Optimization Guide

3rd Generation Intel® Xeon® Scalable Processors

# Nginx* HTTPS优化指南 - 基于第三代英特尔® 至强® 可扩展处理器及Crypto-NI技术

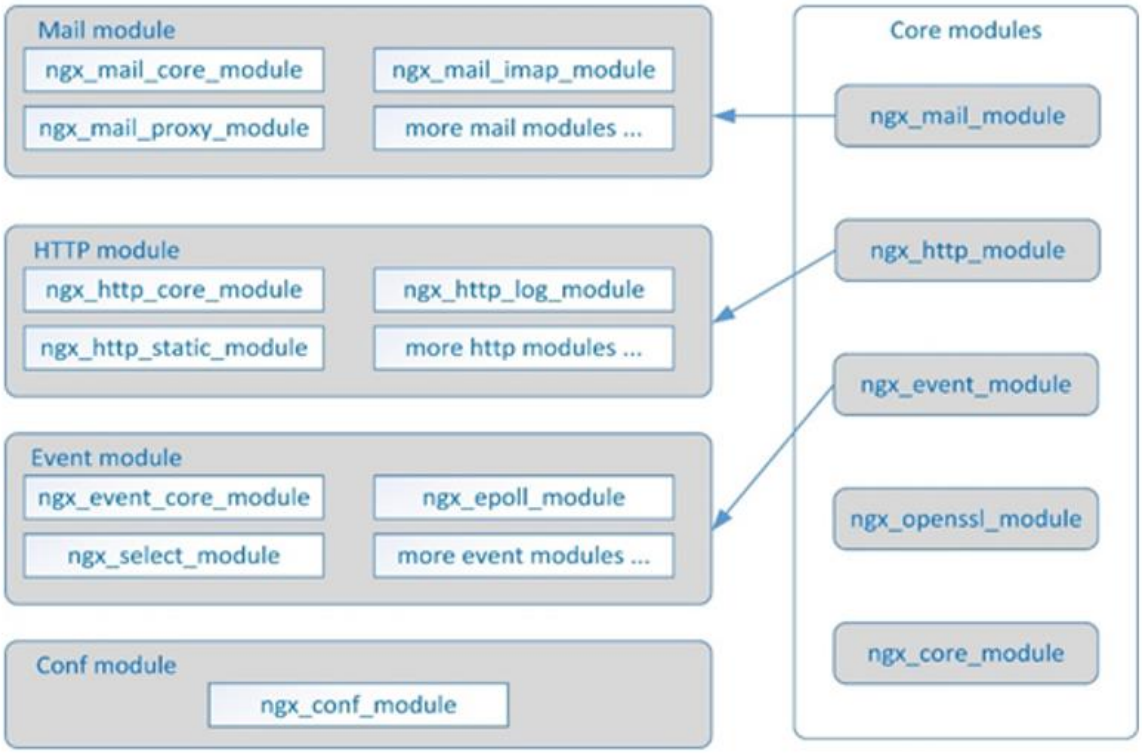
## Contents

# Revision Record

| Date | Rev. | Description |
|---|---|---|
| 05/27/21 | 1.1 | Added feedback section |
| 04/22/2021 | 1.0 | Initial public release. |

# 1. 介绍

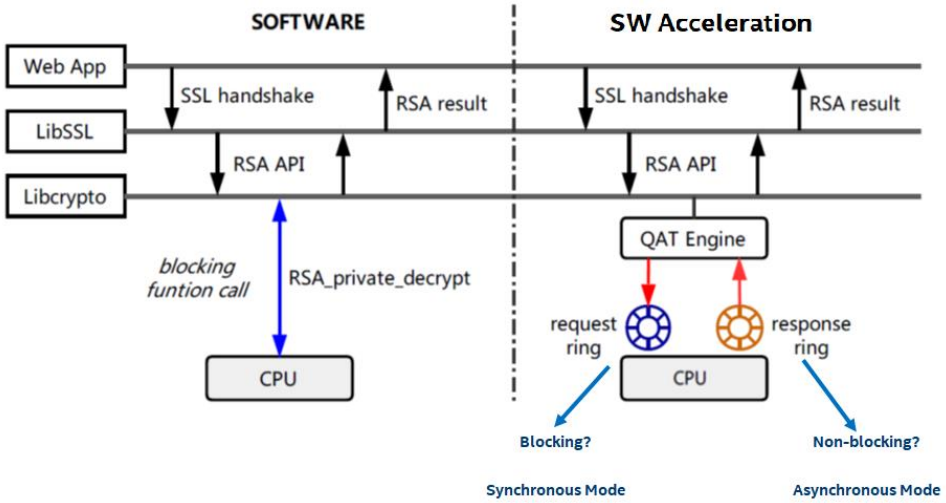
Nginx*是一款由俄罗斯软件工程师Igor Sysoev编写的基于类BSD许可证的高性能HTTP和反向代理web服务器，同时也可提供IMAP/POP3/SMTP服务。自2004年第一版发布以来市场普及率逐年攀升，目前在许多一线互联网公司和IT企业中都得到广泛使用。Nginx架构设计非常灵活，以一个非常微小和简洁的内核搭载核心模块、基础模块、三方模块，并通过文件静态映射和可配置化的指令进行模块协同处理，在HTTP代理、动静分离、负载均衡、虚拟主机、反向代理、缓存提速、授权访问等各个应用场景中都表现出高性能、高并发、低内存的显著优势。




Nginx更多的信息请见：http://nginx.org 。

Nginx采用SSL/TLS来加强web站点的访问安全性。英特尔®推出了基于第三代英特尔® 至强® 可扩展处理器（代号Ice Lake/Whitley）的Crypto-NI软件解决方案，可有效提升web站点的安全访问性能。

Crypto-NI是新一代英特尔® 至强® 可扩展处理器IceLake中关于加解密领域的新指令集（NI是New Instruction），在之前英特尔® 至强® 可扩展处理器已经具备的Intel® Advanced Encryption Standard New Instructions (Intel® AES-NI)指令集基础上，又加入了比如Vectorized AES、Integer Fused Multiply Add等新指令。该解决方案所使用的主要软件为IPP Cryptography Library、Intel Multi-Buffer Crypto for IPsec Library（intel-ipsec-mb）和QAT Engine，这些类库基于新指令集提供了批量提交多个SSL请求和并行异步处理机制从而大幅提升性能。




系统所需软硬件环境如下：

| | | | |
|---|---|---|---|
| 服务器配置 | 硬件 | CPU | Intel® Xeon® PLATINUM 8360Y CPU @ 2.20GHz |
| | | 内存 | 16*32GB DDR4，3200 MT/s |
| | | 硬盘 | Intel® SSD S4610, 960G |
| | | 网卡 | Intel® Ethernet Controller XXV700 25GbE SFP28 |
| | 软件 | 操作系统 | CentOS* 7.8 |
| | | 内核 | 3.10.0-1127.el7.x86_64 |
| | | Nginx | asynch_mode_nginx v0.4.4 |
| | | OpenSSL | v1.1.1j |
| | | IPP Crypto Library | ippcp_2020u3 |
| | | Multi-Buffer Crypto for IPsec Library | v0.55 |
| | | Intel QAT Engine | v0.6.4 |

说明：

- 本文阐述的方案是基于第三代英特尔® 至强®可扩展处理器（Ice lake）的指令集，之前几代处理器无法支持该方案。内存、硬盘、网卡可视客户用量需求确定。
- 方案中所列软件可参考https://github.com/intel/QAT_Engine。链接中阐述了各软件的最小支持版本，本文所列软件版本均为符合上述要求的软件版本，经过验证测试。
- Asynch_mode_nginx是Intel为支持nginx软硬件加速所使用的优化版nginx，下载后可直接编译使用。相关说明可参照以下链接：https://github.com/intel/asynch_mode_nginx。

- QAT_Engine链接：https://github.com/intel/QAT_Engine 。

# 2. BIOS优化配置

BIOS可优化配置项及推荐值如下：

| 配置项 | 推荐值 |
|---|---|
| Hyper-Threading | Enable |
| CPU C6 report | Auto |
| SpeedStep (Pstates) | Enable |
| Turbo Mode | Enable |
| PCIe Link Speed | Gen4 |
| Energy Efficient Turbo | Disable |
| Boot Performance Mode | Max Performance |

# 3. Linux*优化

## 3.1. 系统优化

1. 设置相应的系统启动参数

```
intel_iommu=off
processor.max_cstates=1 idle=poll pcie_aspm=off
```

2. 关闭cpupower服务

```
systemctl stop cpupower.service
```

3. 关闭防火墙

```
systemctl disable firewalld.service
```

4. 用户进程设置

```
ulimit -c unlimited   #生成core dump
ulimit -n 1000000    #设置最大文件打开句柄数
```

## 3.2. 网络优化

1. 准备如下tune_affinity.sh脚本用于设置网卡队列中断的CPU亲和性，可将网卡队列的中断均匀分发到本机的CPU core：

```
set_affinity()
{
    if [ $VEC -ge 32 ]
    then
        MASK_FILL=""
        MASK_ZERO="00000000"
        let "IDX = $VEC / 32"
        for ((i=1; i<=$IDX;i++))
        do
            MASK_FILL="${MASK_FILL},${MASK_ZERO}"
        done

        let "VEC -= 32 * $IDX"
        MASK_TMP=$((1<<$VEC))
        MASK=`printf "%X%s" $MASK_TMP $MASK_FILL`
    else
        MASK_TMP=$((1<<$VEC))
        MASK=`printf "%X" $MASK_TMP`
    fi

    printf "%s mask=%s for /proc/irq/%d/smp_affinity\n" $DEV $MASK $IRQ
    printf "%s" $MASK > /proc/irq/$IRQ/smp_affinity
}

if [ "$1" = "" ] ; then
    echo "Description:"
    echo "    This script attempts to bind each queue of a multi-queue NIC"
    echo "    to the same numbered core, ie tx0|rx0 --> cpu0, tx1|rx1 --> cpu1"
    echo "usage:"
    echo "    $0 eth0 [eth1 eth2 eth3]"
fi

# check for irqbalance running
#
IRQBALANCE_ON=`ps ax | grep -v grep | grep -q irqbalance; echo $?`
if [ "$IRQBALANCE_ON" == "0" ] ; then
    echo " WARNING: irqbalance is running and will"
    echo "          likely override this script\'s affinitization."
    echo "          Please stop the irqbalance service and/or execute"
    echo "          \'killall irqbalance\'"
fi

# Set up the desired devices.
#
for DEV in $*
do
  for DIR in rx tx TxRx
  do
     MAX=`grep $DEV-$DIR /proc/interrupts | wc -l`
     if [ "$MAX" == "0" ] ; then
       MAX=`egrep -i "$DEV:.*$DIR" /proc/interrupts | wc -l`
     fi
     if [ "$MAX" == "0" ] ; then
       echo no $DIR vectors found on $DEV
       continue
     fi
     for VEC in `seq 0 1 $MAX`
     do
```

```
        IRQ=`cat /proc/interrupts | grep -i $DEV-$DIR-$VEC"$"  | cut  -d:  -f1 | sed "s/
//g"`
        if [ -n  "$IRQ" ]; then
          set_affinity
        else
           IRQ=`cat /proc/interrupts | egrep -i $DEV:v$VEC-$DIR"$"  | cut  -d:  -f1 |
sed "s/ //g"`
           if [ -n  "$IRQ" ]; then
             set_affinity
           fi
        fi
     done
  done
done
```

2. 执行该shell脚本：

```
$ sh tune_affinity.sh <网卡名称>
```

# 4. Crypto-NI安装

## 4.1. IPP Cryptography Library和intel-ipsec-mb安装

1. IPP Cryptography Library源代码下载

```
$ git clone --recursive https://github.com/intel/ipp-crypto.git
```

2. IPP Cryptography Library编译安装

```
$ cd ipp-crypto
$ git checkout ipp-crypto_2020_update3
$ cd sources/ippcp/crypto_mb
$ cmake . -Bbuild -DCMAKE_INSTALL_PREFIX=/usr
$ cd build
$ make -j
$ make install
```

3. intel-ipsec-mb源代码下载

```
$ git clone https://github.com/intel/intel-ipsec-mb.git
```

4. intel-ipsec-mb编译安装

```
$ cd intel-ipsec-mb
$ git checkout v0.55
$ make -j SAFE_DATA=y SAFE_PARAM=y SAFE_LOOKUP=y
$ make install NOLDCONFIG=y
```

## 4.2. OpenSSL* 和QAT_Engine安装

1. OpenSSL*源代码下载

```
$ cd /usr/local/src
$ wget https://www.openssl.org/source/openssl-1.1.1j.tar.gz
```

2. OpenSSL编译安装

```
$ tar xvzf openssl-1_1_1j.tar.gz
$ cd ./openssl-1_1_1j
$./config --prefix=/usr/local/ssl -Wl,-rpath, /usr/local/ssl/lib
$ ./make
$ ./make install
```

3. QAT Engine源代码下载

```
$ export OPENSSL_ENGINES=/usr/local/ssl/lib/engines-1.1
$ cd /usr/local/src
$ git clone https://github.com/intel/QAT_Engine.git
```

4. QAT Engine编译安装

```
$cd /QAT_Engine
$./autogen.sh
$./configure \
            --with-openssl_install_dir=/usr/local/ssl \
            --enable-ipsec_offload \
            --enable-multibuff_offload \
            --with-multibuff_install_dir=/root/ipp-crypto/sources/ippcp/crypto_mb
$ make
$ make install
```

以上编译安装指令在新版本中可能有变化，具体请参照以下网址执行最新的编译安装指令：
https://github.com/intel/QAT_Engine.git

```
$ ls /usr/local/ssl//lib/engines-1.1/*
```

列出如下文件：capi.so  padlock.so  qatengine.la  qatengine.so
运行如下命令检测qat engine是否装载正常。

```
$./openssl engine -t -c -vvvv qatengine
```

5. 可通过openssl speed命令查看使用qat engine前或后的sign和verify信息。

```
$/usr/local/ssl/bin/openssl speed rsa2048
$/usr/local/ssl/bin openssl speed -engine qatengine -async_jobs 8 rsa2048
```

# 5. Nginx安装及优化设置

## 5.1. Nginx安装

1. 完成Crypto-NI相关软/硬件的安装和设置。

2. Nginx源代码下载

```
$ git clone https://github.com/intel/asynch_mode_nginx.git
```

3. Nginx编译安装

```
$ cd asynch_mode_nginx
$ export NGINX_INSTALL_DIR=<Nginx安装目录>
$ export OPENSSL_LIB=<SSL安装目录>
$./configure \
        --prefix=$NGINX_INSTALL_DIR \
        --with-http_ssl_module \
        --add-dynamic-module=modules/nginx_qat_module \
        --with-cc-opt="-DNGX_SECURE_MEM -I$OPENSSL_LIB/include -Wno-error=deprecated-
declarations" \
        --with-ld-opt="-Wl,-rpath=$OPENSSL_LIB/lib -L$OPENSSL_LIB/lib"
$ make
$ make install
```

4. 启动Nginx服务

   在完成Nginx相关设置后，在Nginx安装目录下执行 $ ./sbin/nginx 命令即可启动Nginx服务。

## 5.2. Nginx优化设置

1. 生成RSA自签名证书和密钥文件。

```
$ openssl req -x509 -sha256 -nodes -days 365 -newkey rsa:2048 -keyout server.key -out
server.crt -subj "/C=CN/ST=Beijing/L=Beijing/O=Example Inc./OU=Web
Security/CN=example1.com"
```

   在Nginx安装目录下新建cert目录，将server.crt和server.key拷贝到该目录下。

2. 关键nginx配置。在nginx.conf文件中进行如下参数设置：

   - 设置工作进程数量和事件模式

```
worker_processes <工作进程数量>;  #建议与服务器CPU core数量相同
events {
      use epoll;  #epoll是select/poll的增强版本，改进对大批量文件描述符的处理
      …
}
```

   - 加载和设置SSL Engine模块

```
load_module modules/ngx_ssl_engine_qat_module.so;
ssl_engine {
       use_engine qatengine;
              default_algorithms ALL;
              qat_engine {
                     qat_offload_mode async;
                     qat_notify_mode poll;
                     qat_poll_mode heuristic;
                     qat_shutting_down_release off;
              }
}
```

- 设置Https Server

```
server {
              listen 443 ssl reuseport so_keepalive=on…; #如要验证SSL握手性能则设为off
              sendfile                        on;
              server_name               example1.com;  #与证书CN一致
              ssl_asynch                on;
              ssl_session_tickets on;             #如要验证SSL握手性能则设为off
              ssl_certificate           <Nginx安装目录>/cert/server.crt;
              ssl_certificate_key <Nginx安装目录>/cert/server.key;
              ssl_ciphers         AES256-SHA:AES128-SHA;
    #以上可根据客户需要设置其他Cipher Suite以验证不同认证、加解密协议的性能
              ssl_prefer_server_ciphers  on;
              …
}
```

3. nginx.conf 完整的配置样例，该配置适合RSA2K握手性能测试：

```
user root;
worker_processes 8;
load_module modules/ngx_ssl_engine_qat_module.so;
events {
    use epoll;
    worker_connections 8192;
    multi_accept on;
    accept_mutex on;
}

ssl_engine {
    use_engine qatengine;
    default_algorithms ALL;
    qat_engine {
        qat_offload_mode async;
        qat_notify_mode poll;
        qat_poll_mode heuristic;
        qat_shutting_down_release off;
    }
}
http {
    server {
        listen example1:443 ssl reuseport backlog=131072 so_keepalive=off rcvbuf=65536
sndbuf=65536;
        keepalive_timeout 0s;
        ssl_verify_client off;
        ssl_session_tickets off;
```

```
        access_log  off;
        ssl_asynch        on;
        ssl_session_timeout  300s;
        ssl_protocols  TLSv1.2;
        ssl_ciphers  AES128-SHA;
        ssl_prefer_server_ciphers   on;
        ssl_certificate      server2048.crt;
        ssl_certificate_key  server2048.key;
        location / {
            root   html;
            index  index.html index.htm;
        }
    }
}
```

# 6. 相关工具介绍

## 6.1. Web服务器压测工具

本文介绍两款web服务器压测工具：wrk 和 ab。

- wrk 是一款针对Http/Https协议的基准测试工具。它能够在单机多核CPU的条件下，使用系统自身的高性能I/O机制，如epoll，kqueue等，通过多线程和事件I/O模式，对目标机器产生大量的负载。

使用示例：*(where users would replace the URL with their own Nginx URL)*

```
$ wrk -t 10 -c 1000 -d 30S https://example1.com:443/index.html
```

说明：命令使用10个线程1000个并发连接取文件，对服务器进行30秒的压测。更多的信息请见：https://github.com/wg/wrk 。

- ab 工具是apache*自带的压力测试工具。它不仅可以对apache服务器进行网站访问压力测试，也可以对或其它类型的服务器进行压力测试。比如nginx、tomcat*、IIS*等。用户如果安装了Apache，那么ab工具已经随着Apache一并安装了，如果没有安装Apache，用户可以通过如下命令简单安装（CentOS系统）：

```
$ yum -y install httpd-tools
```

使用示例：*(where users would replace the URL with their own Nginx URL)*

```
$ ab -n 100000 -c 100 -Z AES128-SHA -f TLS1.2 https://example1.com:443/index.html
```

说明：命令使用100个并发发送100000个请求get index文件，对服务器进行压测。更多的信息请见：https://httpd.apache.org/docs/2.4/programs/ab.html 。

## 7. 意见反馈

我们非常重视您的反馈。如果您对本指南有意见和建议（肯定的建议或不足的改进指正），或正在查找本指南没有包含的内容，请通过后面链接与我们联系：

https://community.intel.com/t5/Software-Tuning-Performance/bd-p/software-tuning-perf-optimization

**Notices & Disclaimers**

Intel technologies may require enabled hardware, software or service activation.

No product or component can be absolutely secure.

Your costs and results may vary.

Code names are used by Intel to identify products, technologies, or services that are in development and not publicly available. These are not "commercial" names and not intended to function as trademarks

The products described may contain design defects or errors known as errata which may cause the product to deviate from published specifications.  Current characterized errata are available on request.

**© Intel Corporation. Intel, the Intel logo, and other Intel marks are trademarks of Intel Corporation or its subsidiaries.  Other names and brands may be claimed as the property of others.**