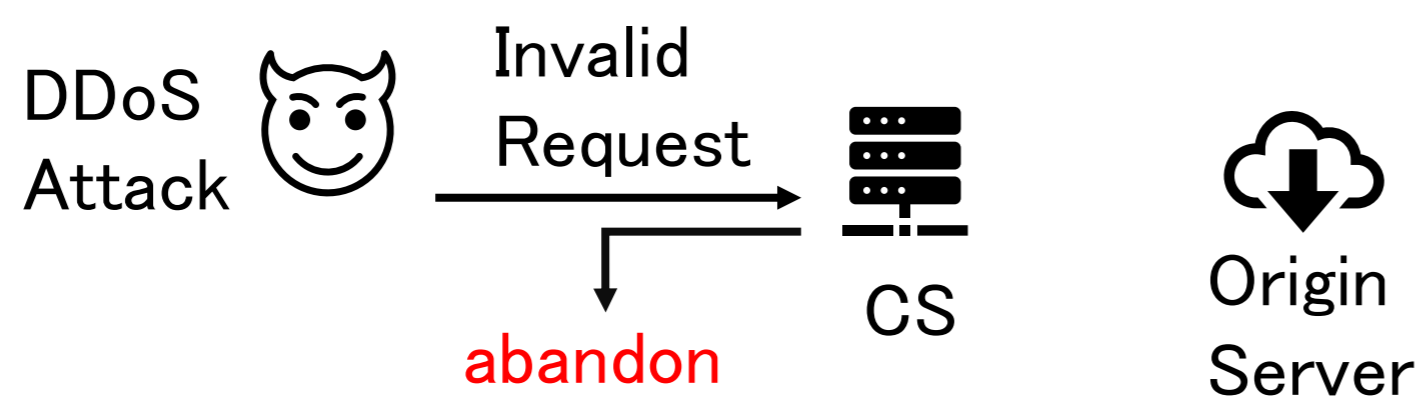
2. CDNとは

- ユーザはキャッシュサーバ(CS)にリクエストを送信
 - キャッシュヒット時、CSはコンテンツをユーザに送信
 - キャッシュミス時は、CSはリクエストをオリジンサーバに送信し、オリジンサーバはコンテンツをCSに送信
→ コンテンツはキャッシュされユーザに送信

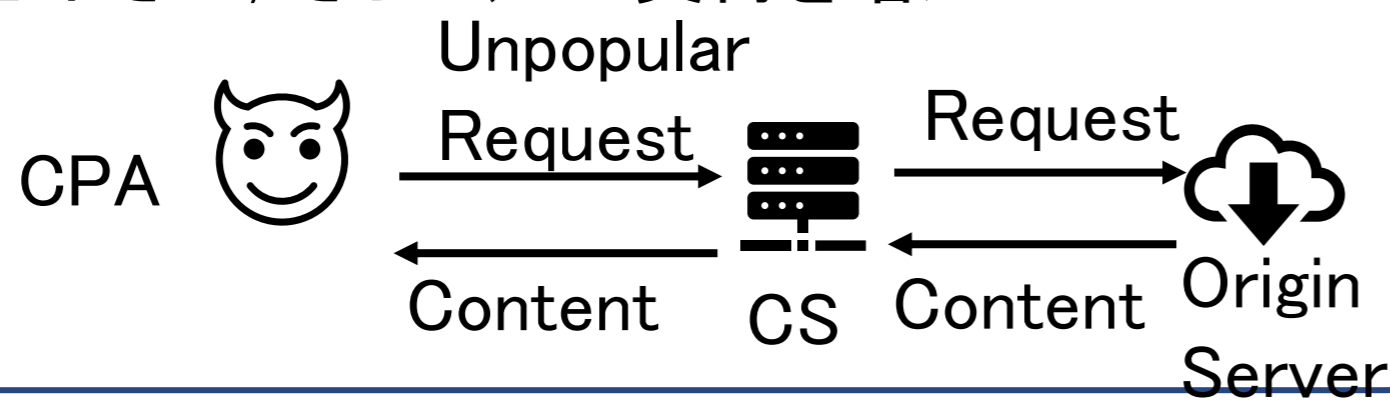


3. DDoS と CPA

- DDoSは無効コンテンツを要求し、CSの処理負荷を増加させるが、無効コンテンツはCSに保存されない



- CPAは低人気コンテンツを要求し、高人気コンテンツのキャッシュヒット率を低下させ、さらに処理負荷を増加



4. 分析モデル

- M/M/1キューを用いて、CDNのパフォーマンスを評価するために平均応答時間Wを導出

$$W = \frac{1}{\mu - \sum_{i=1}^M \lambda_i}$$

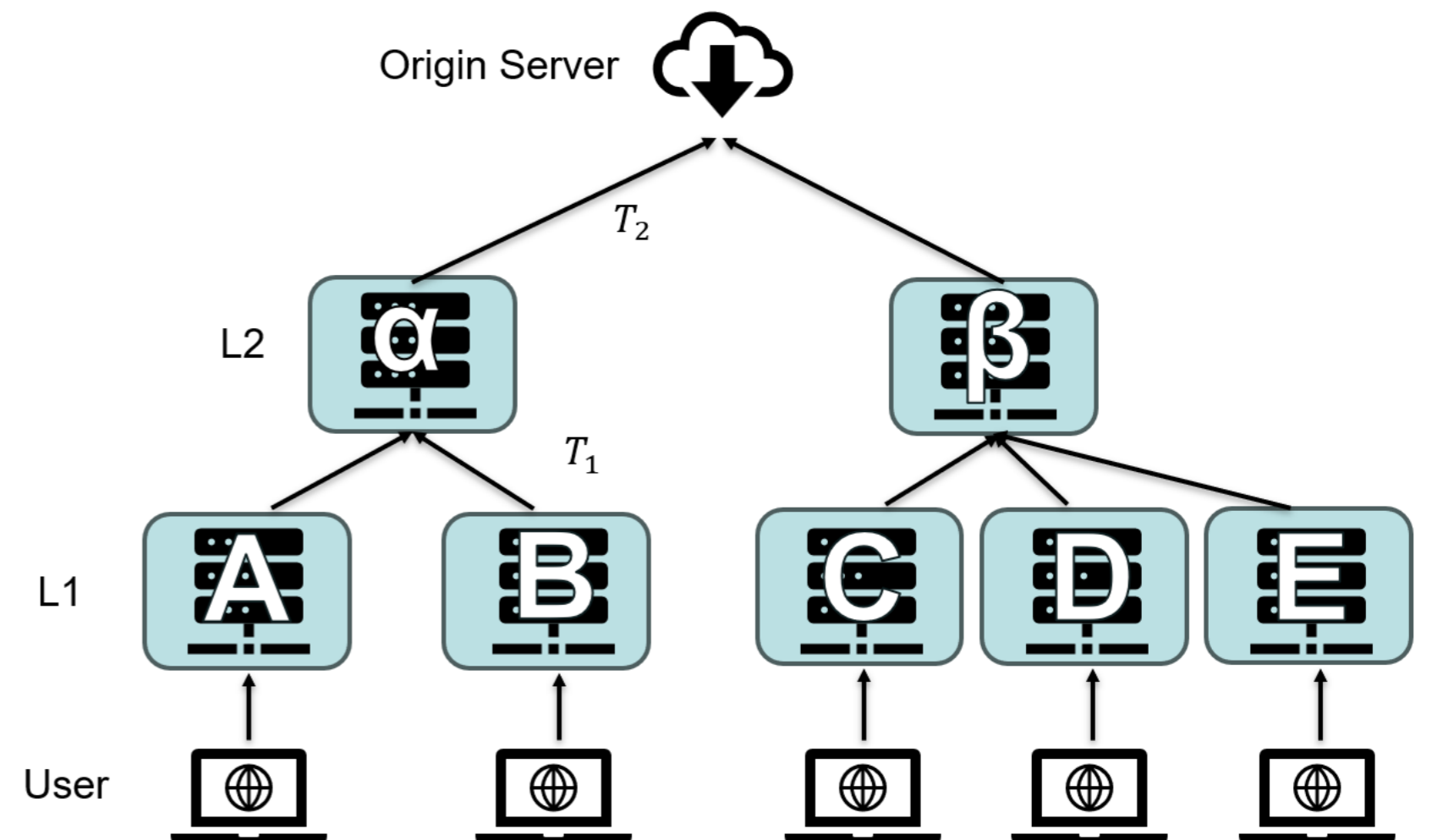
- Che近似式を用いて、コンテンツのキャッシュヒット率を導出

$$h_i \approx 1 - e^{-q_i t_c}$$

$$\sum_{i=1}^M h_i = C$$

5. 多層CDN

- 複数のレイヤに複数の独立したCSで構成
 - オリジンサーバはコンテンツのオリジナルを提供
 - L2 CSはオリジンサーバからコンテンツを受信し、L1 CSに配信
 - L1 CSはL2 CSからコンテンツを受信し、ユーザの要求に対応
 - すべてのCSはLRUを採用



- CS Aの平均応答時間

- $r_A = W_A$ Aがキャッシュヒット
- $r_\alpha = W_A + W_\alpha + T_1$ α がキャッシュヒット
- $r_o = W_A + W_\alpha + W_o + T_1 + T_2$ Aと α もキャッシュミス

- CS Aにおけるコンテンツiの平均応答時間

$$R_A(i) = h_i^A r_A + (1 - h_i^A) h_i^\alpha r_\alpha + (1 - h_i^A)(1 - h_i^\alpha) r_o$$

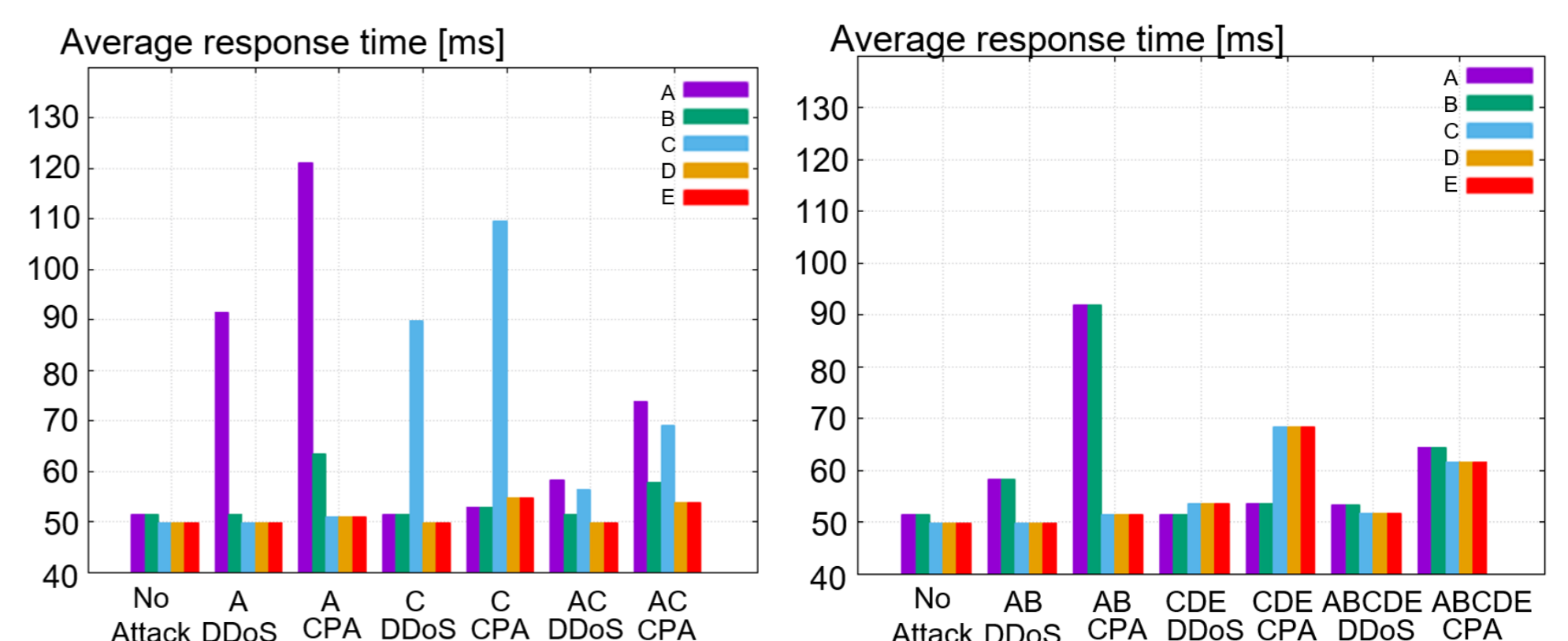
- CS Aにおける全コンテンツの平均応答時間

$$R_A = \frac{\sum_{i=1}^M R_A(i)}{M}$$

6. 評価

- $\lambda_i = 80, 9, 6, 4, 1$ /s
- 攻撃者が限られたリソースで攻撃を行い、攻撃者の要求レートを80件/秒に設定
- 攻撃者が複数のCSに要求を送信する際、CS間で均等にパケットを送信

Parameter	Value
M	5
C	3
$\sum_{i=1}^M \lambda_i$	100 /s
$1/\mu$ of L1 CS	5ms
$1/\mu$ of CS α	5ms
$1/\mu$ of CS β	3.3ms
$1/\mu$ of origin server	3.3ms
T_1	50ms
T_2	30ms



- CPAは攻撃CSの応答時間を大幅に増加
- CPAは他のCSの応答時間も増加
- 複数のCSが攻撃されてもCPAは依然として効果的だが、DDoS攻撃はリソースが分散されるためほとんど効果がない